

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



TESIS

"ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES UCSM PARA EL SERVICIO DE PRUEBAS DE CALIDAD EXTERNA"

Tesis presentada por el Bachiller:

ROCA RADO ARNALDO PERCY

Para optar el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Asesor: Ing. Jorge Castro Valdivia

AREQUIPA - PERU

2017

El presente proyecto de investigación quiero dedicarlo a Dios que hace posible e ilumina mi camino.

A mi madre Gladys Rado que empujo cada día desde que inicie el camino para ser ingeniero fue el motor del día a día en esta tan bella carrera.

A mi padre Percy Roca que con su apoyo incondicional y su forma de pensar, me inculco el mirar siempre hacia adelante.

A mis hermanos Katherine, Alexander y Arna que son motivo por el cual debo seguir dando pasos profesionales e impartir ejemplo.

A los ingenieros que me prepararon para afrontar los retos y siempre dejar en alto el nombre de la escuela profesional.

Arnaldo Roca

RESUMEN

Los equipos del laboratorio de materiales de Ingeniería Mecánica de la Universidad Católica de Santa María tienen el potencial de certificar calidad industrial a la comunidad sur del Perú.

No es de extrañar que en Arequipa se ha dado un gran impulso industrial por la presencia de minería, empresas transnacionales y empresas nacionales que buscan dar up-grades a sus equipos, componentes. Para de esta manera mejorar su confiabilidad, tiempo de vida útil e investigación de nuevos materiales.

Esta investigación tiene como fin demostrar que los equipos del laboratorio de materiales pueden realizar pruebas de calidad industrial.

Se define el mensurando de cada ensayo realizado para iniciar el análisis de las incertidumbres de los equipos del laboratorio UCSM.

Luego de definida las incertidumbres de los equipos se brinda información de las entidades responsables para que los equipos de la UCSM puedan iniciar el proceso de acreditación y a su vez expedir calidad industrial a la región Sur.

También se realizaron pruebas en laboratorios externos:

- Pontificia Universidad Católica del Perú.

Donde poseen la certificación de Inacal para poder emitir calidad industrial, un agregado en la tesis realiza una comparación entre equipos (Capítulo V), para comparar variaciones entre mediciones utilizando el mismo material Acero A-36 de un mismo lote.

Palabras Clave, Incertidumbre: Mensurando, Calidad.

ABSTRACT

The equipment of the mechanical engineering materials laboratory of the Catholic University of Santa Maria have the potential to certify industrial quality to the southern community of Peru.

It is not surprising that in Arequipa there has been a great industrial impetus for the presence of mining, transnational companies and national companies that seek to upgrade their equipment, components. In order to improve its reliability, shelf life and research of new materials.

This research is intended to demonstrate that materials laboratory equipment can perform industrial quality testing.

The measurement of each test performed to initiate the analysis of the uncertainties of the UCSM laboratory equipment is defined.

After defining the uncertainties of the teams, information is provided from the responsible entities so that UCSM teams can start the accreditation process and in turn issue industrial quality to the South region.

Tests were also performed in external laboratories:

- Pontifical Catholic University of Peru.

Where they have the Inacal certification to emit industrial quality, an addendum in the thesis makes a comparison between equipment (Chapter V), to compare variations between measurements using the same material A-36 Steel from the same batch.

Keywords: Uncertainty: Measuring, Quality.

INTRODUCCIÓN

Cuando se da a conocer el resultado de la medición de una cierta cantidad física, es indispensable dar una indicación cuantitativa de la calidad del resultado, para que pueda tenerse una idea de su confiabilidad. Sin esto, es imposible hacer comparaciones de dichos resultados ya sea entre ellos mismos, o con valores de referencia.

Por ello debe existir un procedimiento comprensible y aceptado generalmente que lleve a una evaluación y expresión apropiada de la incertidumbre.

Así como se ha establecido y difundido el uso del Sistema internacional de unidades (SI), se requiere instaurar un método “universal” para la evaluación y expresión de la incertidumbre en las mediciones.

El método ideal para la evaluación de las incertidumbres debe tener las siguientes propiedades:

- Se podrá aplicar a todo tipo de mediciones y todo tipo de datos usados en mediciones.
- Debe ser derivable directamente de las componentes que la constituyen y ser independiente de cómo se agrupan.
- La incertidumbre evaluada para un resultado debe poderse usar directamente en la evaluación de incertidumbre de otra medición que se utilice dicho resultado.

Para un procedimiento de evaluación de incertidumbres es conveniente conocer las siguientes.

- Incertidumbre de una medición
- Incertidumbre estándar

- Evaluación tipo A, es el método de evaluación de la incertidumbre por medio de un análisis estadístico de una serie de observaciones
- Evaluación tipo B, es el método de evaluación de incertidumbre por medios distintos al análisis estadístico de una serie de observaciones.
- Incertidumbre estándar combinada es la incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando se obtiene de los valores de otras cantidades.
- Incertidumbre expandida que es una cantidad que define un intervalo alrededor del resultado de una medición y que se espera abarque una fracción grande de la distribución de valores que se podrían atribuir razonablemente al mensurando.
- El error (de medición) el resultado de una medición menos el valor real del mensurando. No debe confundirse error con incertidumbre.

La incertidumbre es el parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían atribuirse al mesurando.

- Mesurando (magnitud particular, objeto de medición)

Para el desarrollo del tema se utilizó normas peruanas, libros, información de entidades certificadoras y acreditadoras para estimar la incertidumbre por mencionar algunos:

- Inacal usando las citas que dan mención a la incertidumbre y a los mecanismos sean necesarios para recurrir a una acreditación de una correcta práctica de ensayos.

- Normas ISO, ASTM las cuales sean de carácter certificador para ensayos en laboratorios cumpliendo estándares internacionales.
- Uso de bibliografía de metrología.

Los equipos a evaluar la incertidumbre del laboratorio de materiales son:

- EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCIÓN
- EQUIPO DE ENSAYO CHARPY
- EQUIPO DE ENSAYO DE DUREZA



CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INTRODUCCIÓN	III
CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES	2
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	4
1.3. HIPOSTESIS	5
1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	6
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO	11
2.1. DEFINICIÓN DE INCERTIDUMBRE	11
2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE	11
2.2.1. CALCULO TIPO "A" DE LA INCERTIDUMBRE	11
2.2.2. CALCULO TIPO "B" DE LA INCERTIDUMBRE	12
2.2.3. CALCULO DE INCERTIDUMBRE COMBINADA	13
2.2.4. CALCULO DE INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	14
2.2.5. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})	16
2.2.6. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN (U_C)	16
2.2.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)	17
2.2.8. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA TEMPERATURA (U_T)	17
2.2.9. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA U_i	18
2.2.10. INCERTIDUMBRE DEBIDA AL CRITERIO DE MEDIDA Y EL OPERADOR U_o	19
2.2.11. INCERTIDUMBRE DEBIDA A LA RESOLUCIÓN U_R	19
2.2.12. INCERTIDUMBRE DEBIDA AL REDONDEO (U_{red})	20
2.3. DESCRIPCION DE EQUIPOS	20
2.3.1. EQUIPO UCSM DE TRACCION O UNIVERSAL (WDW-300E)	20
2.3.2. EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY (JB-W300a)	22
2.3.3. EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL (HRS-150 DIGITAL ROCKWELL HARDNESS TESTER) 23	

2.3.4.	EQUIPO DE TRACCION O UNIVERVERSAL (TRACCION UNIVERSAL ZWICK / ROELL Z250) - EQUIPO DE ENSAYO PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú).....	25
2.3.5.	EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO (ZWICK/ROELL RKP 450 HAMMER FOR IMPACT TEST)	26
2.4.	DESCRIPCION DE ENSAYOS	27
2.4.1.	PROCEDIMIENTO PARA EQUIPO DE TRACCION	27
2.4.2.	ENSAYO DE IMPACTO O CHOQUE O CHARPY	33
2.4.3.	ENSAYO DE DUREZA.....	37
CAPITULO III: DESARROLLO DE ENSAYOS TECNICOS UCSM.....		43
3.1.	RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION UCSM	43
3.2.	RESULTADOS DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY UCSM	47
3.3.	RESULTADOS DE ENSAYO DE DUREZA UCSM.....	51
CAPITULO IV: CÁLCULO, IDENTIFICACION Y ORGANIZACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE		56
4.1.	PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO DE TRACCION.....	56
4.1.1.	INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA FLUENCIA	69
4.1.2.	INCERTIDUMBRE ASOCIADA AL ESFUERZO DE TRACCION.....	75
4.2.	PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO CHARPY	81
4.2.1.	CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TIPO "A"	86
4.2.2.	INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (Urep).....	87
4.2.3.	INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN	87
4.2.4.	INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (UR).....	88
4.2.5.	INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (UD)	88
4.2.6.	INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA U_i	89
4.2.7.	INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE IMPACTO UCSM (U_p).....	90
4.3.	PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO DE DUREZA	92
4.3.1.	CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TIPO "A"	93
4.3.2.	INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (Urep).....	94
4.3.3.	INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN	94
4.3.4.	INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (UR).....	95
4.3.5.	INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (UD)	95

4.3.6. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA U_i	96
4.3.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE IMPACTO UCSM (U_p).....	96
CAPITULO V: DISCUSION Y ANALISIS	99
CONCLUSIONES	102
ANEXOS	116
BIBLIOGRAFIA.....	116



CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

Desde la famosa cita de Lord Kelvin “medir es conocer” y “si no se puede medir no se puede mejorar”

Dio paso a una revolución en la calidad de los productos el desarrollo de la medición nos lleva al desarrollo de todo lo existente dado que para el desarrollo de cualquier cosa debemos manejar una magnitud de medida.

En 1875 por el comité internacional de pesas y medidas (CGPM) conformado por 48 países firmo la convención del metro dando paso a la estandarización de normas para la medición.

Para citar casos nacionales tenemos la entidad INACAL que promueve la estandarización de los laboratorios para que puedan certificar calidad industrial.

Dentro del sector de estandarización se encuentran todas las ramas profesionales.

La siguiente relación es de los laboratorios acreditados para certificar calidad por INACAL bajo los estándares presentados en el borrador de tesis:

TABLA N°1: ENTIDADES CERTIFICADAS POR INDECOPI

NOMBRE	LUGAR	CEDULA DE NOTIFICACIÓN
Alex Stewart (ASSAYERS) del Perú S.R.L.	LIMA	110.2012/SNA-INDECOPI

ALS Perú S.A.	LIMA	224.2012/SNA- INDECOPI
ARPL TECNOLOGIA INDUSTRIAL S.A.	LIMA	061.2012/SNA- INDECOPI
BUENAVENTURA INGENIEROS S.A.	LIMA	013.2010/SNA- INDECOPI
CESEL S.A.	LIMA	255.2012/SNA- INDECOPI
CENTRO DE CERTIFICACION , INSPECCION Y ENSAYOS DE PRODUCTOS PETROLEROS, GAS NATURAL Y DERIVADOS – CERTIPETRO	LIMA	319.2010/SNA- INDECOPI
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A. - CERPER	LIMA	187.2011/SNA- INDECOPI
CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C – CERTIFICAL	LIMA	280.2011/SNA- INDECOPI
CERTIFICADORA Y LABORATORIOS ALAS PERUANAS S.A.C. CERTILAB	LIMA	084.2010/SNA- INDECOPI
INTERNATIONAL ANALYTICAL SERVICES S.AC. – INASSA	LIMA	187.2012/SNA- INDECOPI
LABORATORIOS ANALITICOS DEL SUR E.I.R.L	AREQUIPA	128.2010/SNA- INDECOPI
UNIVERSIDAD CATOLICA DE	AREQUIPA	254.2012/SNA-

SANTA MARIA LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD		INDECOPI
---	--	----------

Fuente: web de INACAL

ANTECEDENTES DE GRADO PROFESIONAL:

- Incertidumbre de los resultados medidos en el ensayo de tracción, obtenidos en las maquinas del laboratorio de materiales de ingeniería mecánica – PUCP.
- Metodología para la estimación de la incertidumbre asociada a los medidores de flujo de gas natural de tipos: ultrasónico y de presión diferencial. UNI

1.2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Dada la creciente demanda de la industria por elaborar proyectos, mejorar infraestructuras e innovacion. El uso de la incertidumbre aplicado a ensayos que para el caso presentado seran ensayos de materiales. En Arequipa no se cuentan con centros de certificacion en ensayos de materiales. Para lo cual se ve una necesidad creciente en la industria y una realidad donde estos ensayos son realizados en la capital del pais al contar con centros certificados para los ensayos.

La Universidad Católica De Santa María entidad de estudio superior cuenta con un laboratorio de Materiales el cual tiene implementado equipos con los cuales los estudiantes de ingeniería realizan ensayos pero el problema es, ¿Se realiza de forma correcta los ensayos?.

Es algo complejo describir el problema dado que la persona humana puede realizar de forma correcta el ensayo pero quizás el equipo no este correctamente calibrado.

Este punto es importante puesto que al no tener la certeza de que el equipo es confiable todas las mediciones y/o ensayos que hagamos no tienen confiabilidad. Durante el desarrollo del siguiente tema se ahondara en la búsqueda de métodos para determinar la incertidumbre del equipo y ver si este cumple con las tolerancias dadas por las entidades certificadoras del estado, dando de esta manera una mejora para la Universidad Católica De Santa María. Permitiendole tener la facultad de realizar ensayos de calidad e realizar pruebas a entidades externas permitiendole no solo ser una casa de estudios sino un centro de investigación para desarrollo de materiales.

1.3. HIPOSTESIS

Mediante el análisis de los Equipos del Laboratorio de Materiales se busca verificar que los mismos cuenten con la capacidad de certificar calidad industrial. Ya que los estándares actuales ameritan que los equipos sean confiables para la toma de medidas sea o no sea un centro de producción de bienes.

De manera que los estudiantes y/o terceros busquen generar Up-grades a componentes de equipos, investigación y desarrollo de materiales, visión que se ve opacada por carecer de un centro certificado en la región sur.

1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Mediante la Resolución N° 6076 de la Universidad Católica de Santa María (Anexo N°1) se crea el Centro De Producción De Bienes Y Servicios Del Laboratorio De Ensayo De Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica Y Mecatrónica.

La investigación tiene como fin. Ser fuente de investigación para dar inicio al proceso de acreditación del laboratorio de materiales para que este pueda brindar el servicio de calidad industrial, tema que contribuirá a la investigación y desarrollo en la región Sur.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la incertidumbre de los equipos de Tracción Universal WDW-300E, Ensayo Charpy JB-W300a y Durómetro HRS-150 DIGITAL.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Verificar si los ensayos mencionados cumplen con estándares de certificación.

- Verificar si los ensayos cumplen con las tolerancias admisibles al aplicar un material normado.
- Evaluar opciones de mejora y/o calibración en los equipos que no cumplan con los estándares incertidumbre necesarios.



Acreditación De Laboratorios De Ensayos

Para el proceso de acreditación en Perú el Inacal tiene la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 la cual se utilizará para el proceso posterior a la tesis desarrollada.

La Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

Los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplen esta norma internacional funcionaran de acuerdo a la norma ISO 9001

La conformidad del sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio, con los requisitos de la norma ISO 9001, no constituye por sí sola una prueba de la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente validos

PROCESO DE ACREDITACION DE LABORATORIO

Para la acreditación de laboratorios la entidad INACAL (Instituto Nacional de Calidad) es un organismo público técnico especializado, adscrito al ministerio de la Producción.

El INACAL tiene como misión ser el referente nacional de calidad, normalización técnica, acreditación y metrología.

El INACAL es responsable del sistema nacional de la calidad desde Julio de 2014 mediante la ley N°-30224. La cual crea el sistema nacional de calidad y el

instituto nacional de calidad, anteriormente el INDECOPI era el ente encargado de la acreditación.

¿Cómo obtener la acreditación?

Para conocer el procedimiento de acreditación general de INACAL citaremos un documento adjunto en la presente tesis.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION – Código: SNA-acr-01P

Documento en el cual se nos describe los tipos de acreditación a los cuales podemos acceder, cabe resaltar que la acreditación para el caso de la UCSM será acreditación de Ensayos.

Es decir, se acreditará individualmente cada ensayo realizado en el laboratorio de materiales. Para luego poder tramitar la certificación de laboratorio.

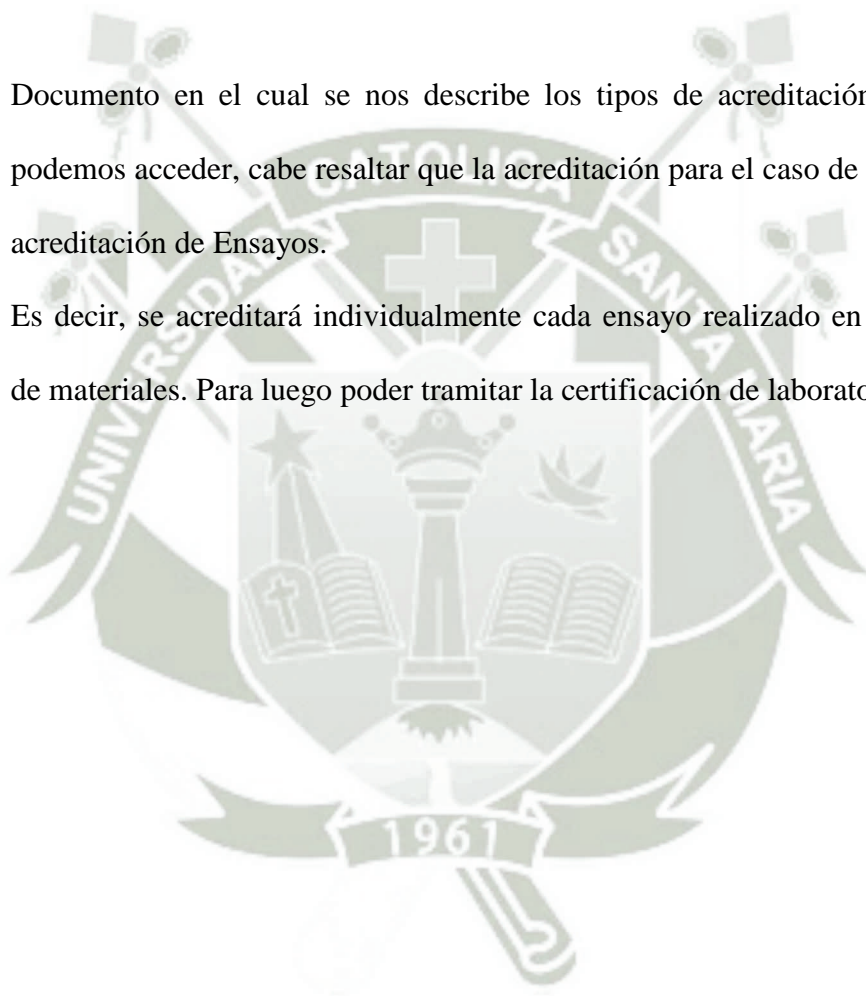


Grafico N°1: DIAGRAMA PROCESO DE ACREDITACIÓN.



Fuente: Web de INACAL (Instituto Nacional de calidad - Perú)

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. DEFINICIÓN DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre determina el intervalo de una magnitud medida. Se caracteriza por la variación de magnitudes que podrían atribuir valor a un mensurando.

Dichos valores pueden ser muy cercanos al valor verdadero de la magnitud medida pero jamás se podrá decir que son iguales.

En la mayor parte de casos el mensurando no se mide directamente, sino que se determina por una cantidad de mediciones y la identificación de incertidumbres:

Resultado de calibración de instrumento.

- La repetibilidad de lecturas.
- La definición del mensurando.
- Características de instrumento: resolución, deriva.

2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

2.2.1. CALCULO TIPO “A” DE LA INCERTIDUMBRE

El cálculo de la incertidumbre tipo A se utiliza cuando se tienen N observaciones independientes de una magnitud con las mismas condiciones de medida.

Cuando se realizan una serie de mediciones iguales en condiciones básicamente idénticas, el mejor estimador del valor real es la media (\bar{X}) de los resultados individuales obtenidos (X_1, X_2, \dots, X_n), estos resultados presentan una dispersión

alrededor de un valor medio. Un estimador apropiado para esta dispersión es la desviación estándar experimental (s):

Formula N°1: DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Cuando el resultado de la medida es una media, el estimador para la dispersión de los resultados sería la desviación típica experimental de la media, esto es:

Formula N°2: INCERTIDUMBRE TIPO A.

$$s' = \frac{s}{n}$$

Se caracteriza por la varianza estimada a partir de la varianza muestral.

2.2.2. CALCULO TIPO “B” DE LA INCERTIDUMBRE

Se utiliza la incertidumbre tipo B cuando se tiene información disponible del equipo, valores de calibración, resolución de equipo, etc.

- Se requiere mediciones anteriores.
- Especificaciones de fabricante.
- Datos de calibraciones.
- Valores de incertidumbre de Manual de equipo.

La distribución rectangular que corresponde a la incertidumbre estándar asociada al estimador es:

Formula N°3: INCERTIDUMBRE TIPO B.

$$u(x) = \frac{(a_+ - a_-)}{\sqrt{12}}$$

Dónde:

a: Es el valor medido, tomado como \pm

2.2.3. CALCULO DE INCERTIDUMBRE COMBINADA

Para determinar la incertidumbre final de la magnitud u objeto de medición, es necesario establecer de qué forma influye cada variable de entrada en el resultado final. Para esto se usa la ley de propagación de varianzas (esta ley combina apropiadamente las incertidumbres aportadas por las magnitudes que influyen sobre el resultado de medición).

Se relacionarán de la siguiente manera.

Formula N°4: INCERTIDUMBRE COMBINADA FORMULA GENERAL.

$$U^2(Y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Y}{\partial X_i} \right) U^2(X_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial y}{\partial X_i} \frac{\partial y}{\partial X_j} U(X_i) U(X_j) r(X_i, X_j)$$

Dónde:

$U(Y)$. Incertidumbre combinada estimada para la magnitud de salida

$U(X_i)$. Incertidumbre típica estimada para cada magnitud de entrada

$\left(\frac{\partial Y}{\partial X_i}\right)$. Derivadas parciales que representan el coeficiente de sensibilidad

de la magnitud de salida con respecto a cada magnitud de entrada.

$U(X_i)U(X_j)r(X_i, X_j)$. Covarianza asociada a las magnitudes de entrada.

r . Es el coeficiente de correlación entre cada par de magnitudes de entrada. En realidad, las magnitudes de entrada casi nunca están correlacionadas, y el coeficiente (r) es de valor cero.

Entonces la fórmula para obtener la incertidumbre combinada sería:

Formula N°5: INCERTIDUMBRE COMBINADA FORMULA.

$$U^2(Y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Y}{\partial X_i}\right)^2 U^2(X_i)$$

2.2.4. CALCULO DE INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Esta incertidumbre es el producto de la incertidumbre combinada y el factor de cobertura. Obteniéndose un intervalo donde se encuentran los valores que se pueden adoptar la magnitud medida, con una probabilidad o nivel de confianza determinado por el factor de cobertura.

En función de los grados efectivos de libertad se determina el factor de cobertura, estos grados se calculan de la siguiente manera:

Formula N°6: CALCULO GRADOS EFECTIVOS.

$$V_{ef} = \frac{U^4(Y)}{\sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_i}\right)^2 U^4(X_i)}{V_i}}$$

V_i . Son los grados de libertad de cada variable que contribuye con la incertidumbre.

Para las contribuciones a la incertidumbre tipo A, el grado de libertad será $V_i = N - 1$, donde N es el número de veces que se repite la medición del ensayo.

Para las contribuciones a la incertidumbre tipo B, el valor de los grados de libertad es 8. Una vez determinado los grados de libertad efectivos, el valor de cobertura (K) se obtiene de la tabla N° 2.

TABLA N°2: FACTORES DE SEGURIDAD K PARA DIFERENTES GRADOS DE LIBERTAD VEF

Vef	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	α
K	13.97	4.53	3.31	2.87	2.65	2.52	2.43	2.37	2.28	2.13	2.05	2

Fuente: Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones (1998)

Los casos más habituales de distribución normal usan para un nivel de confianza 95% un factor de cobertura $k=2$

Al final el valor de incertidumbre expandida será:

Formula N°7: INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.

$$U = KU_y$$

Incertidumbre asociada a las magnitudes que influyen en el valor de la medida

Las posibles fuentes de incertidumbre son muchas y entre ellas se encuentran algunas bastantes frecuentes que son necesarias examinar:

2.2.5. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})

Pertenece al tipo incertidumbre es de tipo A y se usa como estimador la desviación típica experimental de la media:

Formula N°8: INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD.

$$s' = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Mantener un control estadístico que caracterice correctamente la medición es lo que se logra con esta incertidumbre.

2.2.6. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN (U_c)

Es la contribución a la incertidumbre de resultado de medida asociada al certificado de calibración, esta incertidumbre se obtiene dividiendo la incertidumbre expandida de calibración entre el nivel de confianza determinado por el factor de cobertura:

Formula N°9: INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN.

$$U_c = \frac{U_{cal}}{K_{cal}}$$

2.2.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)

Cuando se hacen calibraciones de los equipos durante un cierto tiempo representativo, puede existir una contribución a la incertidumbre debido a las diferencias de los equipos en calibraciones sucesivas. Esta incertidumbre es del tipo B y se obtendrá tomando el máximo valor absoluto de la comparación hecha de las diferencias de corrección entre todas las calibraciones, de la siguiente manera:

Formula N°10: INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD A LA DERIVA.

$$U_D = \frac{|C_m - C_{m-1}|_{\max}}{\sqrt{3}}$$

Si en caso no se disponga de valores históricos de calibración, el numerador de la expresión anterior se puede reemplazar por el valor de exactitud en un periodo de tiempo dado por el fabricante del equipo.

2.2.8. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA TEMPERATURA (U_T)

Esta contribución a la incertidumbre es del tipo B y se trabaja dentro de rangos admisibles de temperatura garantizados por el fabricante:

Formula N°11: INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA TEMPERATURA.

$$U_T = \frac{\text{limite}}{\sqrt{3}} ; U_T = \frac{K_t \Delta T L}{\sqrt{3}}$$

K_t . Coeficiente que expresa la variación de la sensibilidad del equipo por grado de temperatura.

ΔT . Diferencia entre la temperatura medida y la temperatura de calibración.

L. Lectura de la medida realizada con el equipo.

2.2.9. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA (U_I)

Este en un caso de incertidumbre tipo B se debe a la variación o la oscilación entre varios valores en cada medida tomada se toma como valor de la medida el valor máximo y mínimo:

Formula N°12: INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA.

$$U_I = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{\sqrt{3}}$$

2.2.10. INCERTIDUMBRE DEBIDA AL CRITERIO DE MEDIDA Y EL OPERADOR (U_o)

Esta contribución a la incertidumbre depende si el equipo es analógico o digital, pues en los equipos analógicos el operador da la lectura de punto en punto de la escala y esto puede contribuir a la incertidumbre, la contribución a la incertidumbre será de la siguiente manera:

Formula N°13: INCERTIDUMBRE DEBIDO AL CRITERIO DE MEDIDA Y EL OPERADOR.

$$U_o = \frac{\left(\frac{1}{2}\right) \text{escala}}{\sqrt{3}}$$

Nota: No se debe tomar en cuenta si ese ha considerado la incertidumbre de repetibilidad tipo A.

2.2.11. INCERTIDUMBRE DEBIDA A LA RESOLUCIÓN (U_R)

Esta contribución a la incertidumbre solo se debe tener en cuenta en los equipos digitales y es una incertidumbre tipo B representada de la siguiente manera.

Formula N°14: INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN.

$$U_R = \frac{\text{resolucion}}{\sqrt{12}}$$

2.2.12. INCERTIDUMBRE DEBIDA AL REDONDEO (U_{red})

Cuando se redondean los valores obtenidos en una medición se debe considerar la contribución a la incertidumbre tipo B de la siguiente manera:

Formula N°15: INCERTIDUMBRE DEBIDO AL REDONDEO.

$$U_{red} = \frac{\text{unidad}_{\text{menor}}}{\sqrt{3}}$$

2.3. DESCRIPCION DE EQUIPOS

Los equipos citados son los que presenta a la actualidad la UCSM y son base fundamental del estudio de la presente tesis.

2.3.1. EQUIPO UCSM DE TRACCION O UNIVERSAL (WDW-300E)

El equipo citado es un equipo controlado electrónicamente por computadora para la realización de pruebas de tracción. El fabricante es TIME GROUP INC.

Sus especificaciones técnicas son las siguientes

- Máxima capacidad de carga: 300kN
- Exactitud de carga: ± 0.5 %
- Rango de medición de la carga de prueba: 0.4% - 100% con cambio automático en proceso completo

- Resolución de carga: 0.001%FN
- Precisión de medición de deformación: $\pm 0.5\%$
- Resolución de desplazamiento: 0.001 mm
- Rango de velocidad: 0.005mm/min – 500mm/min (sin escalones)
- Exactitud de velocidad: $\pm 1\%$
- Max. Tracción: 600 mm
- Max. Compresión: 600 mm
- Ancho para espacio de prueba: 760 mm
- Max. Recorrido: 1350 mm
- Dimensiones totales: 1870x770x2558 mm
- Fuente de alimentación: 5KW, motor de tres fases de AC 380.
- Peso: 1660 Kg.

Condiciones de trabajo:

- Temperatura ambiente: $10 - 35 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa: $\leq 80\%$
- Mantener el alrededor sin vibraciones.
- Evitar ambiente corrosivo.
- Fuentes de interferencia en campo electromagnético.
- La fluctuación de la tensión de alimentación no puede ser superior al 10% de la tensión nominal
- Instalarse sobre una base nivelada.

Grafico N°2: EQUIPO DE TRACCIÓN WDW-300E.



Fuente: Imagen de equipo de tracción UCSM.

2.3.2. EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY (JB-W300a)

El equipo es usado para determinar el material del metal y probar su calidad ante el impacto.

Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Capacidad máxima de energía: 150J/300J
- Momento de péndulo: 80.2848 mm, 160.7695 Nm
- Péndulo Angulo de separación: 150°
- Distancia entre el centro y el punto de impacto del péndulo: 750 mm
- Velocidad de impacto: 5.2 m/s
- Lapso de asiento espécimen: 40mm
- Radio de cara extrema de asiento espécimen: 1 – 1.5mm
- Radio de cuchillo impacto: 2 – 2.5 mm

- Angulo de cuchillo impacto: $30^{\circ} \pm 1^{\circ}$
- Mínimo de resolución de energía de impacto: 2/1J
- Espesor de la cuchilla de impacto: 16mm
- Especificación de la muestra: 10x10x55 mm (U, V 2 mm muesca)
- Peso neto: 450Kg
- Dimensiones de equipo: 800x578x1400 mm
- Fuente de alimentación: 3 fases, 4 líneas 380 V 50/60 Hz
- Energía de Motor: 180 W

Grafico N°3: EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY JB-W300A.



Fuente: Imagen de equipo de ensayo Charpy UCSM.

2.3.3. EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL (HRS-150 DIGITAL ROCKWELL HARDNESS TESTER)

El medidor de dureza Modelo HRS se utilizó durante del desarrollo de la presente tesis el cual dentro de sus características es que elimina por completo el error de lectura de medida debido a que este presenta un display que nos indica

una correcta lectura. Se puede utilizar para medir la dureza de Rockwell de metales ferrosos, no ferrosos y materiales plásticos.

Características técnicas del Equipo HRS-150

- Rango de medición: HRA: 20 – 88
 - HRB: 20 - 100
 - HRC: 20 – 70
- El tiempo de prueba de la fuerza de permanencia: 1 – 30 seg.
- Indicación de dureza: digital
- Máxima altura de la muestra: 170 mm
- Distancia del centro del penetrador a la pared exterior: 165 mm
- Impresión: Imprimir micro
- Las dimensiones del probador (D x W x H): 510 x 215 x 730 mm
- Probador de peso: 85 Kg.
- Fuente de alimentación: AC 220V \pm 10% - 50/60Hz

Grafico N°4: EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL HRS-150.



Fuente: Imagen de equipo de dureza UCSM

2.3.4. EQUIPO DE TRACCION O UNIVERVERSAL (TRACCION UNIVERSAL ZWICK / ROELL Z250) - EQUIPO DE ENSAYO PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú)

Parámetros técnicos del equipo de tracción Universal Zwick / Roell Z250:

- Tracción Universal Zwick/Roell Z250
- Exactitud y repetibilidad de posicionamiento: $\pm 2\mu$
- Fuerza máxima de prueba F_n (Tracción/Compresión): 250 KN
- Rango de velocidad: 0.0001mm/min – 600mm/min
- Cámara de temperatura: -80 hasta 250°
- Aplicaciones: Materiales de gran longitud, cables, probetas de plancha, barras, pernos, etc.

Grafico N°5: EQUIPO DE TRACCION UNIVERSAL ZWICK/ ROELL Z250.



Fuente: Imagen de equipo de tracción PUCP

Grafico N°6: EQUIPO DE TRACCION UNIVERSAL ZWICK/ ROELL Z250.



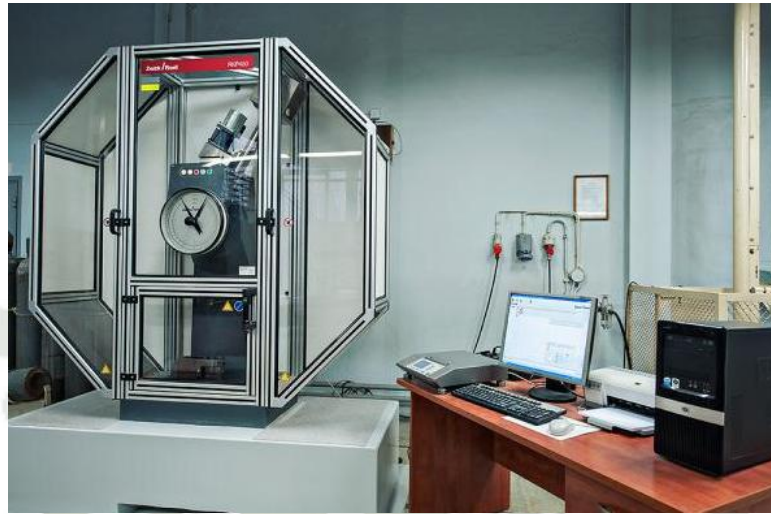
Fuente: Imagen de equipo de tracción PUCP

2.3.5. EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO (ZWICK/ROELL RKP 450 HAMMER FOR IMPACT TEST)

Parámetros técnicos del martillo para ensayos de impacto Zwick /Roell RKP 450:

- La máxima fuerza de impacto 450J
- Velocidad de impacto 5.23 m/s.
- Rango de temperatura de ensayo cabezas de péndulo para 300J de energía y 450 J
- Delanteros de impacto para las pruebas de Charpy Según Astm E23
- Las dimensiones de la muestra de patrón 55x10x10 mm
- Resolución del sistema de medición 0.1J

**Grafico N°7: EQUIPO DE ENSAYO CHARPY ZWICK/ ROELL RKP 450
HAMMER.**



Fuente: Imagen de equipo de ensayo de impacto Charpy PUCP

2.4. DESCRIPCION DE ENSAYOS

2.4.1. PROCEDIMIENTO PARA EQUIPO DE TRACCION

Consiste en aplicar sobre una pieza dos fuerzas en dirección del eje que tienden a producir alargamiento de la pieza.

Por lo general en los equipos de tracción también se pueden realizar ensayos de flexión.

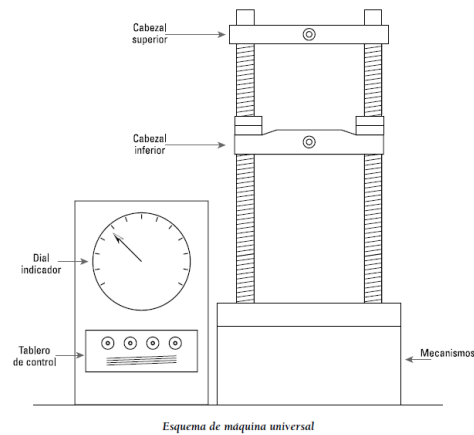
Procedimiento:

La probeta se sujeta, mediante cabezales de la máquina.

Un cabezal de la máquina es fijo y el otro es móvil.

El móvil permite el alargamiento de la probeta donde apreciamos el esfuerzo al que se somete el material hasta llegar al esfuerzo máximo (rotura).

Grafico N°8: ESQUEMA DE MAQUINA UNIVERSAL.



Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.

2006

Durante el ensayo el equipo se grafica la fuerza (P) vs la variación de longitud (Δl) en que se produce el alargamiento de la probeta.

También se puede convertir el grafico P- Δl en un gráfico de tensiones (σ) versus alargamientos específicos (ϵ).

Teniendo en cuenta que:

. So es la sección inicial

. Lo es la longitud inicial

. Lf es la longitud final

Se realiza la conversión de la siguiente forma:

Formula N°16: ESFUERZO NORMAL.

$$\sigma = \frac{P}{S_0} \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}; \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}; \text{MPa} \right)$$

Formula N°17: VARIACIÓN DE ALARGAMIENTO.

$$\varepsilon = \frac{(L_f - L_o)}{L_o}$$

Grafico N°9: DIAGRAMA DE TRACCION PARA UN ACERO

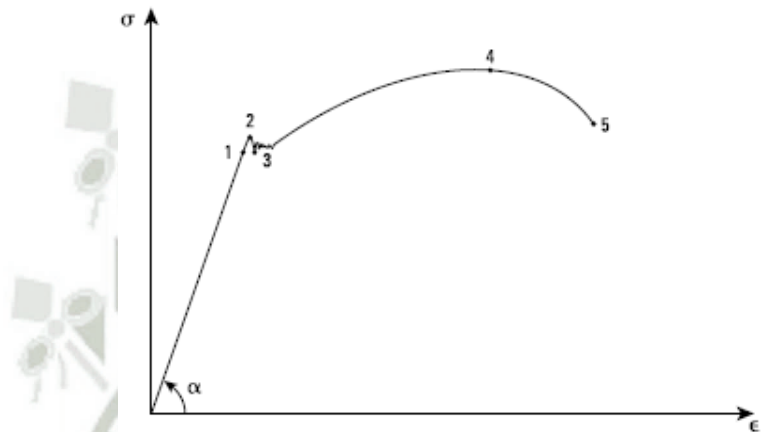


Diagrama de tracción para un acero

Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz. 2006

Del diagrama del grafico N°9 podemos obtener las siguientes características del material.

- Módulo de elasticidad longitudinal o módulo de Young
- Tensión al límite de proporcionalidad
- Tensión al límite de fluencia superior.
- Tensión al límite de fluencia inferior.
- Tensión máxima o resistencia elástica a la tracción.
- Alargamiento porcentual.

- Estricción porcentual.

Módulo de elasticidad longitudinal o Modulo de Young (E)

Es una constante para cada material y da nos indica la rigidez del material.

A mayor E el material es más rígido.

Tensión al límite de proporcionalidad (σ_p)

El límite de proporcionalidad, deja de cumplirse la ley de Hooke y a partir de allí, las tensiones no son proporcionales a las deformaciones. Observe la gráfica N°9.

En los aceros, se considera que el límite de proporcionalidad coincide con la finalización de la zona de comportamiento elástico.

Formula N°18: TENSIÓN PROPORCIONAL.

$$\sigma_p = \frac{\text{Carga al limite proporcional}}{S_o}$$

Tensión al límite de fluencia Superior (σ_{fs})

Está indicada en el grafico N°9 por el punto 2. Durante el periodo de fluencia, se producen importantes deformaciones de la probeta.

La tensión de fluencia superior se calcula:

Formula N°19: TENSIÓN DE FLUENCIA SUPERIOR.

$$\sigma_{fs} = \frac{\text{Carga limite de fluencia superior}}{S_o}$$

Tensión máxima o resistencia estática a la tracción (σ_{ET})

Se estima como la carga máxima y la sección inicial de la probeta.

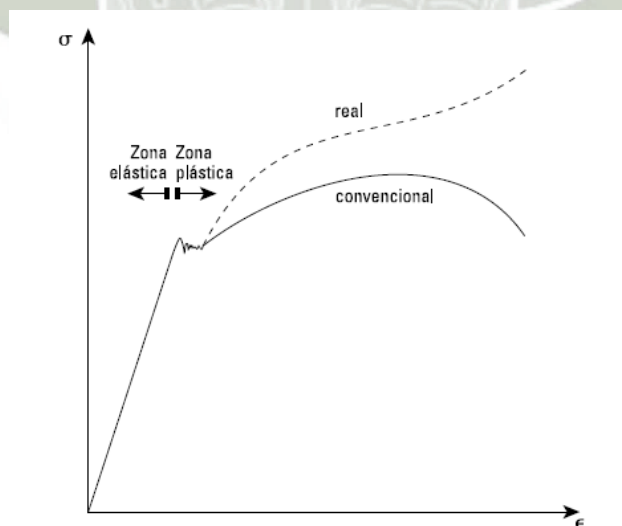
En el grafico N°10, observamos que la tensión de rotura convencional (σ_R) es menor que la tensión máxima (σ_{ET}) lo cual parece incoherente.

La causa de la aparente incoherencia es que, en el grafico N°9, las tensiones fueron calculadas respecto a la sección inicial S_o .

En la aplicación de ensayos se produce un cuello en la probeta las cuales vienen determinadas por normas por ejemplo ASTM-370 (AnexoN°6).

En base a la nueva sección se debe calcular los esfuerzos.

Grafico N°10: TENSION DE ROTURA CONVENCIONAL



Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.

2006

A partir del ensayo de tracción se calculan otros parámetros:

Formula N°20: ALARGAMIENTO PORCENTUAL.

$$\delta = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

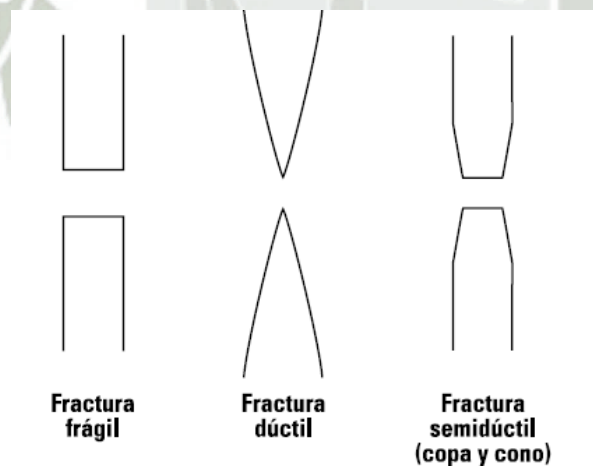
Formula N°21: ESTRICCIÓN PORCENTUAL.

$$\varphi = \frac{S_o - S_f}{S_o} \times 100$$

De acuerdo con la ductilidad del material se puede estimar el tipo de fractura.

Indicadores de la ductilidad son el alargamiento y la estricción.

Grafico N°11: TIPOS DE FRACTURAS.

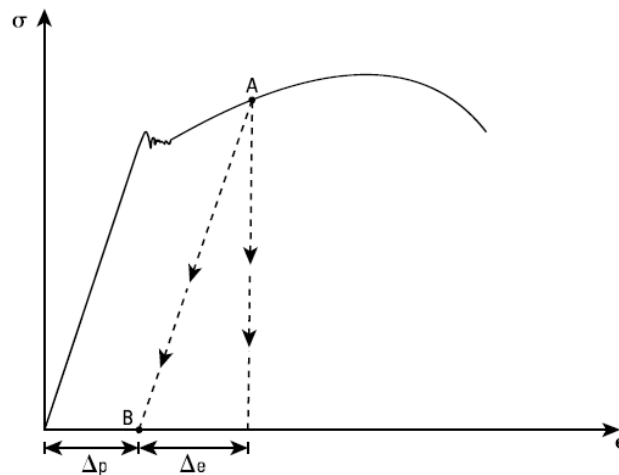


Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.

2006

Es importante distinguir la zona de comportamiento donde se ubica el material, puede ser elástico o plástico. Para confrontar el comportamiento real del material es necesario ver la ficha técnica del material ensayado.

Grafico N°12: ZONA DE COMPORTAMIENTO PLASTICO.



Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz, 2006

2.4.2. ENSAYO DE IMPACTO O CHOQUE O CHARPY

Un alto valor de resistencia estática a la tracción o de resistencia de rotura, no indican que el material sea apropiado para soportar cargas en servicio.

Los ensayos de impacto determinan la capacidad de un material de soportar cargas aplicadas en forma instantánea, este ensayo indica la fragilidad que posee un material debido a una alta velocidad de aplicación de carga, variación de temperatura.

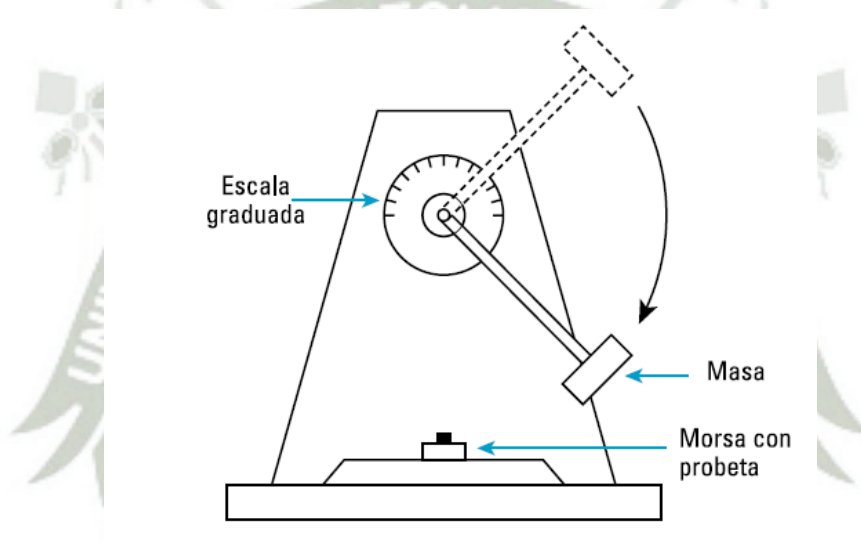
Procedimiento

Durante el ensayo, un mazo que cae a cierta altura impacta e impacta en la probeta con muestra (entalla) observe las gráficas N°15 y N°16.

El resultado del ensayo nos brinda la energía absorbida por la probeta.

La rotura se produce por flexión en la probeta o también llamada flexión por choque.

Grafico N°13: ESQUEMA DE EQUIPO DE IMPACTO.



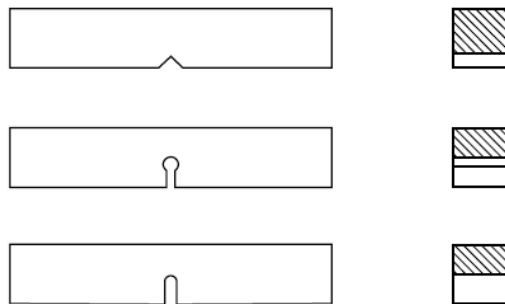
Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.
2006

Antes de iniciar con la probeta se realiza una prueba en vacío con el equipo.

Durante el ensayo la probeta es apoyada en una base que sujeta la probeta y la mantiene fijada, luego de fijar la probeta se procede a impactarla con un mazo que cae e impacta la cara opuesta de la entalla de la probeta.

El equipo nos brinda la velocidad de impacto, la energía absorbida por la probeta.

Grafico N°14: PROBETAS PARA ENSAYO CHARPY.



Probetas para el ensayo Charpy

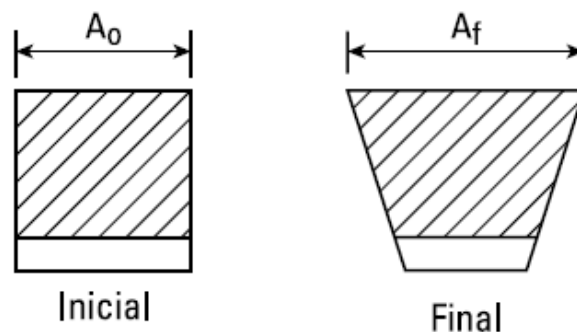
Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz. 2006

La Ventaja del ensayo charpy es que permite realizar ensayos de temperatura distinta del ambiente, con gran facilidad.

En el ensayo de impacto, podemos considerar:

- Expansión lateral.
- Apariencia de la fractura.
- Temperatura de transición.

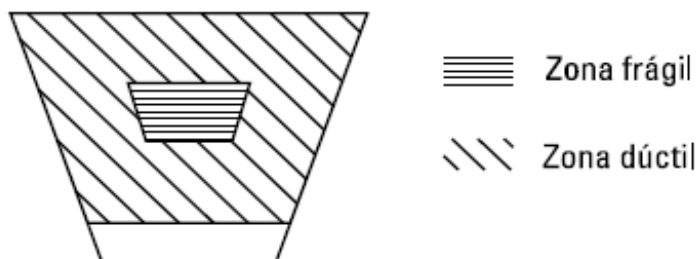
Grafico N°15: EXPANSION LATERAL.



Expansión lateral

Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.
2006

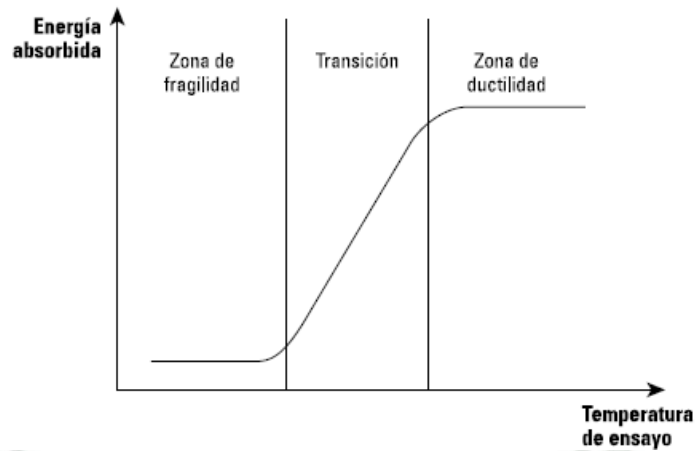
Grafico N°16: ESQUEMA DE UNA FRACTURA.



Esquema de una fractura

Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.
2006

Grafico N°17: ENERGIA ABSORBIDA VS TEMPERATURA DE ENSAYO.



Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.

2006

2.4.3. ENSAYO DE DUREZA

La dureza es la resistencia que ofrece un material, a ser rayado o penetrado por otro.

Su aplicación es la siguiente:

- Control de calidad de materias primas
- Control de calidad de tratamientos térmicos
- Estimación de la resistencia a la tracción de aceros
- Estimación de la resistencia al desgaste

METODO ROCKWELL

El método rockwell es un método de penetración donde se utilizan cargas pequeñas.

El ensayo rockwell trabaja con dos tipos penetradores, cono de diamante y bolillas de acero duro de distintos diámetros.

En este sistema, la dureza se lee directamente en el dial de la máquina y solo depende de la profundidad de penetración

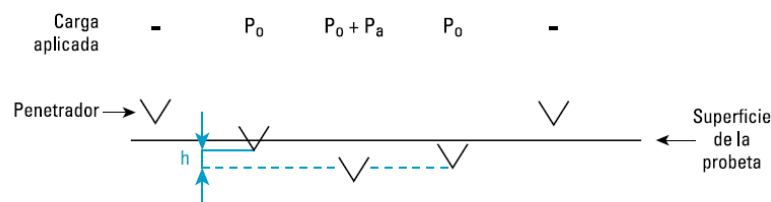
Procedimiento

Aplicamos sobre la probeta una carga inicial P_0 (precarga) para que el penetrador quede firmemente. La profundidad alcanzada será usada como nivel de referencia.

Programamos el equipo para realizar la indentación sobre la superficie.

Luego agregamos la carga adicional P_a sin choques ni vibraciones para obtener los resultados del comportamiento del material.

Grafico N°18: ETAPAS DE ENSAYO ROCKWELL.



Etapas del ensayo Rockwell

Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz.

2006

La dureza Rockwell (HR) y la profundidad de penetración (h), están relacionados mediante la ecuación:

Formula N°22: DUREZA ROCKWELL.

$$HR = C. \left(\frac{h}{C_1}\right)$$

Dónde:

- C y C1 son constantes que dependen de la escala Rockwell utilizada.
- C es el número que corresponde al fondo de escala; su valor es 100, cuando usamos cono de diamante, y 130 si el penetrador usado es la bolilla.
- C1 es la distancia de penetración equivalente a un número Rockwell; vale 1 micrómetro para la escala Rockwell superficial y 2 micrómetros para la escala rockwell normal.

Grafico N°19: CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS ESCALAS ROCKWELL.

Características de algunas escalas Rockwell tanto comunes como superficiales					
Escala	Tipo de escala	Penetrador	Carga inicial (kgf)	Carga adicional (kgf)	Carga total (kgf)
A	Común	Cono de diamante	10	50	60
C	Común	Cono de diamante	10	140	150
D	Común	Cono de diamante	10	90	100
F	Común	Bolilla 1/16"	10	50	60
B	Común	Bolilla 1/16"	10	90	100
H	Común	Bolilla 1/8 "	10	50	60
E	Común	Bolilla 1/8 "	10	90	100
15N	Superficial	Cono de diamante	3	12	15
30N	Superficial	Cono de diamante	3	27	30
15T	Superficial	Bolilla 1/16"	3	12	15
30T	Superficial	Bolilla 1/16"	3	27	30

En las escalas superficiales, la letra N significa que se usa cono de diamante y la letra T significa que se usa bolilla de 1/16".

Fuente: Fundamentos y ensayos en materiales metálicos – Diego Hernan Ruiz. 2006

Para realizar una correcta elección de la escala, lo más apropiado es consultar las normas correspondientes ASTM E18 AnexoN°7.

- Rockwell A. se aplica a materiales de gran dureza y de poco espesor, como horas de tijeras, aceros con tratamientos térmicos, etc.
- Rockwell B. se aplica a materiales de dureza intermedia, como aceros de medio y bajo tenor de carbono, aleaciones de cobre y aluminio, etc.

- Rockwell C. se aplica a materiales de gran dureza y espesor, como aceros templados, aceros aleados, fundiciones muy duras y en general materiales con HRB superior a 100.
- Rockwell F. se aplica a chapas de metales blandos, aleaciones de cobre, etc.
- Rockwell E. se aplica a metales blandos y antifricción

La escala B arroja valores aceptables entre HRB 10 y 100, para los valores mayores a HRB=100, la bolilla se puede deformar.

Para los valores menores a HRB=10, los valores son erráticos.

Cuando no se tiene certeza del material ensayado es conveniente realizar un ensayo Rockwell C, si el resultado obtenido es menor a 20, se debe realizar un ensayo Rockwell B ya que se encuentra dentro del rango.

Para las escalas superficiales:

- Escalas N. se aplican a materiales como aceros endurecidos aleaciones duras y carburos.
- Escalas T. se aplican a materiales blandos, como latines, bronces, aceros blandos o materiales similares.

Generalidades del ensayo Rockwell:

- La superficie de la pieza o probeta a ensayar estará libre de aceites, pinturas, virutas, etc.
- La pieza o probeta debe estar apoyada fija sobre la máquina durante el ensayo.
- Durante el ensayo no debe producirse vibración.
- El espesor de la capa debe ser ≥ 10 veces la profundidad de la penetración h.



CAPITULO III: DESARROLLO DE ENSAYOS TECNICOS UCSM

3.1. RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION UCSM

Se presenta la selección de probeta en base a la norma ASTM A370 -03a la cual se eligió en base a las características técnicas de equipo de tracción UCSM.

Grafico N°20: SELECCIÓN DE CARACTERISTICAS DE PROBETA.

A 370 - 03a

Nominal Diameter	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard					
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
	0.500	12.5	0.250	6.25	0.160	4.00	0.113	2.50
G—Gage length	2.00±	50.0 ±	1.000±	25.0 ±	0.640±	16.0 ±	0.450±	10.0 ±
	0.005	0.10	0.005	0.10	0.005	0.10	0.005	0.10
D—Diameter (Note 1)	0.500±	12.5±	0.250±	6.25 ±	0.160±	4.00 ±	0.113±	2.50 ±
	0.010	0.25	0.005	0.12	0.003	0.08	0.002	0.05
R—Radius of fillet, min	3/8	10	3/16	5	5/32	4	3/32	2
A—Length of reduced section, min (Note 2)	2 1/4	60	1 1/4	32	3/4	20	5/8	16

Fuente: Norma ASTM A 370 – 03a

Se fabricaron 9 probetas con acero A-36 estructural. A continuación, características técnicas del acero:

A-36:

Propiedades Mecánicas (AnexoN°8)

- Límite de fluencia, mínimo: 250 MPa (25.5Kgf/mm²)
- Resistencia a la tracción: 400 – 550 MPa (40.8 – 56.1 kgf/mm²)

- Alargamiento en 200 mm, mínimo: 20%
- Características dimensionales: barra redonda lisa de 1 pulgada diámetro, tolerancia ± 0.5 mm diámetro, Ovalidad máxima 0.7mm, tolerancia en longitud + 40mm, Peso Nominal 3.98 kg/m

De la población de 9 probetas se tomarán dos muestras de las cuales 6 muestras serán evaluadas en laboratorio UCSM y los 3 restantes serán evaluadas en la PUCP por sus equipos para confrontar calibración y muestreos.

Grafico N°21: PROBETAS MAQUINADAS.



Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°3: RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN – FLUENCIA.

RESULTADO DE ENSAYO - FLUENCIA		
PROBETA 1	10.08	KN
PROBETA 2	11.52	KN
PROBETA 3	11.64	KN
PROBETA 4	10.98	KN
PROBETA 5	8.94	KN
PROBETA 6	11.28	KN

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°4: RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN – TRACCIÓN.

RESULTADO DE ENSAYO - TRACCION		
PROBETA 1	15.9	KN
PROBETA 2	15.9	KN
PROBETA 3	15.9	KN
PROBETA 4	16.08	KN
PROBETA 5	13.98	KN
PROBETA 6	15.9	KN

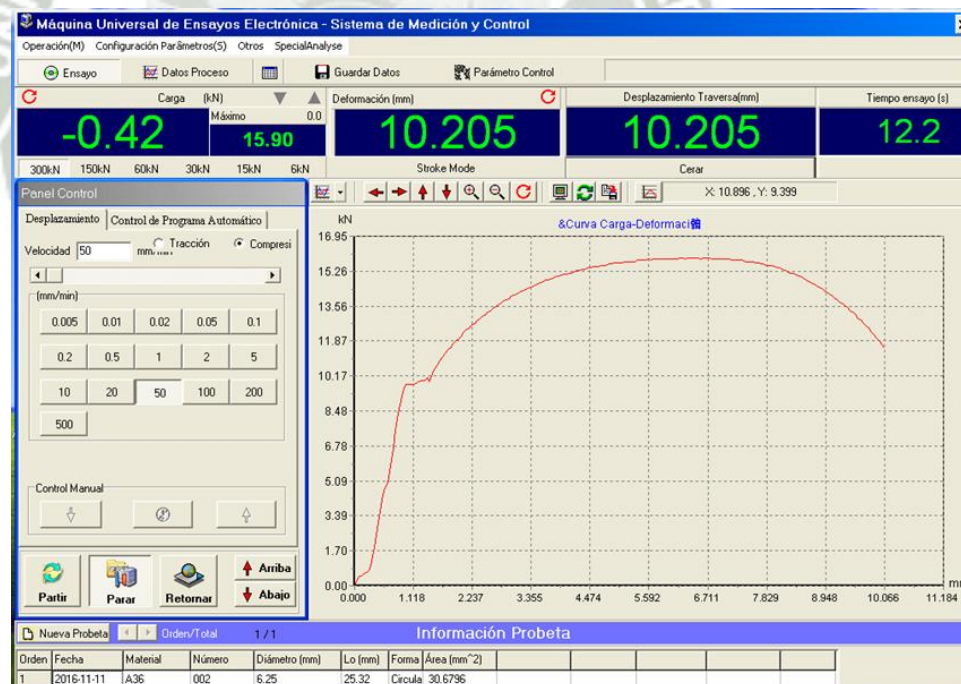
Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°5: LONGITUD ENTRE LAS MARCAS G EXPERIMENTAL.

LONGITUD ENTRE MARCAS G EXPERIMENTAL		
PROBETA 1	31.94	mm
PROBETA 2	32.29	mm
PROBETA 3	32.43	mm
PROBETA 4	30.16	mm
PROBETA 5	32.47	mm
PROBETA 6	34.35	mm

Fuente: Elaboración propia del Autor

Gráfico N°22: RESULTADO ENSAYO TRACCION.

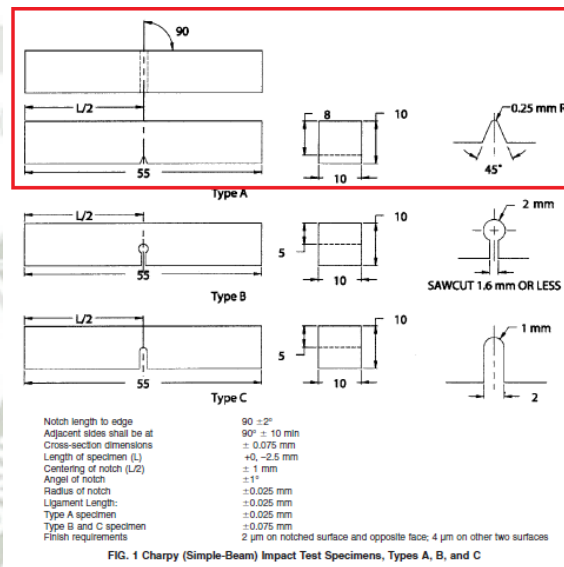


Fuente: Elaboración propia del Autor

3.2. RESULTADOS DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY UCSM

Se seleccionó de la norma ASTM E23 el siguiente modelo de probeta para realizar el ensayo charpy en el laboratorio de materiales de la UCSM.

Grafico N°23: RESULTADO ENSAYO TRACCION.



Fuente: Norma ASTM E23

Se elaboraron 10 unidades de la probeta de las cuales 7 fueron ensayadas por el equipo de impacto Charpy de la UCSM y los 3 restantes fueron ensayados por la PUCP con su equipo de Impacto Charpy.

Energía de destrucción de probeta (E_r)

Es la energía usada solo para la destrucción de la probeta.

Formula N°22: CALCULO DE ENERGÍA DE DESTRUCCIÓN DE PROBETA.

$$E_r = E_i - E_f - E_k$$

Dónde:

E_i : energía mostrada por el indicador, esta energía nos la proporciona el equipo luego de realizar el ensayo.

E_f : energía disipada por fricciones, esta energía debe ser medida antes de cada ensayo para esto se deja caer libremente el péndulo sin instalar probeta en los apoyos y se anota la energía mostrada por el indicador.

E_k : energía cinética, es la energía necesaria para el desplazamiento ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$), La velocidad es la velocidad del péndulo en el momento del impacto ($v=5.6\text{m/s}$).

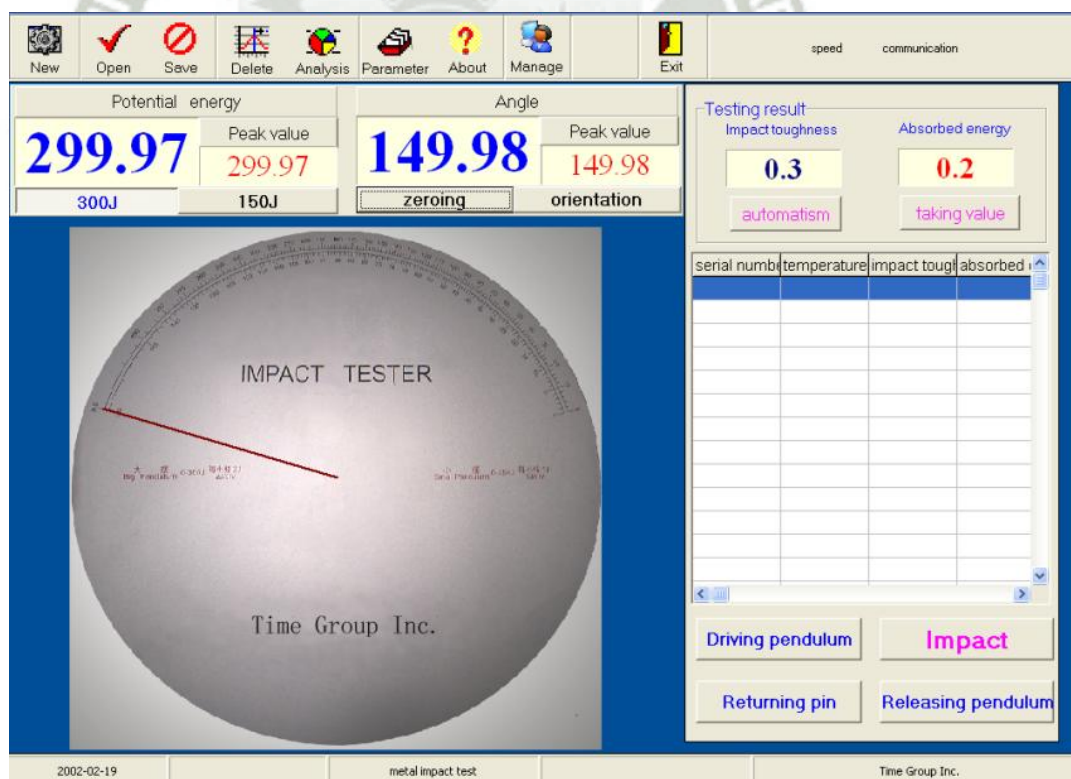
Valores tomados en laboratorio de UCSM.

TABLA N°6: VALORES MEDIDOS ENSAYO CHARPY.

PROBETAS	EI	EF	EK	ER
1	21.2	0.2	0.665616	20.334384
2	19.4	0.2	0.6602848	18.5397152
3	23.2	0.2	0.6649888	22.3350112
4	21.3	0.2	0.664832	20.435168
5	23.0	0.3	0.6662432	22.0337568
6	19.6	0.3	0.6602848	18.6397152
7	19.5	0.3	0.6635776	18.5364224

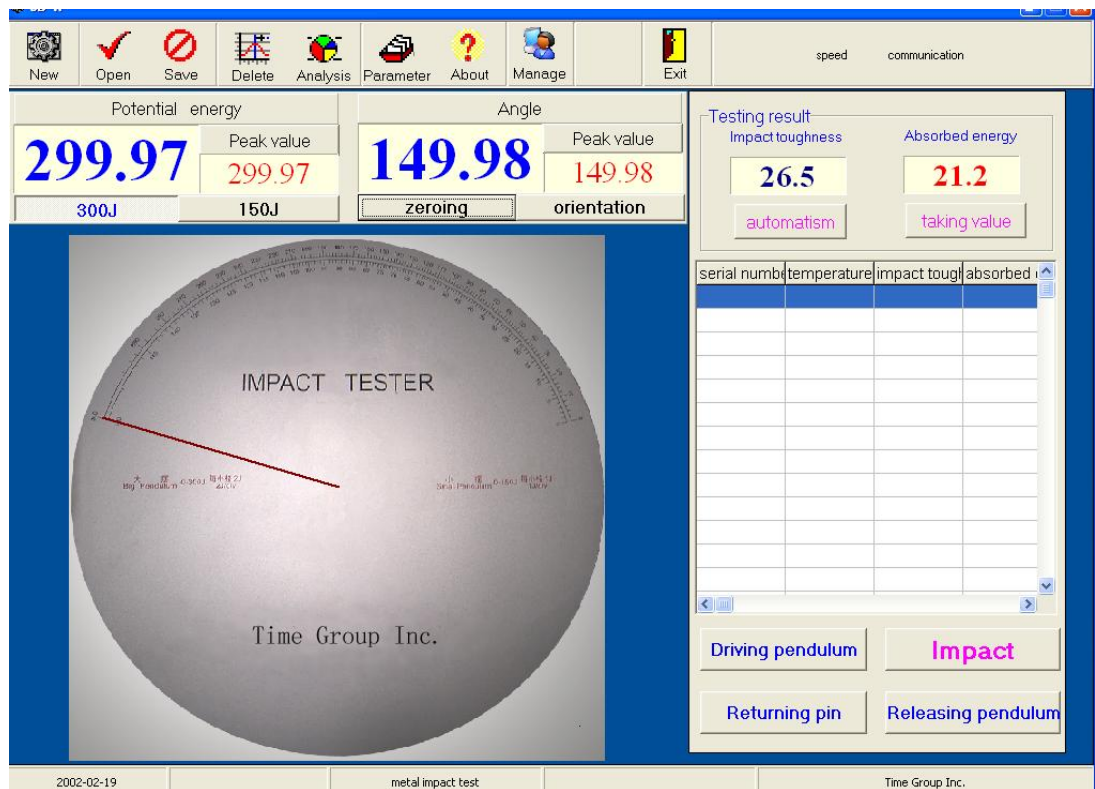
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°24: DISPLAY PREVIO A ENSAYO CHARPY.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°25: DISPLAY DESPUES DE ENSAYO CHARPY.



Fuente: Elaboración propia del Autor

3.3. RESULTADOS DE ENSAYO DE DUREZA UCSM

Para el desarrollo del presente tema se evaluaron 3 probetas donde se llevaron 5 indentaciones en cada probeta, para poder estimar que mantienen la calibración correcta.

Grafico N°26: PROBETAS ELABORADAS PARA ENSAYO DE DUREZA.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°27: TABLA DE DESIGNACION DE VALORES ENSAYO DE DUREZA.

TABLE 2 Symbols and Designations Associated with Fig. 2

Number	Symbol	Designation
1	D	Diameter of ball = $\frac{1}{16}$ in. (1.588 mm)
3	P_0	Preliminary Test Force = 10 kgf (98 N)
4	P_1	Additional force = 90 kgf (883 N)
5	P	Total Test Force = $P_0 + P_1 = 10 + 90 = 100$ kgf (981 N)
6	...	Depth of penetration under preliminary test force before application of additional force
7	...	Increase in depth of penetration under additional force
8	e	Permanent increase in depth of penetration under preliminary test force after removal of the additional force, the increase being expressed in units of 0.002 mm
9	xx HRB	Rockwell B hardness = $130 - e$

Fuente: Norma ASTM E-18

Grafico N°28: ENSAYO DE DUREZA UCSM.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°29: DISPLAY EQUIPO DURANTE ENSAYO DE DUREZA UCSM.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°30: PROBETAS LUEGO DE ENSAYO DE DUREZA.



Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°7: VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 1.

N	Rockwell B – Probeta 1
1	74.4 HRB
2	73.8 HRB
3	73.8 HRB
4	73.4 HRB
5	74.4 HRB

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°8: VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 2.

N	Rockwell B – Probeta 2
1	72.0 HRB
2	73.8 HRB
3	72.0 HRB
4	73.5 HRB
5	72.4 HRB

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°9: VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 3.

N	Rockwell B – Probeta 3
1	72.1 HRB
2	71.7 HRB
3	74.1 HRB
4	74.2 HRB
5	73.1 HRB

Fuente: Elaboración propia del Autor



CAPITULO IV: CÁLCULO, IDENTIFICACION Y ORGANIZACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE

4.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO DE TRACCION

Medición de valores dimensionales de las probetas. A continuación, se muestra una tabla con los valores promedios de las probetas para el ensayo.

**TABLA N°10: VALORES MEDIDOS PROBETA TRACCIÓN –
DIÁMETRO.**

DIAMETRO	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 4	PROBETA 5	PROBETA 6	PROBETA 7	PROBETA 8	PROBETA 9
1	6.49	6.52	6.5	6.36	6.45	6.25	6.53	6.51	6.51
2	6.46	6.53	6.54	6.31	6.55	6.24	6.52	6.52	6.53
3	6.52	6.53	6.55	6.37	6.52	6.22	6.54	6.5	6.52
4	6.53	6.54	6.52	6.36	6.46	6.25	6.52	6.48	6.5
5	6.56	6.51	6.54	6.37	6.48	6.24	6.54	6.5	6.51
6	6.5	6.53	6.57	6.42	6.57	6.23	6.52	6.53	6.51
7	6.48	6.52	6.58	6.35	6.46	6.24	6.53	6.5	6.52
8	6.47	6.49	6.55	6.35	6.49	6.26	6.53	6.54	6.48
9	6.52	6.5	6.51	6.36	6.45	6.24	6.52	6.49	6.48
10	6.48	6.48	6.52	6.38	6.51	6.22	6.52	6.47	6.52
PROMEDIO	6.50	6.52	6.54	6.36	6.49	6.25	6.53	6.50	6.51

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°11: VALORES MEDIDOS PROBETA TRACCIÓN – LONGITUD

G.

longitud G	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 4	PROBETA 5	PROBETA 6	PROBETA 7	PROBETA 8	PROBETA 9
1	25.24	25.08	25.44	25.36	25.09	25.72	25.42	25.61	25.2
2	25.13	25.25	25.13	25.32	25.23	25.88	25.56	25.15	25.04
3	25.17	25.09	25.25	25.54	24.96	25.22	25.07	25.45	25.35
4	25.23	25.13	25.04	25.12	25.16	25.32	25.44	25.58	25.03
5	25.1	25.07	25.09	25.26	25.31	25.46	25.22	25.28	25.18
6	25.11	25.56	25.05	25.26	25.25	25.55	25.62	25.35	25.21
7	25.31	25.41	25.17	25.42	25.47	25.7	25.1	25.68	25
8	25.1	25.15	25.27	25.52	25.17	25.44	25.3	25.75	25.33
9	25.02	25.22	25.22	25.23	25.24	25.62	25.19	25.38	25.24
10	25.12	25.13	25.17	25.16	25.36	25.46	25.52	25.49	25.07
PROMEDIO	25.15	25.21	25.18	25.32	25.22	25.54	25.34	25.47	25.17

Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°31: TOMA DE MEDIDAS PROBETA DE TRACCION.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Mediante la siguiente formula hallamos el área transversal de las probetas:

Formula N°23: FORMULA PARA HALLAR ÁREA TRANSVERSAL.

$$S_u = \frac{\pi d^2}{4}$$

TABLA N°12: ÁREA TRANSVERSAL DE PROBETAS TRACCIÓN.

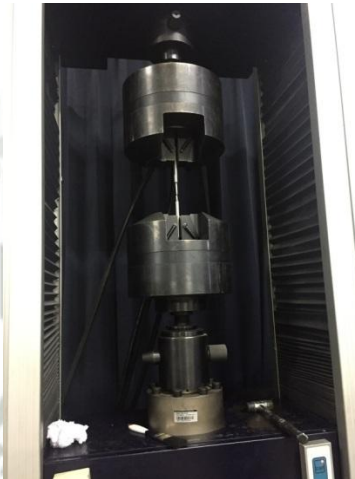
	S_u
PROBETA 1	30.68
PROBETA 2	33.19
PROBETA 3	33.34
PROBETA 4	33.57
PROBETA 5	31.80
PROBETA 6	33.12
PROBETA 7	30.68
PROBETA 8	33.46
PROBETA 9	33.22
PROBETA 10	33.26

Fuente: Elaboración propia del Autor

Con las áreas transversales se procede a ingresar los valores al equipo de tracción universal de la UCSM.

Las condiciones de ensayo son las siguientes:

Grafico N°32: DURANTE ENSAYO DE TRACCION



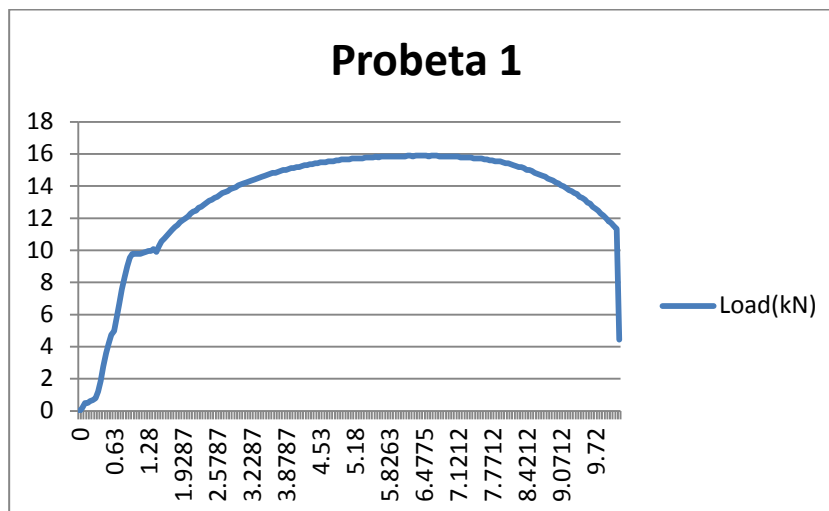
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°33: TOMA DE MEDIDAS LUEGO DE ENSAYO.



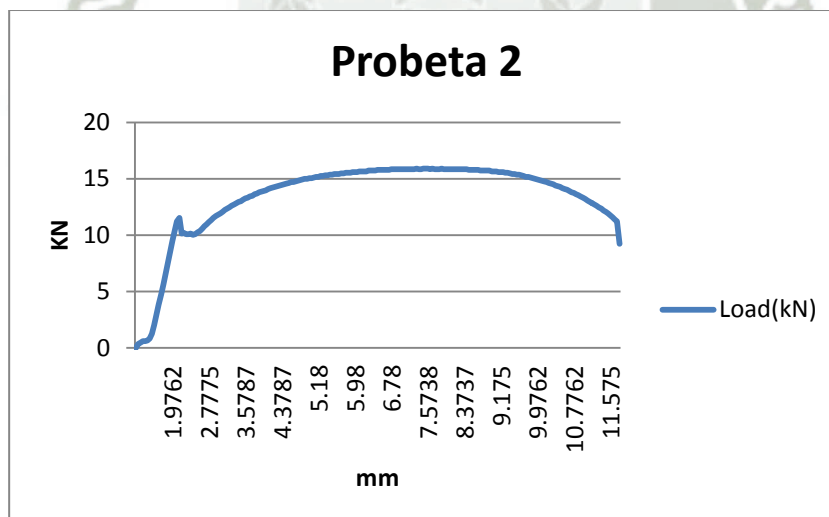
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°34: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 1.



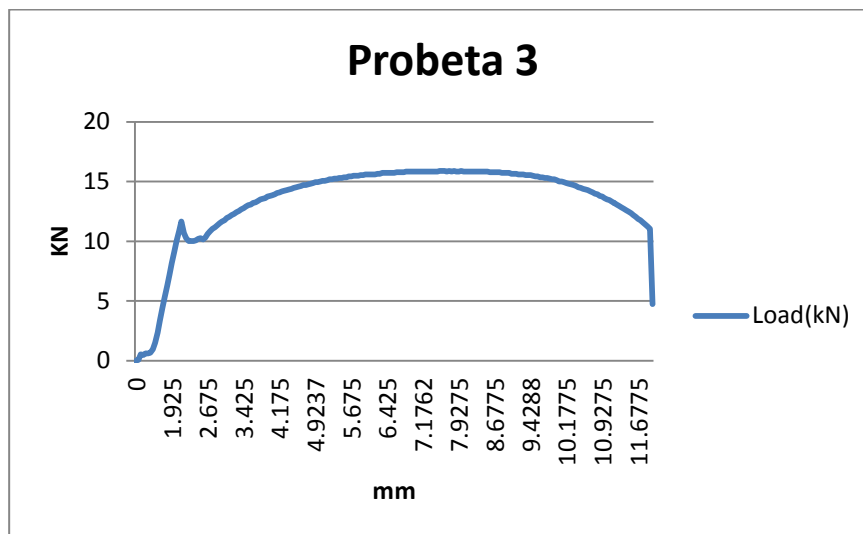
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°35: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 2.



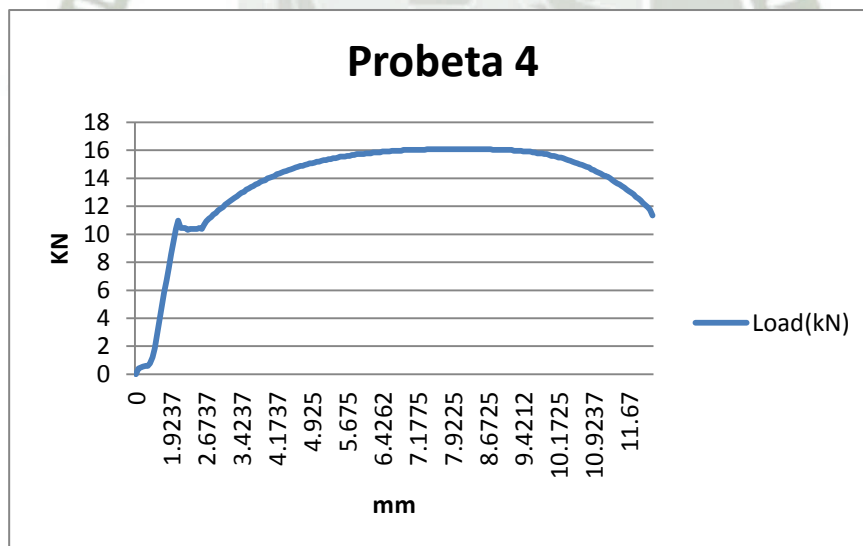
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°36: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 3.



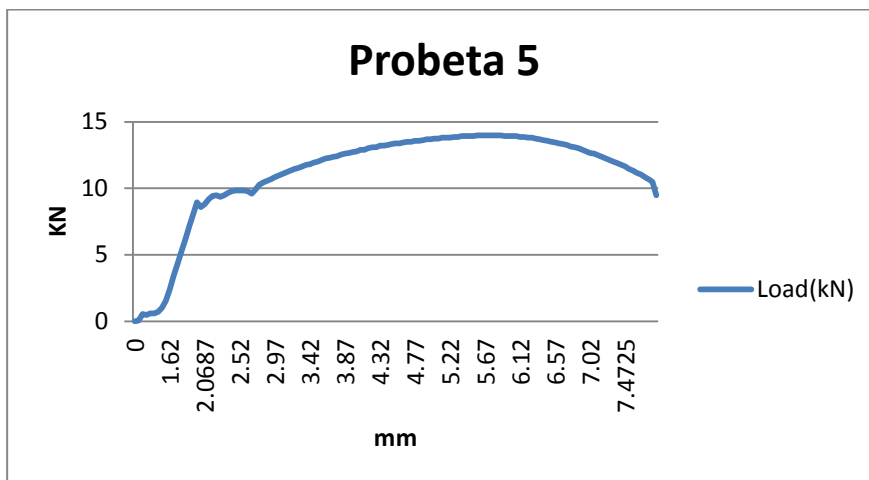
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°37: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 4.



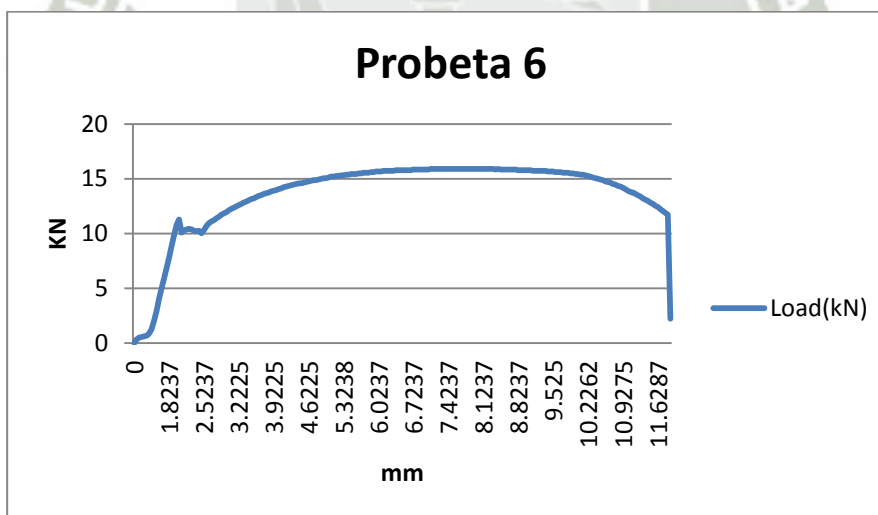
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°38: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 5.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°39: GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 6.



Fuente: Elaboración propia del Autor

MODELO ASOCIADO A LA MEDIDA DE ESFUERZO DE FLUENCIA

Formula N°24: ESFUERZO DE FLUENCIA TRACCIÓN.

$$\sigma_f = \frac{F_x}{S_e} = \frac{4F_x}{\pi d^2}$$

Dónde:

S_e : Superficie transversal de la probeta

F_x : Valor de carga leído en maquina

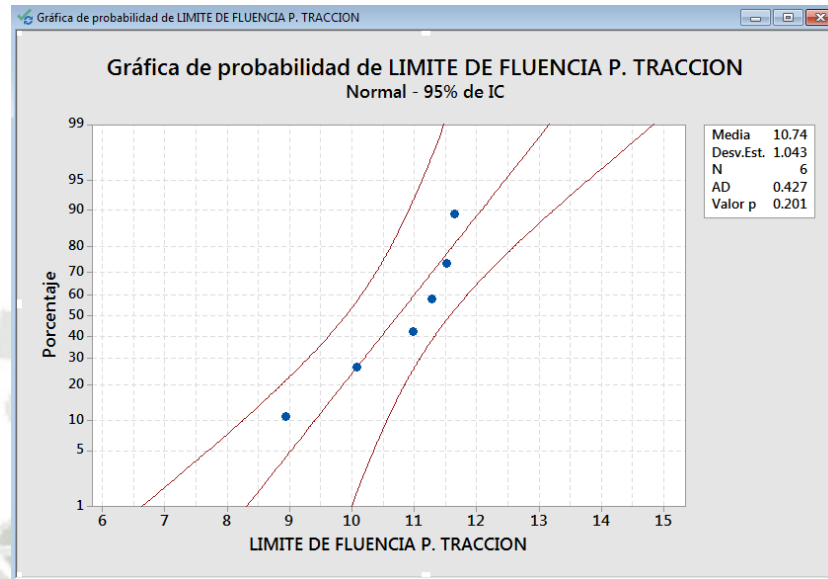
d : Diámetro de probeta

TABLA N°13: TABLA VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN
UCSM – FLUENCIA.

	FLUENCIA	CARGA KN	DEFORMACION mm	MPa
UCSM	PROBETA 1	10.08	1.38	303.68
	PROBETA 2	11.52	2.13	345.57
	PROBETA 3	11.64	2.12	346.72
	PROBETA 4	10.98	2.07	345.29
	PROBETA 5	8.94	1.97	269.91
	PROBETA 6	11.28	2.02	367.67

Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°40: GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% LIMITE DE FLUENCIA.



Fuente: Elaboración Propia Software Minitab

ASOCIADA A LA MEDIDA DE ESFUERZO MÁXIMO

Formula N°25: ESFUERZO MÁXIMO TRACCIÓN.

$$\sigma_u = \frac{F_x}{S_e} = \frac{4F_x}{\pi d^2}$$

S_e : Superficie transversal de la probeta

F_x : Valor de carga leído en maquina

d : Diámetro de probeta

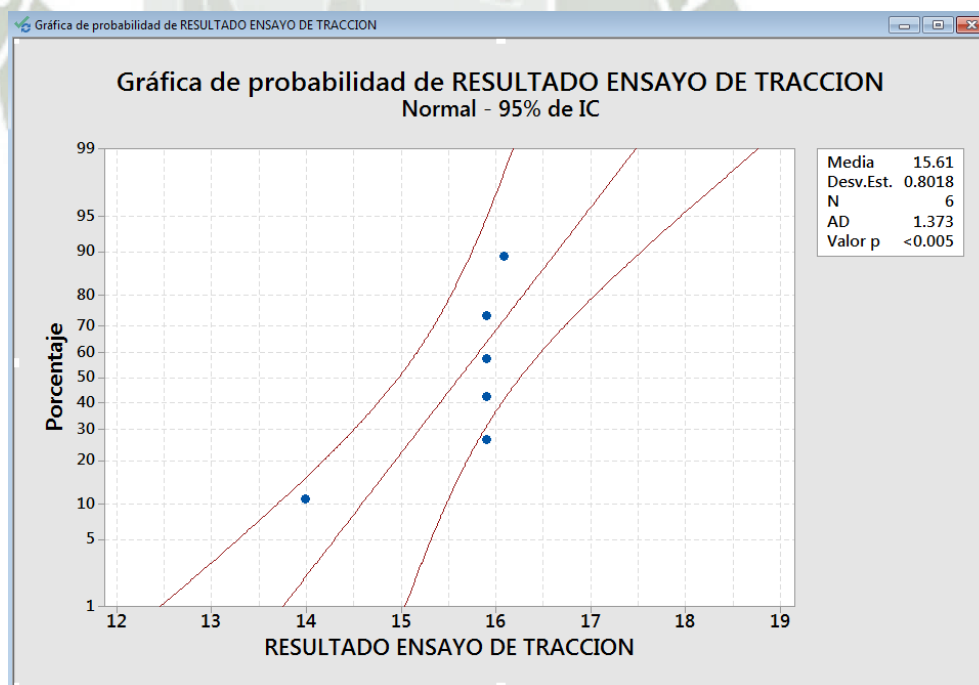
Reemplazando los valores se desarrolla la siguiente tabla:

TABLA N°14: TABLA VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN
UCSM – TRACCIÓN.

	TRACCION	CARGA	DEFORMACION	MPa
		KN	mm	
UCSM	PROBETA 1	15.9	10.2	479.01
	PROBETA 2	15.9	11.83	476.96
	PROBETA 3	15.9	12.01	473.61
	PROBETA 4	16.08	12.24	505.68
	PROBETA 5	13.98	7.93	422.08
	PROBETA 6	15.9	11.9	518.26

Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°41: GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% TRACCION DE
PROBETA.



Fuente: Elaboración Propia Software Minitab

Medición asociada a la deformación plástica final

Formula N°26: DEFORMACIÓN PLÁSTICA FINAL.

$$A_{pm} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

Dónde:

L_f : Longitud final medida

L_o : Longitud inicial medida

A_{pm} : Alargamiento permanente



TABLA N°15: VALORES INICIALES DE LONGITUD G PROBETAS
TRACCIÓN.

longitud G mm (Lo)	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 4	PROBETA 5	PROBETA 6
1	25.24	25.08	25.44	25.36	25.09	25.72
2	25.13	25.25	25.13	25.32	25.23	25.88
3	25.17	25.09	25.25	25.54	24.96	25.22
4	25.23	25.13	25.04	25.12	25.16	25.32
5	25.1	25.07	25.09	25.26	25.31	25.46
6	25.11	25.56	25.05	25.26	25.25	25.55
7	25.31	25.41	25.17	25.42	25.47	25.7
8	25.1	25.15	25.27	25.52	25.17	25.44
9	25.02	25.22	25.22	25.23	25.24	25.62
10	25.12	25.13	25.17	25.16	25.36	25.46
PROMEDIO	25.15	25.21	25.18	25.32	25.22	25.54

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°16: VALORES FINALES DE LONGITUD G PROBETAS TRACCIÓN.

L ensayo mm (Lf)	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 4	PROBETA 5	PROBETA 6
1	31.93	32.09	32.68	30.58	32.63	34.5
2	32.44	31.73	32.67	30.15	31.99	34.41
3	31.47	32.26	32.32	29.3	32.47	34.21
4	31.53	32.62	32.23	30.43	32.88	34.33
5	32	32.21	32.25	30.05	32.54	34.42
6	32.1	32.22	32.45	29.76	32.65	34.35
7	31.92	32.43	32.33	30.33	32.44	34.43
8	31.78	32.53	32.27	30.47	32.12	34.44
9	32.04	32.48	32.65	30.27	32.46	34.21
10	32.22	32.42	32.46	30.30	32.54	34.21
PROMEDIO	31.94	32.30	32.43	30.16	32.47	34.35

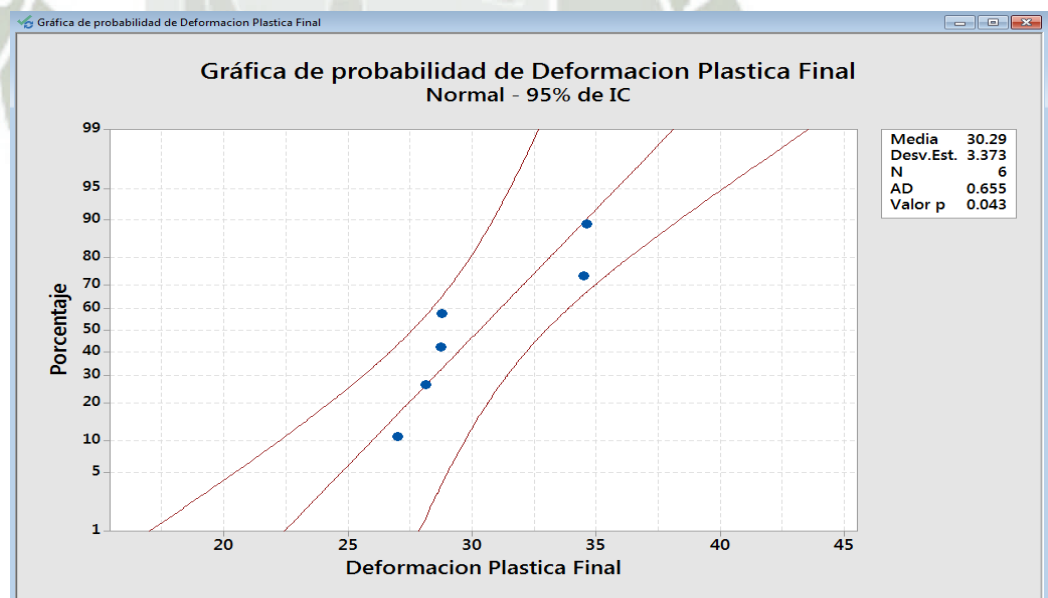
Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°17: VALORES PROMEDIO PROBETAS UCSM.

PROBETA			
valores promedio	L_f (mm)	L_o (mm)	A_{pm} (mm)
1	31.94	25.15	26.99
2	32.30	25.21	28.12
3	32.43	25.18	28.78
4	30.16	25.32	19.14
5	32.47	25.22	28.73
6	34.35	25.54	34.51

Fuente: Elaboración propia del Autor

Gráfico N°42: GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% DEFORMACION PLASTICA.



Fuente: Elaboración Propia Software Minitab

4.1.1. INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA FLUENCIA

4.1.1.1. CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TIPO “A” “FLUENCIA”

Reemplazando los valores de la Tabla N°3 en la tabla N°18

TABLA N°18: DESVIACIÓN STANDARD DE VALORES DE FLUENCIA.

MEDICION	x_i	\bar{X}	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$
1	10.08	9.87	-0.21	0.05
2	11.52	9.87	-1.65	2.74
3	11.64	9.87	-1.77	3.15
4	10.98	9.87	-1.11	1.24
5	8.94	9.87	0.93	0.86
6	11.28	9.87	-1.41	2.00

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°1. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s = \sqrt{\frac{10.04}{6 - 1}}$$

$$s = 1.42$$

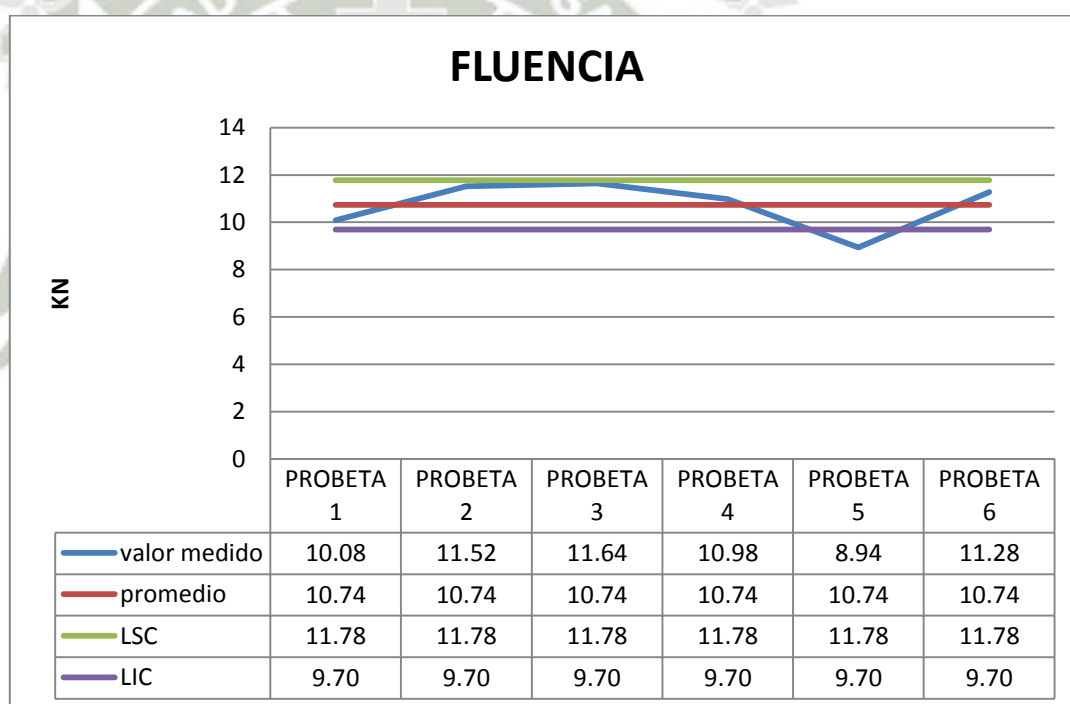
Reemplazando la Formula N°2. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{1.42}{6}$$

$$s' = 0.23$$

$$U_s = 0.23 \text{ KN}$$

Grafico N°43: TABLA DE CONTROL FLUENCIA ENSAYO DE TRACCION.



Fuente: Elaboración Propia Software M. Excel

4.1.1.2. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})

Reemplazando la Formula N°8. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{1.42}{\sqrt{6}}$$

$$s' = 0.57$$

$$U_{rep} = 0.57 \text{ KN}$$

4.1.1.3. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Reemplazando la Formula N°9. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U = \frac{0.3}{2}$$

$$U = 0.15 \text{ KN}$$

4.1.1.4. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (U_R)

La resolución de la máquina de tracción universal de la UCSM.

Máxima capacidad de carga: 300kN

Resolución de carga: 0.001% FN

Reemplazando la Formula N°14. Con los valores obtenidos del manual del equipo.

$$U_R = \frac{0.3}{\sqrt{12}}$$

$$U_R = 0.025 \text{ KN}$$

4.1.1.5. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)

Si en caso no se disponga de valores históricos de calibración, el numerador de la expresión anterior se puede reemplazar por el valor de exactitud en un periodo de tiempo dado por el fabricante del equipo.

Máxima capacidad de carga: 300kN

Exactitud de carga: ± 0.001 FN %

Reemplazando la Formula N°10. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U_D = \frac{|1.42 - 0.3|_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_D = 0.80 \text{ KN}$$

4.1.1.6. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA (U_i)

Reemplazando la Formula N°12. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_I = \frac{11.52 - 8.94}{\sqrt{3}}$$

$$U_I = 1.37 \text{ KN}$$

4.1.1.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL UCSM (U_p)

Los rangos son los siguientes de la tabla N°19:

TABLA N°19: RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN – FLUENCIA.

PROBETA	Fuerza aplicada en Probetas					rango
1	9.96	9.96	10.08	9.9	10.26	0.12
2	10.38	11.22	11.52	10.14	10.2	1.32
3	10.02	10.86	11.64	10.68	10.26	1.62
4	9.54	10.38	10.98	10.44	10.44	1.44
5	7.14	8.04	8.94	8.58	8.82	1.8
6	9.78	19.74	11.28	10.08	10.26	1.5

Fuente: Resultados del software de ensayo de tracción

Formula N°27: INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA DEL EQUIPO.

$$U_p = \frac{V_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_p = \frac{1.8}{\sqrt{3}}$$

$$U_p = 1.04 \text{ KN}$$

4.1.1.8. INCERTIDUMBRE COMBINADA

Ahora con todas las contribuciones de incertidumbre tendríamos lo siguiente:

Formula N°28: INCERTIDUMBRE COMBINADA TOTAL DEL EQUIPO.

$$U_T = \sqrt{U_s^2 + U_{rep}^2 + U_{calib}^2 + U_R^2 + U_D^2 + U_i^2 + U_p^2}$$

$$U_T = \sqrt{0.23^2 + 0.57^2 + 0.15^2 + 0.025^2 + 0.80^2 + 1.37^2 + 1.04^2}$$

$$U_T = 2 \text{ KN}$$

4.1.1.9. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Usando un nivel de confianza 95% con factor de cobertura k=2 (Tabla N°2).

Reemplazando la formula N°7

$$U = 2(2\text{KN})$$

$$U = 4 \text{ KN}$$

4.1.2. INCERTIDUMBRE ASOCIADA AL ESFUERZO DE TRACCION

4.1.2.1. INCERTIDUMBRE TIPO “A” TRACCION

Se reemplaza los valores de la Tabla N°14 en la Tabla N°20

TABLA N°20: DESVIACION ESTÁNDAR DE VALORES DE TRACCION.

MEDICION	x_i	\bar{X}	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$
1	15.9	15.65	0.25	0.06
2	15.9	15.65	0.25	0.06
3	15.9	15.65	0.25	0.06
4	16.08	15.65	0.43	0.18
5	13.98	15.65	-1.67	2.79
6	15.9	15.65	0.25	0.06

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°1. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s = \sqrt{\frac{3.21}{6 - 1}}$$

$$s = 0.80$$

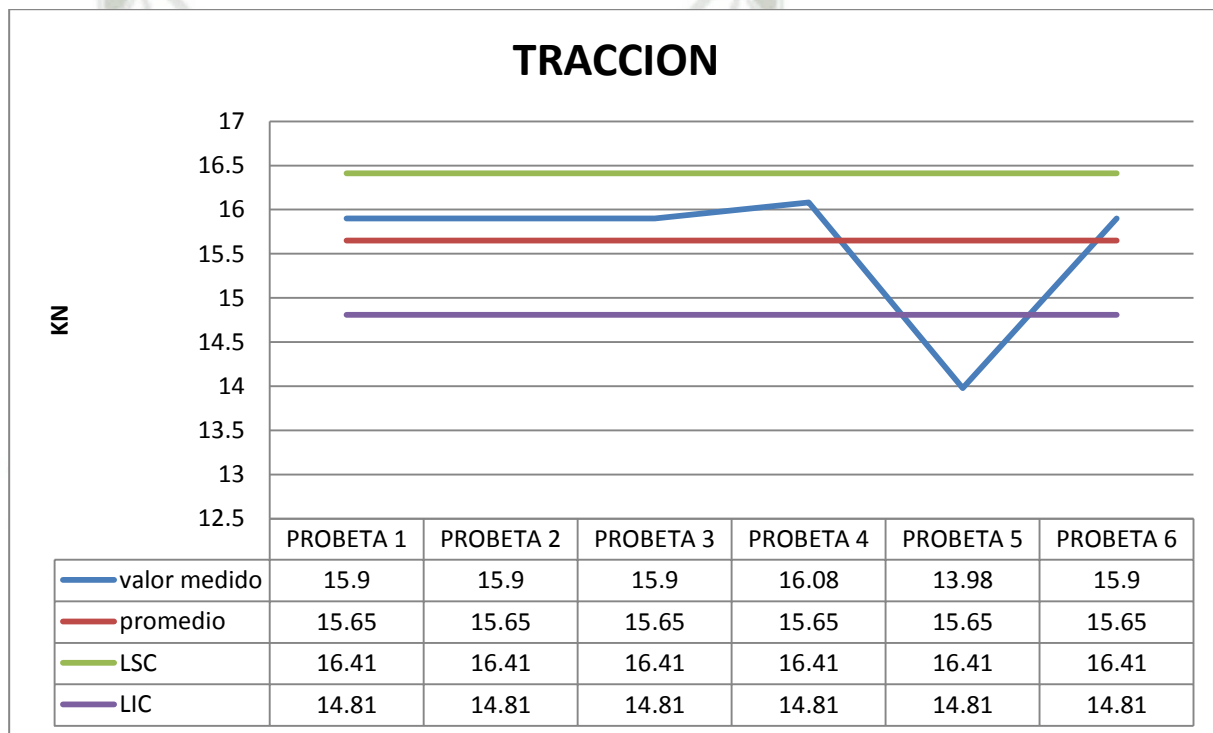
Reemplazando la Formula N°2. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{0.80}{6}$$

$$s' = 0.13$$

$$U_s = 0.13$$

Grafico N°44 TABLA DE CONTROL TRACCION DE PROBETA
ENSAYO DE TRACCION.



Fuente: Elaboración Propia Software M. Excel

4.1.2.2. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})

Reemplazando la Formula N°8. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{0.80}{\sqrt{6}}$$

$$s' = 0.33$$

$$U_{rep} = 0.33$$

4.1.2.3. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Reemplazando la Formula N°9. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U = \frac{0.3}{2}$$

$$U = 0.15 \text{ KN}$$

4.1.2.4. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (U_R)

La resolución de la máquina de tracción universal de la UCSM.

Máxima capacidad de carga: 300kN

Resolución de carga: 0.001%FN

Reemplazando la Formula N°14. Con los valores obtenidos del manual del equipo.

$$U_R = \frac{0.3}{\sqrt{12}}$$

$$U_R = 0.025 \text{ KN}$$

4.1.2.5. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)

Si en caso no se disponga de valores históricos de calibración, el numerador de la expresión anterior se puede reemplazar por el valor de exactitud en un periodo de tiempo dado por el fabricante del equipo.

Máxima capacidad de carga: 300kN

Exactitud de carga: ± 0.001 FN %

Reemplazando la Formula N°10. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U_D = \frac{|0.80 - 0.3|_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_D = 0.29 \text{ KN}$$

4.1.2.6. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA (U_i)

Reemplazando la Formula N°12. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_i = \frac{16.08 - 13.8}{\sqrt{3}}$$

$$U_i = 1.21 \text{ KN}$$

4.1.2.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE TRACCION UNIVERSAL UCSM (U_p)

TABLA N°21: RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN- TRACCION.

PROBETA	Fuerza aplicada en Probetas			rango
1	15.84	15.84	15.9	0.06
2	15.84	15.84	15.9	0.06
3	15.84	15.84	15.9	0.06
4	16.02	16.02	16.08	0.06
5	13.92	13.92	13.98	0.06
6	15.84	15.84	15.9	0.06

Fuente: Resultados del software de ensayo de tracción

Reemplazando la Formula N°27. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_p = \frac{0.06}{\sqrt{3}}$$

$$U_p = 0.03 \text{ KN}$$

4.1.2.8. INCERTIDUMBRE COMBINADA

Ahora con todas las contribuciones de incertidumbre tendríamos lo siguiente:

Reemplazando la Formula N°28. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_T = \sqrt{0.13^2 + 0.33^2 + 0.15^2 + 0.025^2 + 0.29^2 + 1.21^2 + 0.03^2}$$

$$U_T = 1.3 \text{ KN}$$

4.1.2.9. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Usando un nivel de confianza 95% con factor de cobertura $k=2$ (Tabla N°2).

Reemplazando la formula N°7

$$U = 2(1.3\text{KN})$$

$$U = 2.6 \text{ KN}$$



4.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO CHARPY

Toma de medidas promedio de probetas ensayo Charpy:

TABLA N°22: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 1.

PROBETA 1			
Valor promedio	largo	54.88	mm
Valor promedio	lado 1	10.03	mm
Valor promedio	lado 2	10.03	mm
Valor promedio	peso	42.45	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°23: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 2.

PROBETA 2			
Valor promedio	largo	54.71	mm
Valor promedio	lado 1	10.01	mm
Valor promedio	lado 2	10.02	mm
Valor promedio	peso	42.11	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°24: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 3.

PROBETA 3			
Valor promedio	largo	54.93	mm
Valor promedio	lado 1	10.03	mm
Valor promedio	lado 2	10.04	mm
Valor promedio	peso	42.41	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°25: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 4.

PROBETA 4			
Valor promedio	largo	54.98	mm
Valor promedio	lado 1	10.04	mm
Valor promedio	lado 2	10.04	mm
Valor promedio	peso	42.4	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°26: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 5.

PROBETA 5			
Valor promedio	largo	54.99	mm
Valor promedio	lado 1	10.04	mm
Valor promedio	lado 2	10.04	mm
Valor promedio	peso	42.49	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°27: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 6.

PROBETA 6			
Valor promedio	largo	54.48	mm
Valor promedio	lado 1	10.06	mm
Valor promedio	lado 2	10.05	mm
Valor promedio	peso	42.11	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°28: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 7.

PROBETA 7			
Valor promedio	largo	54.99	mm
Valor promedio	lado 1	10.02	mm
Valor promedio	lado 2	10.06	mm
Valor promedio	peso	42.32	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°29: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 8.

PROBETA 8			
Valor promedio	largo	54.86	mm
Valor promedio	lado 1	10	mm
Valor promedio	lado 2	10	mm
Valor promedio	peso	42.35	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°30: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 9.

PROBETA 9			
Valor promedio	largo	55.01	mm
Valor promedio	lado 1	10.03	mm
Valor promedio	lado 2	10.07	mm
Valor promedio	peso	42.4	gr

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°31: VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA 10.

PROBETA 10			
Valor promedio	largo	55.06	mm
Valor promedio	lado 1	10.02	mm
Valor promedio	lado 2	10.03	mm
Valor promedio	peso	42.49	gr

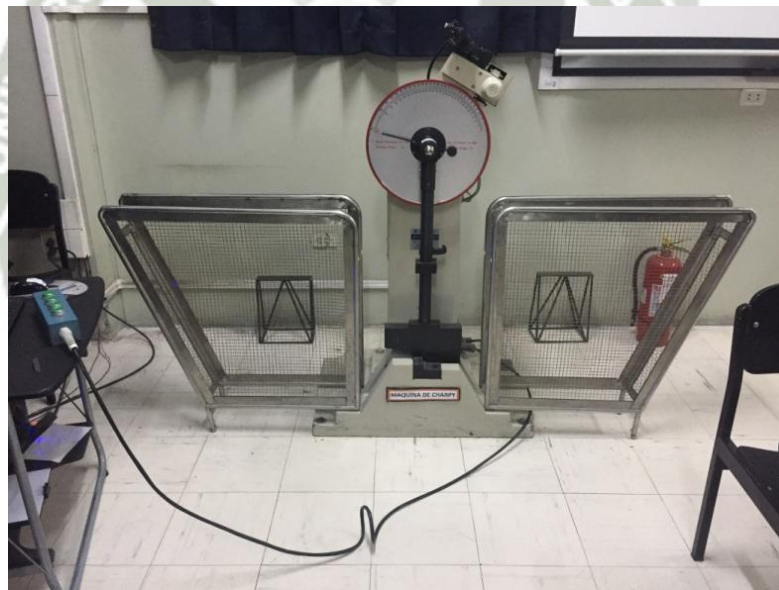
Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°45: PROBETAS NORMADAS ENSAYO CHARPY.



Fuente: Elaboración Propia

Grafico N°46: ENSAYO DE PROBETA CHARPY UCSM.



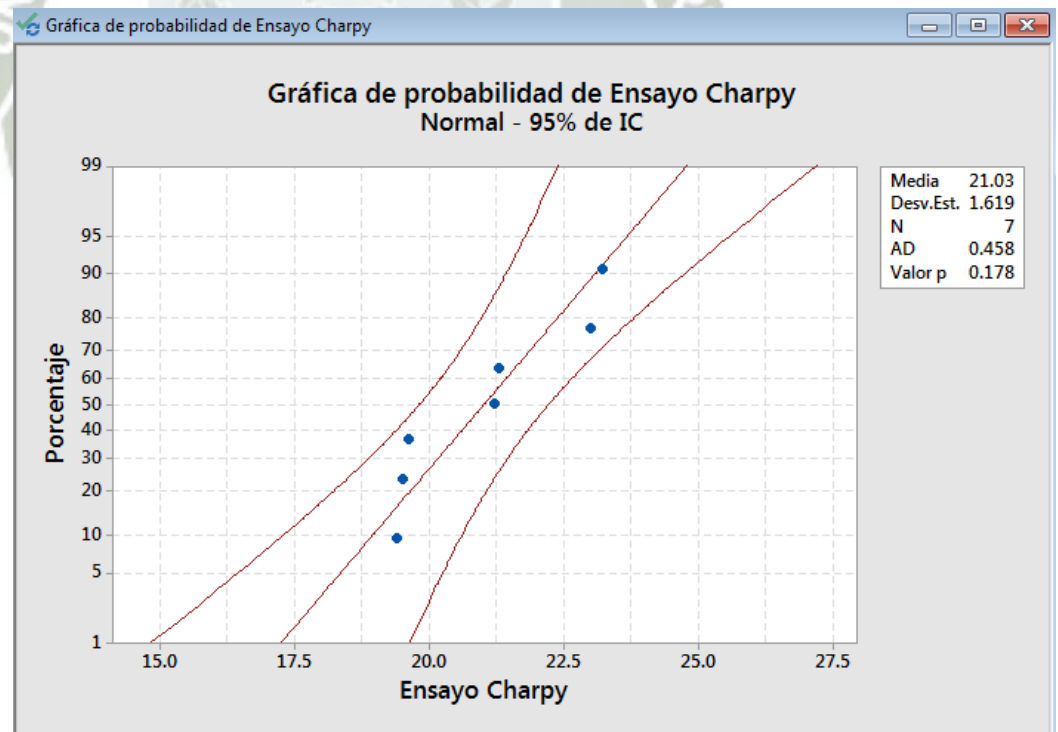
Fuente: Elaboración Propia

Grafico N°47: PROBETA CHARPY LUEGO DE ENSAYO.



Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°48: GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% ENSAYO CHARPY.



Fuente: Elaboración Propia Software Minitab

4.2.1. CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TIPO “A”

TABLA N°32: ENERGIA DE IMPACTO ENSAYO CHARPY.

PROBETAS	EI
1	21.2 J
2	19.4 J
3	23.2 J
4	21.3 J
5	23.0 J
6	19.6 J
7	19.5 J

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°33: DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE VALORES MEDIDOS CHARPY.

MEDICION	x_i	\bar{X}	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$
1	21.2	21.03	0.17	0.0289
2	19.4	21.03	-1.63	2.6569
3	23.2	21.03	2.17	4.7089
4	21.3	21.03	0.27	0.0729
5	23	21.03	1.97	3.8809
6	19.6	21.03	-1.43	2.0449
7	19.5	21.03	-1.53	2.3409

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°1. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s = \sqrt{\frac{15.73}{7-1}}$$

$$s = 1.62$$

$$s' = \frac{s}{n}$$

$$s' = \frac{1.62}{7}$$

$$s' = 0.23$$

$$U_s = 0.23 J$$

4.2.2. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})

Reemplazando la Formula N°8. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{1.62}{\sqrt{7}}$$

$$U_{rep} = 0.61 J$$

4.2.3. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Reemplazando la Formula N°9. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U = \frac{1}{2}$$

$$U = 0.5 J$$

4.2.4. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (U_R)

La resolución del equipo de impacto UCSM.

Capacidad máxima de energía: 150J/300J

Mínimo de resolución de energía de impacto: 2/1J

Reemplazando la Formula N°14. Con los valores obtenidos del manual del equipo.

$$U_R = \frac{1}{\sqrt{12}}$$

$$U_R = 0.28 J$$

Resolución de Magnitud: 0.28 J

4.2.5. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)

Si en caso no se disponga de valores históricos de calibración, el numerador de la expresión anterior se puede reemplazar por el valor de exactitud en un periodo de tiempo dado por el fabricante del equipo.

Máxima capacidad de energía: 300 J

Capacidad máxima de energía: 150J/300J

Mínimo de resolución de energía de impacto: 2/1J

Reemplazando la Formula N°10. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U_D = \frac{|1.62 - 1|_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_D = 0.36 J$$

4.2.6. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA (U_i)

Reemplazando la Formula N°12. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_I = \frac{23.2 - 19.4}{\sqrt{3}}$$

$$U_I = 2.19 J$$

4.2.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE IMPACTO UCSM (U_p)

Los rangos son los siguientes:

TABLA N°34: RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE
IMPACTO CHARPY.

Item	Valores de Equipo de Impacto							Rango
Probetas	21.2	19.4	23.2	21.3	23.0	19.6	19.5	3.8

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°27. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_p = \frac{3.8}{\sqrt{3}}$$

$$U_p = 2.19 J$$

4.2.8. INCERTIDUMBRE COMBINADA

Ahora con todas las contribuciones de incertidumbre tendríamos lo siguiente:

Reemplazando la Formula N°28. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_T = \sqrt{0.23^2 + 0.61^2 + 0.5^2 + 0.28^2 + 0.36^2 + 2.19^2 + 2.19^2}$$

$$U_T = 3.24 J$$

4.2.9. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Usando un nivel de confianza 95% con factor de cobertura $k=2$ (Tabla N°2).

Reemplazando la formula N°7

$$U = 2(3.24J)$$

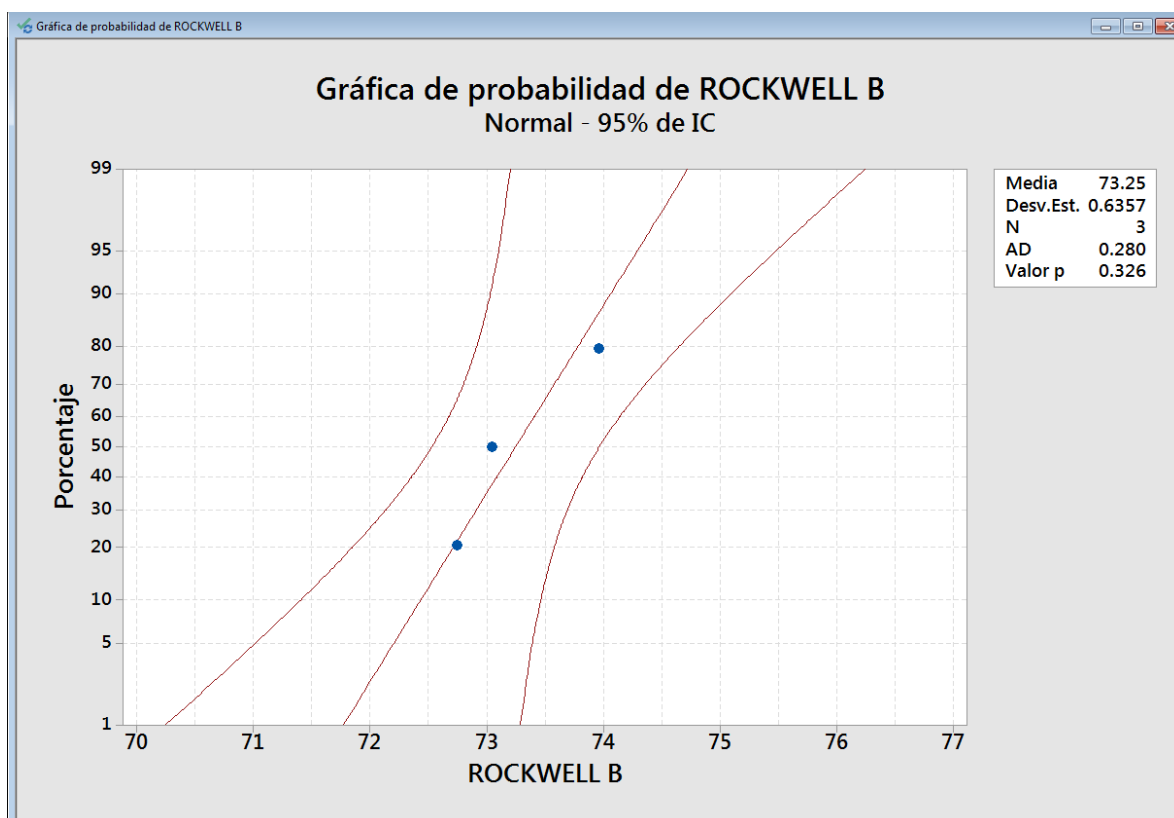
$$U = 6.48 J$$



4.3. PRUEBAS EXPERIMENTALES ENSAYO DE DUREZA

En base a las tablas N°7,8 y 9. Se efectúa el gráfico N°55.

Gráfico N°49: GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% ENSAYO DUREZA
ROCKWELL B.



Fuente: Elaboración Propia Software Minitab

4.3.1. CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE TIPO “A”

TABLA N°35: RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL.

PROBETAS	Rockwell B
1	73.96
2	72.74
3	73.94

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°36: DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE VALORES MEDIDOS DUREZA.

MEDICION	x_i	\bar{X}	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$
1	73.96	73.55	0.41	0.17
2	72.74	73.55	-0.81	0.65
3	73.94	73.55	0.39	0.15

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°1. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s = \sqrt{\frac{0.98}{3 - 1}}$$

$$s = 0.70$$

$$s' = \frac{s}{n}$$

$$s' = \frac{0.70}{3}$$

$$s' = 0.23$$

$$U_s = 0.23 \text{ HRB}$$

4.3.2. INCERTIDUMBRE DE REPETITIVIDAD (U_{rep})

Reemplazando la Formula N°8. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$s' = \frac{1.22}{\sqrt{3}}$$

$$s' = 0.70$$

$$U_{rep} = 0.70 \text{ HRB}$$

4.3.3. INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Reemplazando la Formula N°9. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U = \frac{2}{2}$$

$$U = 1 \text{ HRB}$$

4.3.4. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA RESOLUCIÓN (U_R)

La resolución del equipo de dureza UCSM.

Valor máximo de tolerancia (HRB 100): $\pm 2\text{HRB}$

Reemplazando la Formula N°14. Con los valores obtenidos del manual del equipo.

$$U_R = \frac{2}{\sqrt{12}}$$

$$U_R = 0.57$$

Resolución de Magnitud: 0.57 HRB

4.3.5. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA EXACTITUD O A LA DERIVA (U_D)

Si en caso no se disponga de valores históricos de calibración, el numerador de la expresión anterior se puede reemplazar por el valor de exactitud en un periodo de tiempo dado por el fabricante del equipo.

Reemplazando la Formula N°10. Con los valores obtenidos de manual de equipo.

$$U_D = \frac{|1.22 - 2|_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_D = \frac{|-0.78|_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$U_D = 0.45 HRB$$

4.3.6. INCERTIDUMBRE DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA (U_i)

Reemplazando la Formula N°12. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_i = \frac{74.4 - 72}{\sqrt{3}}$$

$$U_i = 1.39 HRB$$

4.3.7. INCERTIDUMBRE DEBIDO AL PROCESO DE MEDIDA EQUIPO DE IMPACTO UCSM (U_p)

De la tabla N°37

Los rangos son los siguientes:

TABLA N°37: RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE DUREZA.

Probetas	Valores de Equipo de Dureza					Rango
1	74.4	73.8	73.8	73.4	74.4	1
2	72.1	73.8	72	73.5	72.4	1.8
3	72.1	71.7	74.1	74.2	73.1	2.5

Fuente: Elaboración propia del Autor

Reemplazando la Formula N°27. Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_p = \frac{2.5}{\sqrt{3}}$$

$$U_p = 1.44 \text{ HRB}$$

4.3.8. INCERTIDUMBRE COMBINADA

Ahora con todas las contribuciones de incertidumbre tendríamos lo siguiente:

Reemplazando la Formula N°28.

Con los valores obtenidos por la experimentación.

$$U_T = \sqrt{0.23^2 + 0.70^2 + 1^2 + 0.57^2 + 0.45^2 + 1.39^2 + 1.44^2}$$

$$U_T = 2.46 \text{ HRB}$$

4.3.9. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Usando un nivel de confianza 95% con factor de cobertura $k=2$ (Tabla N°2).

Reemplazando la formula N°7

$$U = 2(2.46 \text{ HRB})$$

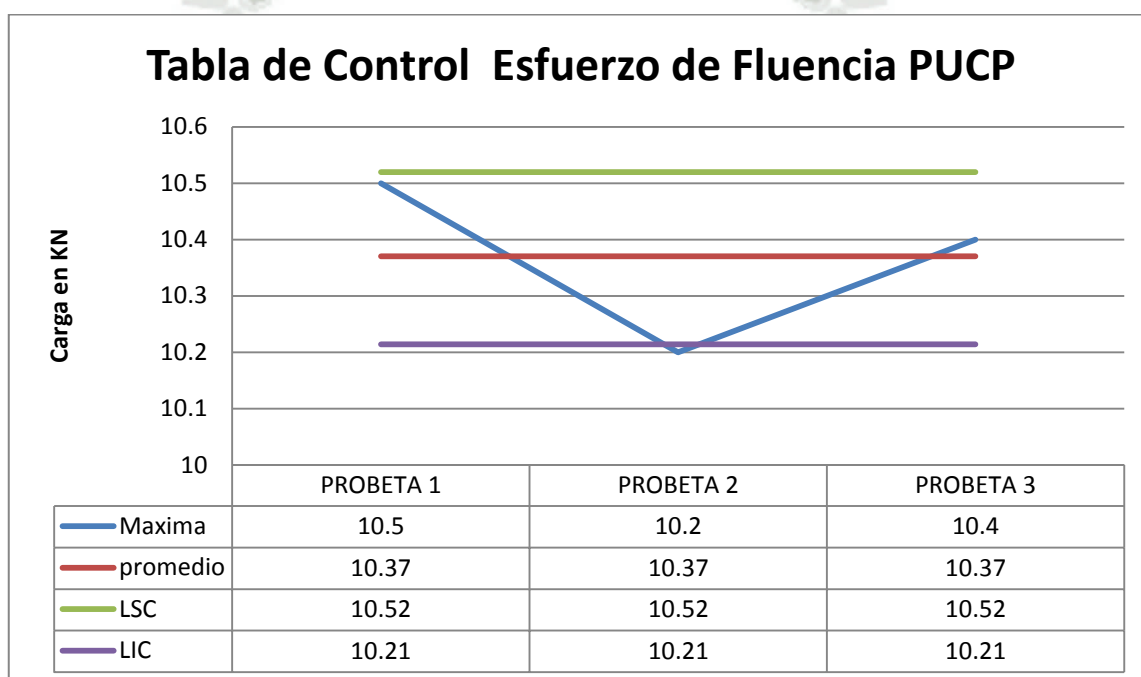
$$U = 4.92 \text{ HRB}$$



CAPITULO V: DISCUSION Y ANALISIS

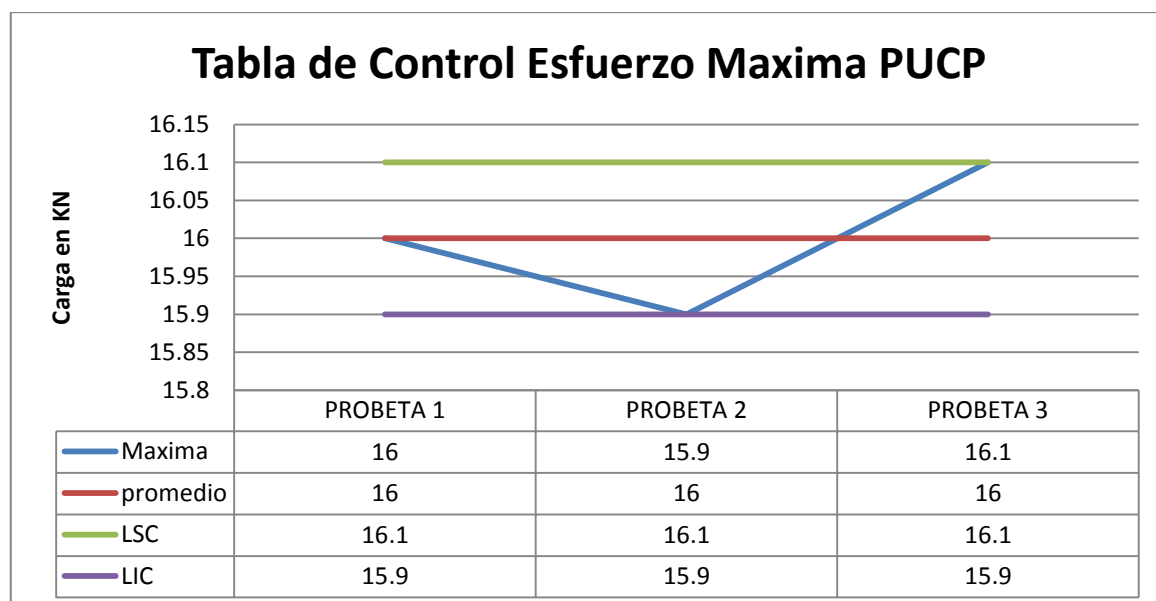
TABLAS DE CONTROL

Grafico N°50: TABLA DE CONTROL FLUENCIA DE PROBETA ENSAYO DE TRACCION PUCP.



Fuente: Elaboración Propia Software M. Excel

Grafico N°51: TABLA DE CONTROL TRACCION DE PROBETA ENSAYO DE TRACCION PUCP.



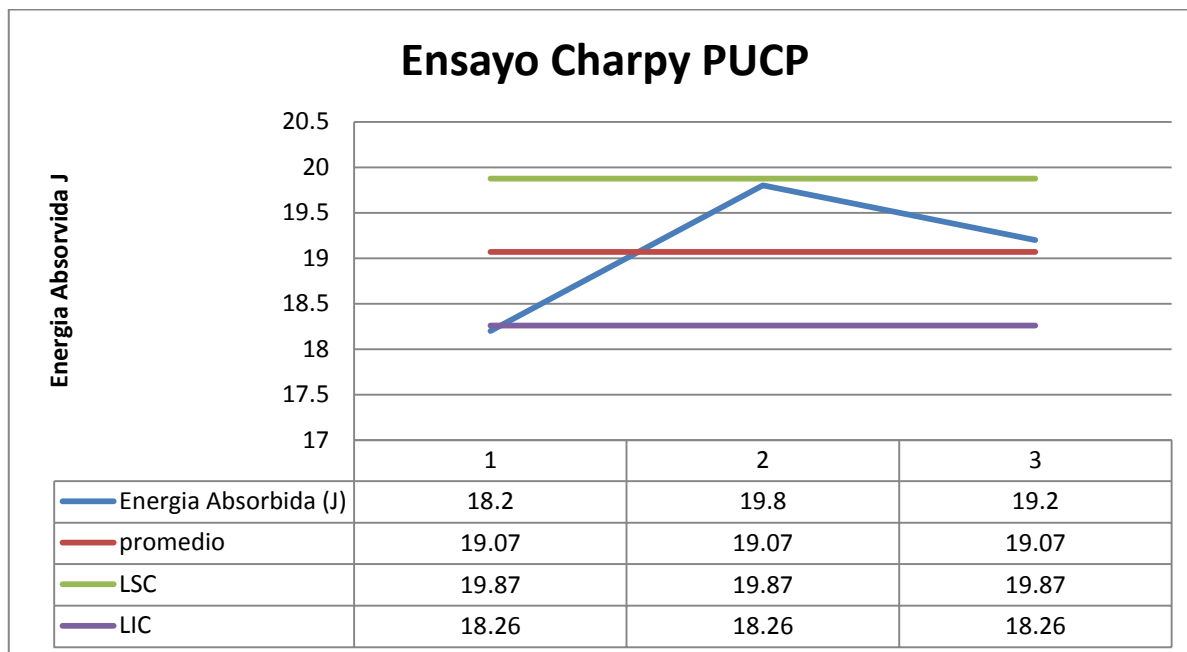
Fuente: Elaboración Propia Software M. Excel

TABLA N°38: COMPARACION DE VALORES ENTRE EQUIPOS TRACCION.

INCERTIDUMBRE EQUIPO DE TRACCION			
	UCSM	PUCP	VARIACION
ESFUERZO DE FLUENCIA	9.87	10.37	0.5 KN
ESFUERZO MAXIMO	15.65	16	0.35 KN

Fuente: Elaboración propia del Autor

Grafico N°52: TABLA DE CONTROL ENSAYO CHARPY PUCP.



Fuente: Elaboración Propia Software M. Excel

TABLA N°39: COMPARACION DE VALORES ENTRE EQUIPOS DE IMPACTO CHARPY.

INCERTIDUMBRE EQUIPO DE IMPACTO CHARPY			
	UCSM	PUCP	VARIACION
ENERGIA ABSORBIDA	21.03	19.07	1.96 J

Fuente: Elaboración propia del Autor

CONCLUSIONES

1. Los valores mostrados en las siguientes tablas expresan el estado actual a la fecha 24/04/2017. Se evidencia las incertidumbres totales de los equipos del Laboratorio de Materiales UCSM.

TABLA N°40: INCERTIDUMBRE EQUIPO DE TRACCION UCSM.

EQUIPO UCSM DE TRACCION O UNIVERSAL (WDW-300E)	
ESFUERZO DE FLUENCIA	
	MAGNITUD Y UNIDAD
INCERTIDUMBRE TOTAL	$\pm 4 \text{ KN}$
ESFUERZO MAXIMO	
INCERTIDUMBRE TOTAL	$\pm 2.6 \text{ KN}$

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°41: INCERTIDUMBRE EQUIPO DE IMPACTO CHARPY UCSM.

EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY (JB-W300a)	
	MAGNITUD Y UNIDAD
INCERTIDUMBRE TOTAL	$\pm 6.48 \text{ J}$

Fuente: Elaboración propia del Autor

TABLA N°42: INCERTIDUMBRE EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL UCSM.

EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL (HRS-150 DIGITAL ROCKWELL HARDNESS TESTER)	
	MAGNITUD Y UNIDAD
INCERTIDUMBRE TOTAL	± 4.92 HRB

Fuente: Elaboración propia del Autor

- Los valores obtenidos pueden obtener la certificación de acreditación, la institución certificadora acredita la incertidumbre, solo si esta es indicada en los reportes expedidos.
- Las probetas cumplen con las tolerancias de fabricación del material utilizado.

CARGA	KN	AREA TRANSVERSAL (mm²)	RESULTADO DE VALOR ENSAYADO (MPa)	VALOR DE DISEÑO HOJA DE FABRICANTE (MPa)
FLUENCIA	9.87	32.62	329.81	250
ESFUERZO MAXIMO	15.65	32.62	479.26	400 – 550

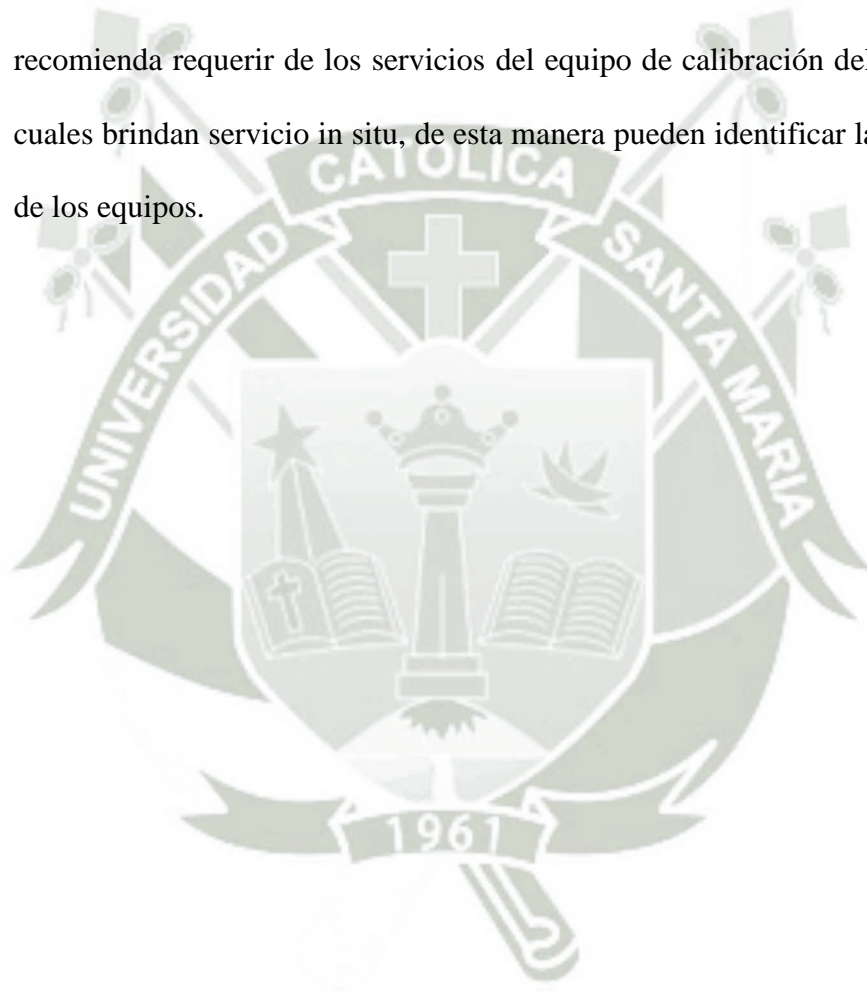
- Todos los equipos pueden certificar calidad con los valores obtenidos. Pero se pueden hacer los siguientes planes de acción como opciones de mejora:

- Implementar manual de operaciones de los equipos analizados, se identificarán riesgos y peligros.
- Establecer cronograma de calibración anual de los equipos en base a ISO17025.
- Desarrollar una base de datos de los servicios realizados internos y externos.



RECOMENDACIONES

1. La UCSM puede tomar como modelo para la presentación de informes el reporte expedido por PUCP adjunto en (anexo N°2).
2. Realizar calibración de los equipos analizados puesto que se tienen equipos que no se calibraron, equipo de Tracción universal y equipo de impacto Charpy.
3. Para enfocar el camino a la acreditación del laboratorio de materiales se recomienda requerir de los servicios del equipo de calibración del INACAL los cuales brindan servicio in situ, de esta manera pueden identificar las condiciones de los equipos.



BIBLIOGRAFIA

- Instruction manual for materials testing machines T1-FR005TN.A50
- WOLFGANG A. SCHMID Y RUBEN J. LAZOS (2000). Guía para estimar la incertidumbre de la medición.
- INACAL. Reglamento para la Acreditación de Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC) – SNA-acr-01R. 2015
- Directriz para la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración. SNA.acre-06D. 2011
- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGIA (2011). Recomendaciones del centro español de metrología para la enseñanza y utilización de conceptos metrológicos y del sistema internacional de medida.
- ASTM E-18 – 03 (2003). Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E-23 – 07 (2007). Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.
- ASTM a-370 – 03 (2003). Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
- ISO/IEC 17025 (2005) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, segunda edición.
- HIGINO RUBIO ALONSO. La incertidumbre en las medidas, diseño mecánico.
- SANCHEZ GAVIDIA, MANUEL (2010). Incertidumbre de los resultados medidos en el ensayo de tracción, obtenidos en las maquinas del laboratorio de materiales de Ing. Mecánica PUCP.

- Ed. PRENTICE HALL CUARTA EDICION (1998). Introducción a la ciencia de Materiales para Ingenieros.
- HECTOR GONZALES MUÑOZ (2001). Incertidumbre en la calibración de calibradores tipo vernier.
- ASKELAND, DONALD (2003) Ciencia e Ingeniería de los materiales. International Thomson. México
- HERNAN RUIZ, DIEGO (2006) Fundamentos y ensayos en Materiales Metálicos. Instituto Nacional de Tecnología. Argentina
- Y. ORTEGA (2006) Prueba de Impacto: Ensayo Charpy. Revista Mexicana de Física
- ACCO GARCIA, STEVE (2014) Cuantificación de incertidumbre en mediciones analíticas. INDECOPI
- EXPRESION DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA EN LAS CALIBRACIONES (1998)- CEA-ENAC-LC/02

INDICE DE TABLAS

- **TABLA N°1:** ENTIDADES CERTIFICADAS POR INDECOPI.
- **TABLA N°2:** FACTORES DE SEGURIDAD K PARA DIFERENTES GRADOS DE LIBERTAD VEF.
- **TABLA N°3:** RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN – FLUENCIA.
- **TABLA N°4:** RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN – TRACCIÓN.
- **TABLA N°5:** LONGITUD ENTRE LAS MARCAS G EXPERIMENTAL.
- **TABLA N°6:** VALORES MEDIDOS ENSAYO CHARPY.
- **TABLA N°7:** VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 1.
- **TABLA N°8:** VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 2.
- **TABLA N°9:** VALORES MEDIDOS ENSAYO ROCKWELL PROBETA 3.
- **TABLA N°10:** VALORES MEDIDOS PROBETA TRACCIÓN – DIÁMETRO.
- **TABLA N°11:** VALORES MEDIDOS PROBETA TRACCIÓN – LONGITUD G.
- **TABLA N°12:** ÁREA TRANSVERSAL DE PROBETAS TRACCIÓN.
- **TABLA N°13:** TABLA VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN UCSM – FLUENCIA.

- **TABLA N°14:** TABLA VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN UCSM – TRACCIÓN.
- **TABLA N°15:** VALORES INICIALES DE LONGITUD G PROBETAS TRACCIÓN.
- **TABLA N°16:** VALORES FINALES DE LONGITUD G PROBETAS TRACCIÓN.
- **TABLA N°17:** VALORES PROMEDIO PROBETAS UCSM.
- **TABLA N°18:** DESVIACIÓN STANDARD DE VALORES DE FLUENCIA.
- **TABLA N°19:** RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN – FLUENCIA.
- **TABLA N°20:** DESVIACION ESTÁNDAR DE VALORES DE TRACCION.
- **TABLA N°21:** RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE TRACCIÓN- TRACCION.
- **TABLA N°22:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
1.
- **TABLA N°23:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
2.
- **TABLA N°24:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
3.
- **TABLA N°25:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
4.

- **TABLA N°26:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
5.
- **TABLA N°27:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
6.
- **TABLA N°28:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
7.
- **TABLA N°29:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
8.
- **TABLA N°30:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
9.
- **TABLA N°31:** VALORES DIMENSIONALES Y PESO DE PROBETA
10.
- **TABLA N°32:** ENERGIA DE IMPACTO ENSAYO CHARPY.
- **TABLA N°33:** DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE VALORES MEDIDOS
CHARPY.
- **TABLA N°34:** RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE
IMPACTO CHARPY.
- **TABLA N°35:** RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE
DUREZA ROCKWELL.
- **TABLA N°36:** DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE VALORES MEDIDOS
DUREZA.
- **TABLA N°37:** RANGO DE VALORES MEDIDOS EN EQUIPO DE
DUREZA.

- **TABLA N°38:** COMPARACION DE VALORES ENTRE EQUIPOS TRACCION.
- **TABLA N°39:** COMPARACION DE VALORES ENTRE EQUIPOS DE IMPACTO CHARPY.
- **TABLA N°40:** INCERTIDUMBRE EQUIPO DE TRACCION UCSM.
- **TABLA N°41:** INCERTIDUMBRE EQUIPO DE IMPACTO CHARPY UCSM.
- **TABLA N°42:** INCERTIDUMBRE EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL UCSM.

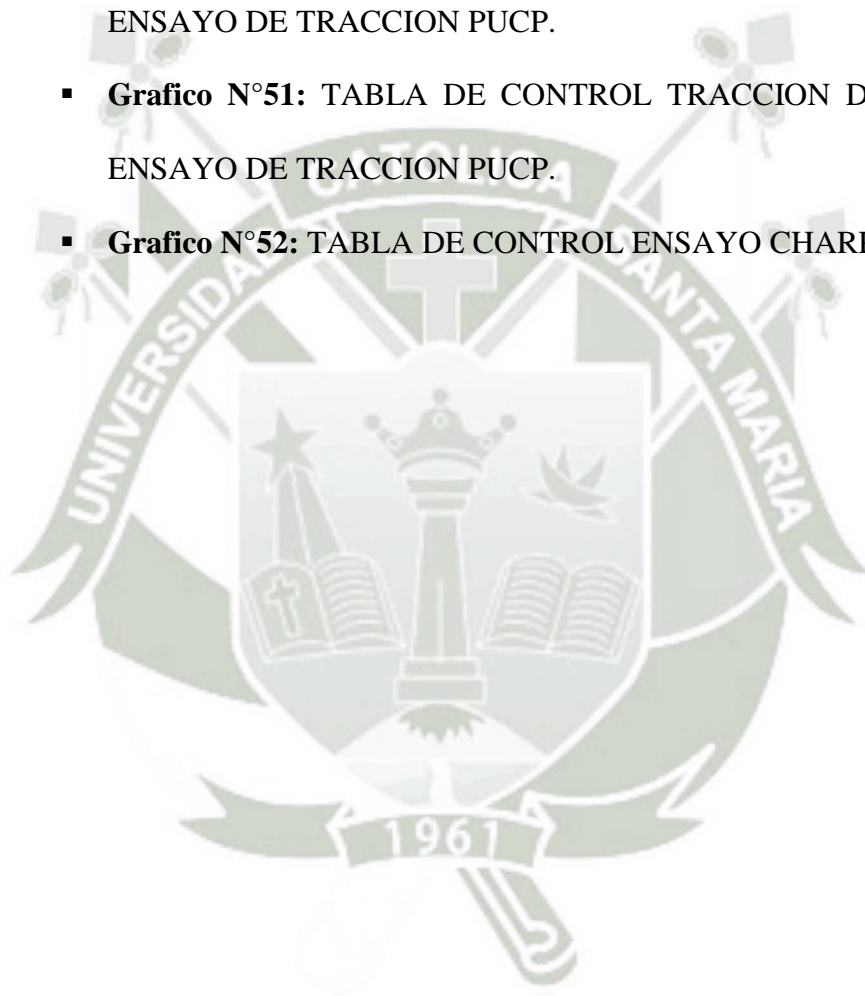
INDICE DE GRAFICOS

- **Grafico N°1:** DIAGRAMA PROCESO DE ACREDITACIÓN.
- **Grafico N°2:** EQUIPO DE TRACCIÓN WDW-300E.
- **Grafico N°3:** EQUIPO DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY JB-W300A.
- **Grafico N°4:** EQUIPO DE DUREZA ROCKWELL HRS-150.
- **Grafico N°5:** EQUIPO DE TRACCION UNIVERSAL ZWICK/ROELL Z250.
- **Grafico N°6:** EQUIPO DE TRACCION UNIVERSAL ZWICK/ROELL Z250.
- **Grafico N°7:** EQUIPO DE ENSAYO CHARPY ZWICK/ROELL RKP 450 HAMMER.
- **Grafico N°8:** ESQUEMA DE MAQUINA UNIVERSAL.
- **Grafico N°9:** DIAGRAMA DE TRACCION PARA UN ACERO

- **Grafico N°10:** TENSION DE ROTURA CONVENCIONAL
- **Grafico N°11:** TIPOS DE FRACTURAS.
- **Grafico N°12:** ZONA DE COMPORTAMIENTO PLASTICO.
- **Grafico N°13:** ESQUEMA DE EQUIPO DE IMPACTO.
- **Grafico N°14:** PROBETAS PARA ENSAYO CHARPY.
- **Grafico N°15:** EXPANSION LATERAL.
- **Grafico N°16:** ESQUEMA DE UNA FRACTURA.
- **Grafico N°17:** ENERGIA ABSORBIDA VS TEMPERATURA DE ENSAYO.
- **Grafico N°18:** ETAPAS DE ENSAYO ROCKWELL.
- **Grafico N°19:** CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ESCALAS ROCKWELL.
- **Grafico N°20:** SELECCIÓN DE CARACTERISTICAS DE PROBETA.
- **Grafico N°21:** PROBETAS MAQUINADAS.
- **Grafico N°22:** RESULTADO ENSAYO TRACCION.
- **Grafico N°23:** RESULTADO ENSAYO TRACCION.
- **Grafico N°24:** DISPLAY PREVIO A ENSAYO CHARPY.
- **Grafico N°25:** DISPLAY DESPUES DE ENSAYO CHARPY.
- **Grafico N°26:** PROBETAS ELABORADAS PARA ENSAYO DE DUREZA.
- **Grafico N°27:** TABLA DE DESIGNACION DE VALORES ENSAYO DE DUREZA.
- **Grafico N°28:** ENSAYO DE DUREZA UCSM.

- **Grafico N°29:** DISPLAY EQUIPO DURANTE ENSAYO DE DUREZA UCSM.
- **Grafico N°30:** PROBETAS LUEGO DE ENSAYO DE DUREZA.
- **Grafico N°31:** TOMA DE MEDIDAS PROBETA DE TRACCION.
- **Grafico N°32:** DURANTE ENSAYO DE TRACCION
- **Grafico N°33:** TOMA DE MEDIDAS LUEGO DE ENSAYO.
- **Grafico N°34:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 1.
- **Grafico N°35:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 2.
- **Grafico N°36:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 3.
- **Grafico N°37:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 4.
- **Grafico N°38:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 5.
- **Grafico N°39:** GRAFICA DE COMPORTAMIENTO PROBETA 6.
- **Grafico N°40:** GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% LIMITE DE FLUENCIA.
- **Grafico N°41:** GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% TRACCION DE PROBETA.
- **Grafico N°42:** GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% DEFORMACION PLASTICA.
- **Grafico N°43:** TABLA DE CONTROL FLUENCIA ENSAYO DE TRACCION.
- **Grafico N°44:** TABLA DE CONTROL TRACCION DE PROBETA ENSAYO DE TRACCION.
- **Grafico N°45:** PROBETAS NORMADAS ENSAYO CHARPY.
- **Grafico N°46:** ENSAYO DE PROBETA CHARPY UCSM.

- **Grafico N°47:** PROBETA CHARPY LUEGO DE ENSAYO.
- **Grafico N°48:** GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% ENSAYO CHARPY.
- **Grafico N°49:** GRAFICA DE PROBABILIDAD AL 95% ENSAYO DUREZA ROCKWELL B.
- **Grafico N°50:** TABLA DE CONTROL FLUENCIA DE PROBETA ENSAYO DE TRACCION PUCP.
- **Grafico N°51:** TABLA DE CONTROL TRACCION DE PROBETA ENSAYO DE TRACCION PUCP.
- **Grafico N°52:** TABLA DE CONTROL ENSAYO CHARPY PUCP.




INDICE DE ANEXOS

- **ANEXO N°1:** RESOLUCION DE CENTRO DE SERVICIOS Y BIENES UCSM
- **ANEXO N°2:** INFORME DE ENSAYOS TRACCION Y CHARPY PUCP
- **ANEXO N°3:** MANUAL DE OPERACIÓN EQUIPO DE TRACCION UCSM
- **ANEXO N°4:** MANUAL DE OPERACIÓN EQUIPO DE DUREZA UCSM
- **ANEXO N°5:** CONSTANCIA DE SERVICIO UCSM ENSAYOS.
- **ANEXO N°6:** NORMA ASTM A 370.
- **ANEXO N°7:** NORMA ASTM E 23 Y E18.
- **ANEXO N°8:** FICHA TECNICA ACERO A 36.
- **ANEXO N°9:** DOCUMENTACION INACAL.

ANEXOS

ANEXO N°1: RESOLUCION DE CENTRO DE SERVICIOS Y BIENES UCSM



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12 JUL 2016

Escuela Profesional de Ingenierías Físicas y Formales

12.34

"IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA"
(En la ciencia y en la fe estará nuestra fuerza)

SE CREA EL CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES.-

RESOLUCION No. 6076 - CU-2016

Arequipa, 2016 julio 04

Visto el Oficio No. 133-FCIFF-2016 mediante el cual el Sr. Decano de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales solicita se apruebe la Creación del Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Facultad en mención, para lo cual adjunta el proyecto respectivo;

CONSIDERANDO:

Que, según el Art. 14, literal a) del Estatuto de la Universidad, en cada Facultad se organizará un Centro de Producción de Bienes y Servicios;

Que, el Art. 27 de la indicada norma estatutaria establece que los Centros de Producción y Servicios son los encargados de programar, promover, desarrollar y evaluar las actividades compatibles con sus fines de docencia-servicio;

Que, el proyecto presentado tiene como objetivo brindar servicios y consultorías del Laboratorio de Ensayo de Materiales para fines de investigación y de servicio para las empresas de la Región Arequipa, encontrándose en consecuencia dentro de los alcances de la normatividad antes indicada, contando además con los dictámenes favorables de las Oficinas de Presupuesto y Finanzas y de Planeamiento y Desarrollo, por lo que debe procederse a la aprobación de la creación del Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales;

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario en su sesión de fecha 28-06-2016; y

De conformidad con lo dispuesto por el Art. 89, inc. b) el Estatuto de la UCSM;

SE RESUELVE:

PRIMERO

Aprobar la creación del Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, según el proyecto que forma parte de esta Resolución.

SEGUNDO

El Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales referido en el numeral anterior, se regirá por las disposiciones legales, estatutarias y reglamentarias vigentes en la Universidad.

./.







Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

RESOLUCION No. 6076 -CU-2016

- 2



TERCERO

Los Vice Rectorados Académico, de Investigación y Administrativo y la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, se encargarán del cumplimiento e implementación de la presente.

Regístrese y comuníquese.



DR. MANUEL ALBERTO ERICENO ORTEGA
RECTOR
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONSIDERANDO:

RESOLUCION No. 9039 -CU-2016

ENCUADRO DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES:
INGENIERIA MECANICA MECANICA-ESPECIALIZADA A MECANICA DE TV
CYROKALONTO DE EMPAÑO DE MUEBLES DE TV ESPECIALIZACION DE
DE CHEV Y SEMIBO DE PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS DEL

ANEXO N°2: INFORME DE ENSAYOS TRACCION Y CHARPY PUCP

	<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</p>	<p>LABORATORIO DE MATERIALES CITEmateriales</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027</p>	
<p>CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025</p>			

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0246-1A/2017

Número de Páginas : 3

Solicitado por : ARNALDO PERCY ROCA RADO

Dirección : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.

Fecha de Emisión : 2017.03.16.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo** : Tracción
- **Norma de Ensayo** : ASTM A370-15.
- **Fecha de Ejecución** : 2017.03.14.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (26,2°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.

Av. Universitaria 1801 – San Miguel.
Lima – Perú
<http://www.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 – Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	<p>LABORATORIO DE MATERIALES CITE Materiales</p>	<p>INACAL 26. Perú Organismo de Acreditación</p> <p>Registro N.º 127</p>
<p>CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025</p>		

MAT-MAR-0246-1A/2017

<p>ENSAYO DE TRACCIÓN</p>		<p>MAT-Lab-4.04 Rev.6</p>																											
<p>INFORME DE LABORATORIO</p>																													
<p>Número Total de Páginas: 3</p>																													
<p>SOLICITADO POR</p>	<p>: ARNALDO PERCY ROCA RADO</p>																												
<p>DIRECCIÓN</p>	<p>: Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.</p>																												
<p>REALIZADO POR</p>	<p>: Laboratorio de Materiales - Analista 05.</p>																												
<p>MUESTRA</p>	<p>: 03 Probetas de tracción - Muestra 1</p>																												
<p>FECHA DE EMISIÓN</p>	<p>: 2017.03.16.</p>																												
<p>RESULTADOS:</p>																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">MUESTRA</th> <th>Muestra 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">SECCIÓN TRANSVERSAL</td> <td>DIÁMETRO (mm)</td> <td>6,42</td> </tr> <tr> <td>ÁREA (mm²)</td> <td>32,4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CARGAS (kN)</td> <td>FLUENCIA</td> <td>10,5</td> </tr> <tr> <td>MÁXIMA</td> <td>16,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ESFUERZOS (MPa)</td> <td>FLUENCIA</td> <td>324</td> </tr> <tr> <td>MÁXIMA</td> <td>494</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)</td> <td>25,4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)</td> <td>34,3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ALARGAMIENTO (%)</td> <td>34,9</td> </tr> </tbody> </table>			MUESTRA		Muestra 1	SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	6,42	ÁREA (mm ²)	32,4	CARGAS (kN)	FLUENCIA	10,5	MÁXIMA	16,0	ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	324	MÁXIMA	494	LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		25,4	LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		34,3	ALARGAMIENTO (%)		34,9
MUESTRA		Muestra 1																											
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	6,42																											
	ÁREA (mm ²)	32,4																											
CARGAS (kN)	FLUENCIA	10,5																											
	MÁXIMA	16,0																											
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	324																											
	MÁXIMA	494																											
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		25,4																											
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		34,3																											
ALARGAMIENTO (%)		34,9																											
<p>Fecha de ejecución : 2017.03.17.</p>																													
<p>Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)</p>																													
<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo máximo (MPa) • Esfuerzo de fluencia (MPa) • Alargamiento (%) 	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">± 2,9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">± 4,3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">± 0,5</td> </tr> </table>	± 2,9	± 4,3	± 0,5																									
± 2,9																													
± 4,3																													
± 0,5																													
<p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente . Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante. . Norma de ensayo: ASTM A370 - 15 . Temperatura de ambiente durante el ensayo: 26,2 °C 																													
<p>" Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA"</p>																													



Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria 1801 - San Miguel.
Lima - Perú
<http://www.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

LABORATORIO DE MATERIALES
CITEmateriales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

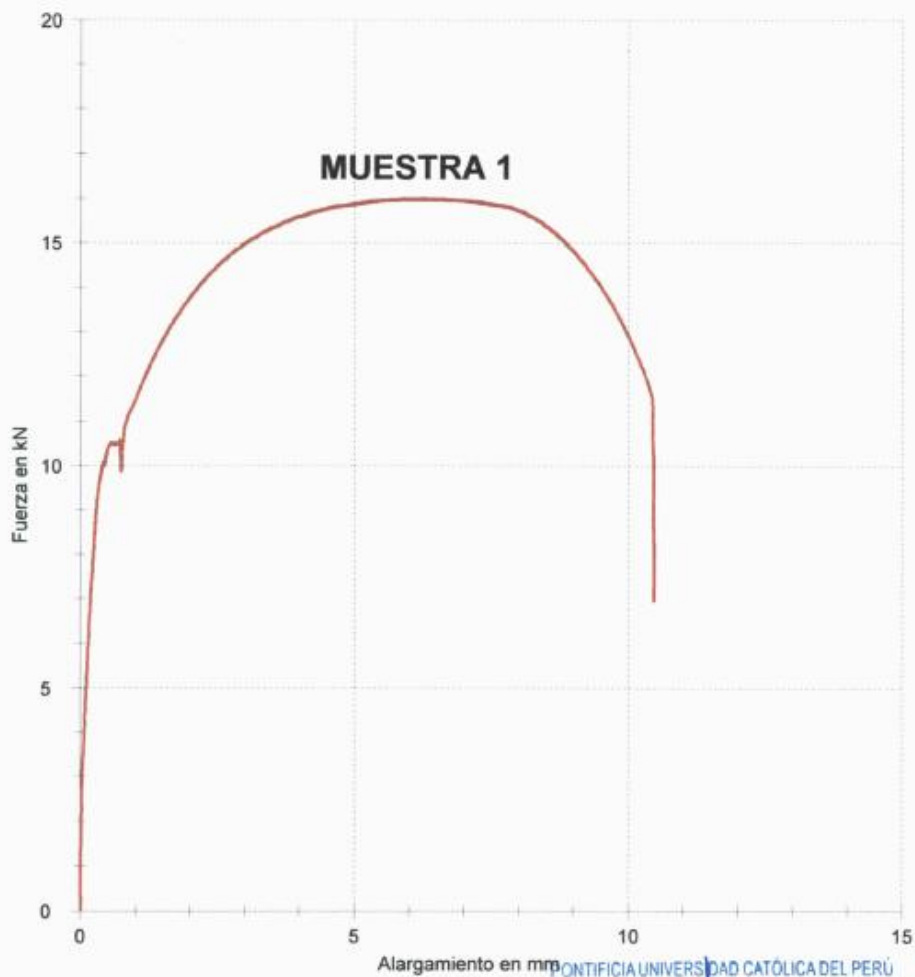
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

13.03.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0246/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



AB-22652

3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica
[Signature]
MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855



INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0246-1B/2017
Número de Páginas : 3
Solicitado por : ARNALDO PERCY ROCA RADO
Dirección : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.
Fecha de Emisión : 2017.03.16.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo** : Tracción
- **Norma de Ensayo** : ASTM A370-15.
- **Fecha de Ejecución** : 2017.03.14.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (26,2°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica


MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP.

Av. Universitaria 1801 - San Miguel.
Lima - Perú
<http://www.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales	 INACAL DA - Perú Autorización de Ejercicio A014048 <small>Registro N° EE - 027</small>
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025		

MAT-MAR-0246-1B/2017

ENSAYO DE TRACCIÓN		MAT-Lab-4.04 Rev.5																											
INFORME DE LABORATORIO																													
Número Total de Páginas: 3																													
SOLICITADO POR	: ARNALDO PERCY ROCA RADO																												
DIRECCIÓN	: Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.																												
REALIZADO POR	: Laboratorio de Materiales - Analista 05.																												
MUESTRA	: 03 Probetas de tracción - Muestra 2																												
FECHA DE EMISIÓN	: 2017.03.16.																												
RESULTADOS:																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">MUESTRA</th> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 40%;">Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">SECCIÓN TRANSVERSAL</td> <td style="text-align: center;">DIÁMETRO (mm)</td> <td style="text-align: center;">6,44</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ÁREA (mm²)</td> <td style="text-align: center;">32,6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">CARGAS (kN)</td> <td style="text-align: center;">FLUENCIA</td> <td style="text-align: center;">10,2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MÁXIMA</td> <td style="text-align: center;">15,9</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">ESFUERZOS (MPa)</td> <td style="text-align: center;">FLUENCIA</td> <td style="text-align: center;">313</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MÁXIMA</td> <td style="text-align: center;">488</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)</td> <td style="text-align: center;">25,4</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)</td> <td style="text-align: center;">34,2</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALARGAMIENTO (%)</td> <td style="text-align: center;">34,6</td> </tr> </tbody> </table>			MUESTRA		Muestra 2	SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	6,44	ÁREA (mm ²)	32,6	CARGAS (kN)	FLUENCIA	10,2	MÁXIMA	15,9	ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	313	MÁXIMA	488	LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		25,4	LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		34,2	ALARGAMIENTO (%)		34,6
MUESTRA		Muestra 2																											
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	6,44																											
	ÁREA (mm ²)	32,6																											
CARGAS (kN)	FLUENCIA	10,2																											
	MÁXIMA	15,9																											
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	313																											
	MÁXIMA	488																											
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		25,4																											
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		34,2																											
ALARGAMIENTO (%)		34,6																											
Fecha de ejecución : 2017.13.17.																													
Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 70%;">• Esfuerzo máximo (MPa)</td> <td style="text-align: center;">± 2,8</td> </tr> <tr> <td>• Esfuerzo de fluencia (MPa)</td> <td style="text-align: center;">± 4,2</td> </tr> <tr> <td>• Alargamiento (%)</td> <td style="text-align: center;">± 0,5</td> </tr> </table>			• Esfuerzo máximo (MPa)	± 2,8	• Esfuerzo de fluencia (MPa)	± 4,2	• Alargamiento (%)	± 0,5																					
• Esfuerzo máximo (MPa)	± 2,8																												
• Esfuerzo de fluencia (MPa)	± 4,2																												
• Alargamiento (%)	± 0,5																												
OBSERVACIONES:																													
. Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente . Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante. . Norma de ensayo: ASTM A370 - 15 . Temperatura de ambiente durante el ensayo: 26,2 °C																													
" Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA"																													

AB-19313

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
 Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Msc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP 123020
 JEFE DE LABORATORIO DE MATERIALES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP

Av. Universitaria 1801 - San Miguel. Lima - Perú http://www.pucp.edu.pe	Apartado Postal N° 1761 Lima 100 - Perú labmat@pucp.edu.pe	Teléfono (511) 626 - 2000 Anexo: 4842	Telefax (511) 626 - 2855
--	--	---	-----------------------------

LABORATORIO DE MATERIALES
CITEmateriales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

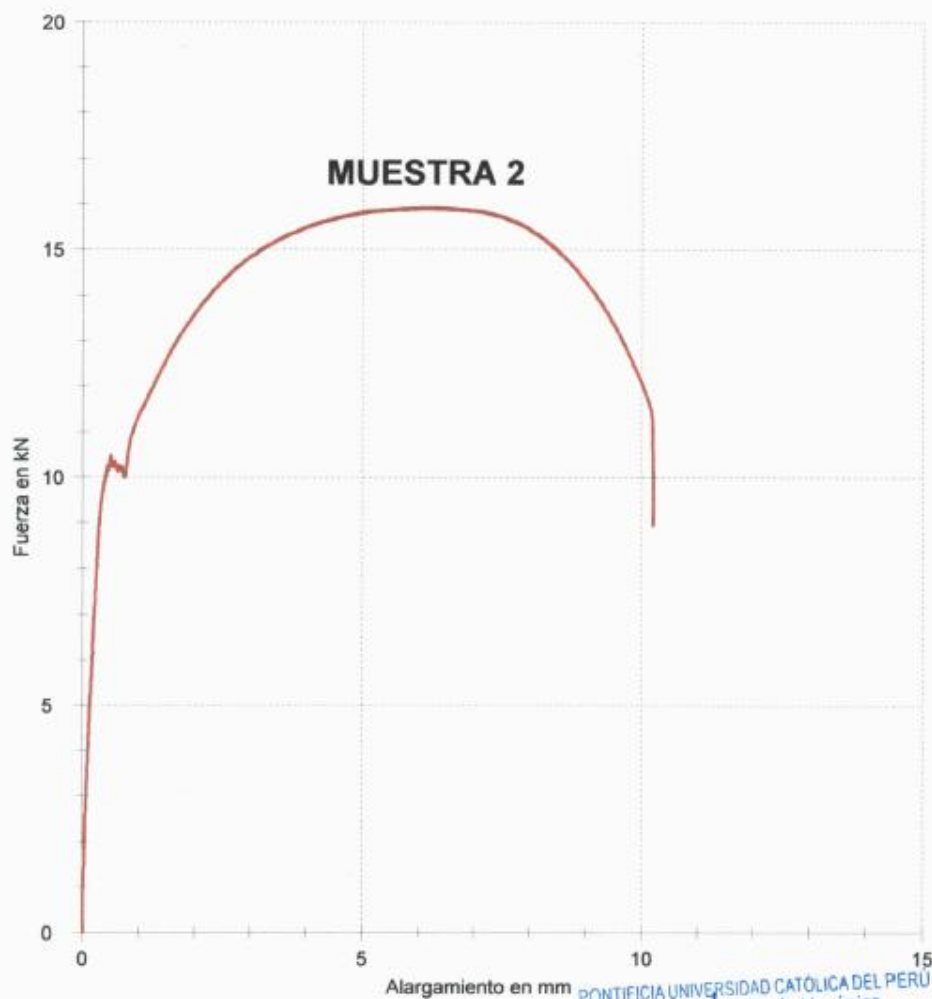
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

13.03.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0246/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



AB-22853

3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica
[Firma]
MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

 <p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	<p>LABORATORIO DE MATERIALES CITEmateriales</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027</p>	 <p>INACAL DA - Perú Organismo de Acreditación Registro N°LE-027</p>
<p>CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025</p>		

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0246-1C/2017
Número de Páginas : 3
Solicitado por : ARNALDO PERCY ROCA RADO
Dirección : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.
Fecha de Emisión : 2017.03.16.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- Tipo de Ensayo : Tracción
- Norma de Ensayo : ASTM A370-15.
- Fecha de Ejecución : 2017.03.14.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- Lugar de Ensayo : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- Temperatura : Temperatura Ambiente (26,2°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.

Av. Universitaria 1801- San Miguel.
Lima – Perú
<http://www.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 – Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

	LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales	
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025		

MAT-MAR-0246-1C/2017

ENSAYO DE TRACCIÓN		MAT-Lab-4.04 Rev.6
INFORME DE LABORATORIO		
Número Total de Páginas: 3		
SOLICITADO POR	: ARNALDO PERCY ROCA RADO	
DIRECCIÓN	: Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.	
REALIZADO POR	: Laboratorio de Materiales - Analista 05.	
MUESTRA	: 03 Probetas de tracción - Muestra 3	
FECHA DE EMISIÓN	: 2017.03.16.	
RESULTADOS:		
MUESTRA		Muestra 3
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	6,42
	ÁREA (mm ²)	32,4
CARGAS (kN)	FLUENCIA	10,4
	MÁXIMA	16,1
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	321
	MÁXIMA	497
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		25,4
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		34,5
ALARGAMIENTO (%)		35,8
Fecha de ejecución : 2017.13.17.		
Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)		
• Esfuerzo máximo (MPa)	± 2,9	
• Esfuerzo de fluencia (MPa)	± 4,3	
• Alargamiento (%)	± 0,6	
OBSERVACIONES:		
. Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente		
. Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.		
. Norma de ensayo: ASTM A370 - 15		
. Temperatura de ambiente durante el ensayo: 26,2 °C		
" Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA"		

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
 Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP

Av. Universitaria 1801 - San Miguel.
Lima - Perú
<http://www.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855



LABORATORIO DE MATERIALES
CITEmateriales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

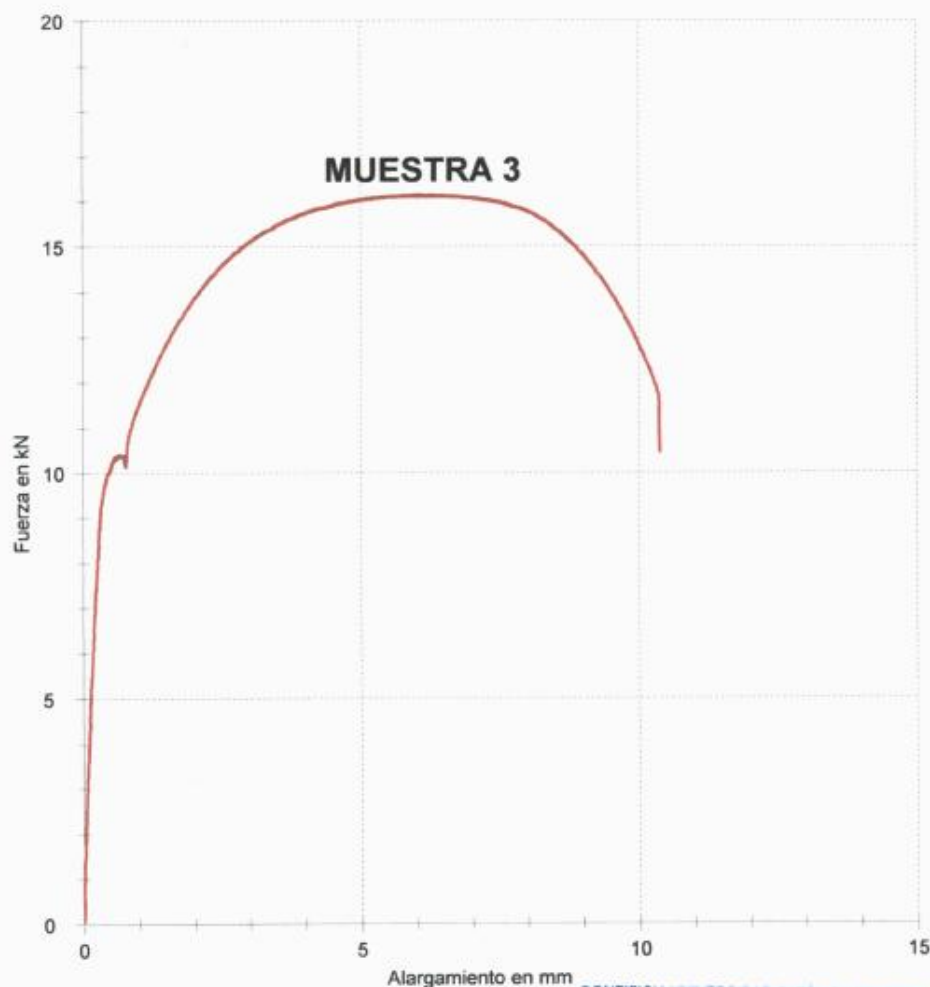
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

13.03.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0246/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



AB-22654

3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL RÓZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-MAR-0246-2A/2017

ENSAYO DE IMPACTO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 1

SOLICITADO POR : ARNALDO PERCY ROCA RADO
DIRECCIÓN : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 05.
TIPO DE ENSAYO : Charpy.
MUESTRA : 03 Probetas de ensayo – Muestra 1.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.03.16.

RESULTADOS:

MUESTRA	TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	ENERGÍA ABSORBIDA (JOULES)	OBSERVACIONES
1	22,4	18,2	---

Incertidumbre (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%):

- Incertidumbre para energía absorbida menor o igual a 64 J = $\pm 1,26$ J.
- Incertidumbre para energía absorbida mayor a 64 J = $\pm 2,42$ J.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente.
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Valores por encima de 360 Joules son referenciales.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

1 de 1

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-MAR-0246-2B/2017

ENSAYO DE IMPACTO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 1

SOLICITADO POR : ARNALDO PERCY ROCA RADO
DIRECCIÓN : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 05.
TIPO DE ENSAYO : Charpy.
MUESTRA : 03 Probetas de ensayo – Muestra 2.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.03.16.

RESULTADOS:

MUESTRA	TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	ENERGÍA ABSORBIDA (JOULES)	OBSERVACIONES
2	22,4	19,8	---

Incertidumbre (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%):

- Incertidumbre para energía absorbida menor o igual a 64 J = $\pm 1,26$ J.
- Incertidumbre para energía absorbida mayor a 64 J = $\pm 2,42$ J.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente.
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Valores por encima de 360 Joules son referenciales.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

1 de 1

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales

Departamento de *Ingeniería*
Sección *Ingeniería Mecánica*



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-MAR-0246-2C/2017

ENSAYO DE IMPACTO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 1

SOLICITADO POR : ARNALDO PERCY ROCA RADO
DIRECCIÓN : Urb. Villa Hermosa A10 José Luis Bustamante y Rivero.
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 05.
TIPO DE ENSAYO : Charpy.
MUESTRA : 03 Probetas de ensayo – Muestra 3.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.03.16.

RESULTADOS:

MUESTRA	TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	ENERGÍA ABSORBIDA (Joules)	OBSERVACIONES
3	22,4	19,2	---

Incertidumbre (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%):

- Incertidumbre para energía absorbida menor o igual a 64 J = $\pm 1,26$ J.
- Incertidumbre para energía absorbida mayor a 64 J = $\pm 2,42$ J.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: De acuerdo a especificación del cliente.
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Valores por encima de 360 Joules son referenciales.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

1 de 1

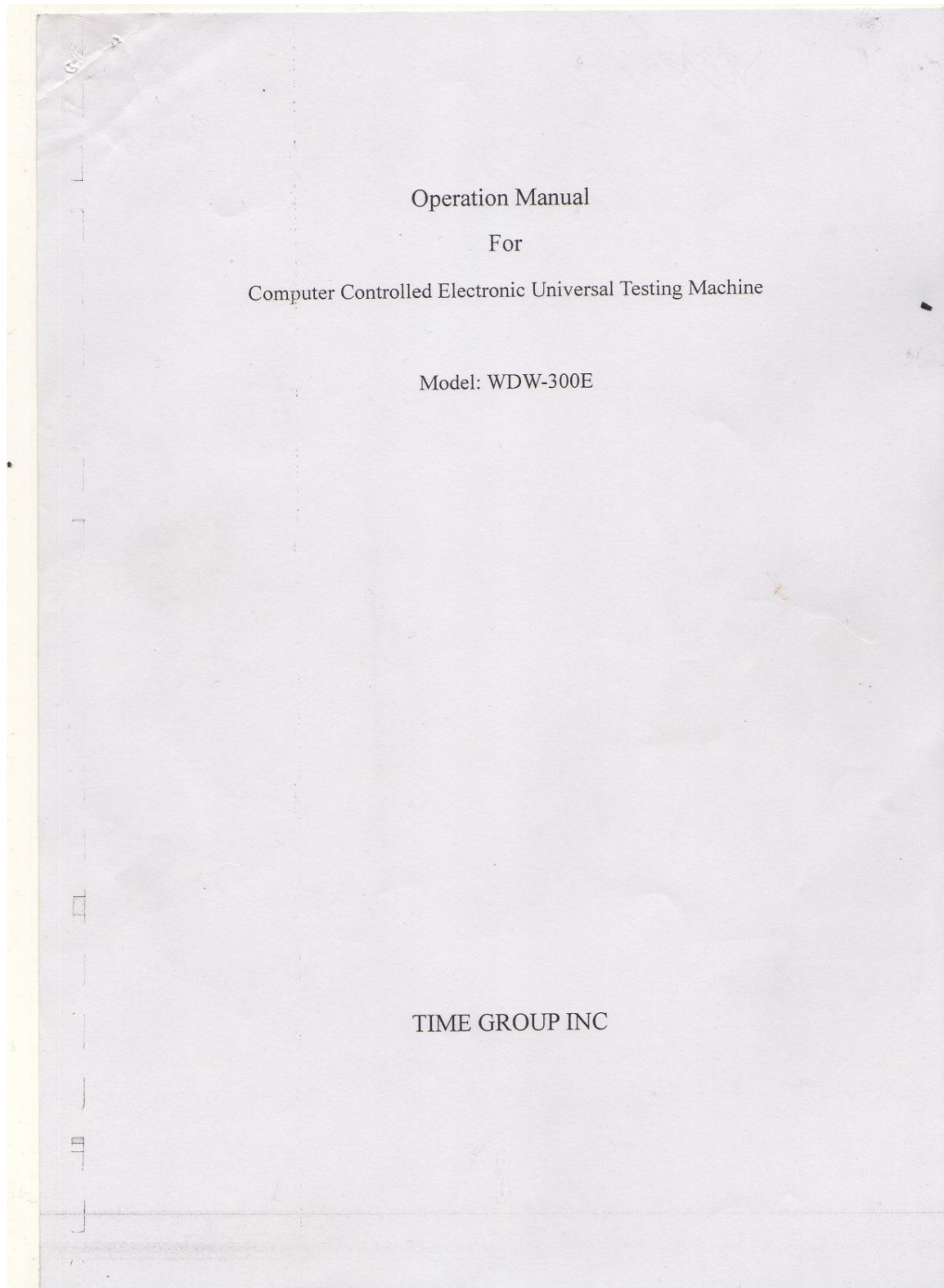
Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima - Perú
www.pucp.edu.pe

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 - Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono
(511) 626 - 2000
Anexo: 4842

Telefax
(511) 626 - 2855

ANEXO N°3: MANUAL DE OPERACIÓN EQUIPO DE TRACCIÓN UCSM



WDW-300E

All rights reserved. No part of the manual may be reproduced or spread in any form without permission in writing from our company.

TIME GROUP INC

WDW-300E

Thank you for selecting our model WDW-300E micro-computer controlled electronic universal testing machine. Prior to use, please carefully read the operation manual. After understanding it fully, you use it. Please take care of it and use it properly so that the machine maintains higher precision and normal running state forever.

1. Application & Scope

It's designed for tension, bend, compression etc, mechanical property test of metal and non-metal. It is suitable for use in science and research institutes, colleges and universities, quality inspection center, and commodity inspection.

2 Main Specification & Parameters

2.1 Main Parameters

- Max. Load Capacity: 300kN;
- Accuracy of Load: $\pm 0.5\%$;
- Measuring range of test load: 0.4%~100%, auto-shift in full process;
- Resolution of Load: 0.001%FN.
- Deformation measuring range: 0.2%~100%;
- Deformation measuring accuracy: within measuring range, relative error of indicating value $\pm 0.5\%$.
- Resolution of Displacement: 0.001mm.
- Measuring Accuracy of Displacement: $\pm 1\%$.
- Speed range: 0.005mm/min~500mm/min, stepless;
- Accuracy of speed: $\pm 1\%$;
- Max. Tensile Travel: 600mm;
- Max. Compression Travel: 600mm;
- Width for Test Space: 760mm;
- Max. travel of crosshead: 1350mm;
- Overall Dimension: 1870×770×2558mm;
- Power supply: 5KW, three-phase AC 380V;
- Weight: 1660Kg.

3 Working Condition

- 3.1 Ambient temperature: $10-35 \pm 2^\circ\text{C}$;
- 3.2 Relative humidity: $\leq 80\%$;
- 3.3 Around it without vibration, corrosive medium, strong electric-magnetic field interference;
- 3.4 Fluctuation of power voltage can't be more than $\pm 10\%$ of rated voltage;
- 3.5 Install it on level solid base, levelness is 0.2/1000;

4. Features:

- 4.1 Realize closed-loop control of test load, crosshead displacement, specimen deformation.
Have testing progress control mode intelligent setting specialist system. User may set control mode in each stage of testing progress and test processing according to user's self requirement. PC control system, that's, auto setting corresponding control calculation method. Progress of testing can automatically control according to the mode set by user.
- 4.2 Realize screen display of testing load, crosshead displacement, deformation of specimen, and test curve, meanwhile have computer save and file operational function of test conditions and

WDW-300E

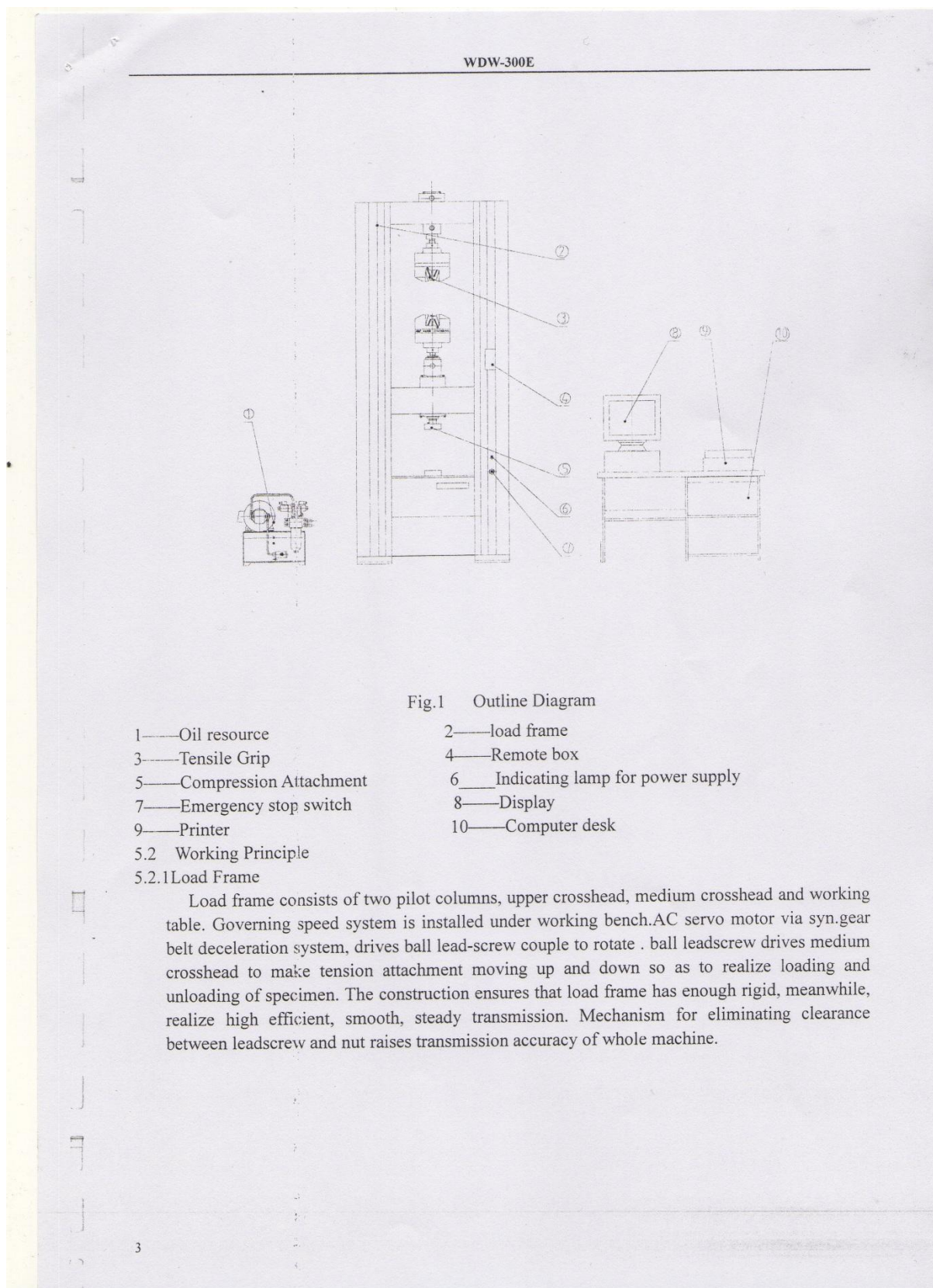
test results. Control of test processing, alteration of traveling speed of crosshead, and input of parameters etc. operations can be performed by mouse, being easy to use.

- 4.3 Perform data processing conforming with GB228-87 Test Method for Metal Tension and GB/T7314-1987 Metal compression test method. Handled results and test curve not only can be printed, but also can be stored on software and operated in network in form of TXT so as to be easy for later processing of test results.
- 4.4 Full process recording curve reappearance of test data make user handle test data freely by person - machine dialogue mode. For example, inputting value of arbitrary one of testing load, stress, deformation, strain, and non-rate tensile length in arbitrary points all may obtain results of other items.
- 4.5 Program-controlled amplifier makes testing machine realize auto zero adjustment, auto-calibration, auto-switching, and the identification of zero point and indicating value among every class, being easy to use, and improving the reliability of machine.
- 4.6 Has function of software right graded management.
- 4.7 User may have data processing software conforming with national standard requirement for other test method made to order so as to realize auto processing of test results.
- 4.8 No Pollution, Low noise, and high efficiency.

5 Structure and Working Principle

5.1 Outline Structure of Tester

The machine consists of three parts: applying load, measuring load, as well recording and processing. Load Frame and attachments construct frame applying load. AC servo motor and AC servo system and deceleration system under working bench of load frame construct driving system. Shijin controller and PC and Printer construct control and data processing and printing system.



WDW-300E

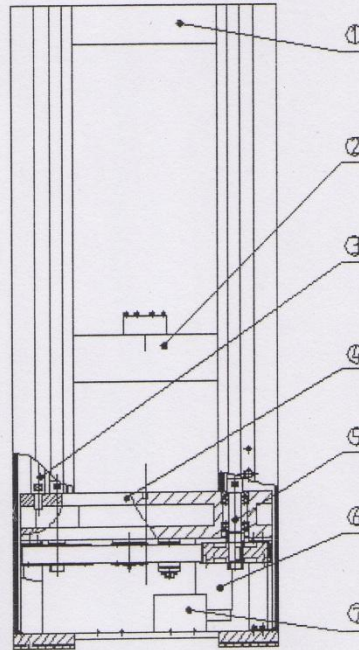


Fig.2 Structure of Load Frame

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| ① upper crosshead | ② medium crosshead |
| ③ guide column | ④ working bench |
| ⑤ ball screw-lead | ⑥ servo motor |
| ⑦ governing speed system | |

5.2.1.11 Test Space

Tension testing is carried out between medium crosshead and upper crosshead , compression and bending tests all are carried out between working bench and medium crosshead.

5.2.1.12 Load Cell

It is set at lower part of medium crosshead, of which effect is to convert force applying from outside, via amplifier, into electro signal for output.

5.2.1.13 Limit Switch

It is set on rear of left side of load frame as a safeguard device. When medium crosshead moving exceeds setting position, limit switch acts, tester will stop working.

5.2.1.14 Indicating Lamp for power supply and emergency stop switch

It is set at the front of right side of load frame, which serves as On-power indication and emergency stop in emergency situation. Press emergency stop button to turn off servo

WDW-300E

system.

5.2.2 Remote Box

It is hanged at medium part of right front of load frame, used for supplying power for servo system and controlling movement of medium crosshead.

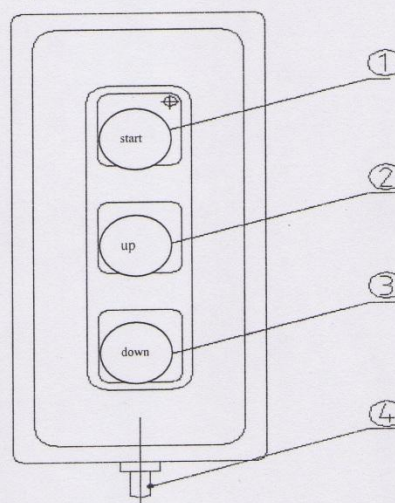


Fig.3 Remote Box

- 1— Servo system “start” button, used for supplying power for system;
- 2— Position “UP” button, used for controlling medium crosshead UP;
- 3— Position “Down” button, used for controlling medium crosshead Down;
- 4— Control wire for remote box;

5.2.3 Attachments

5.2.3.1 Universal Joint:

The part uses cross-shaped pin structure, which is installed inside upper crosshead, to ensure not only flexible rotation and but also restrict the rotation.

5.2.3.2 Hydraulic Tensile Attachments

WDW-300E

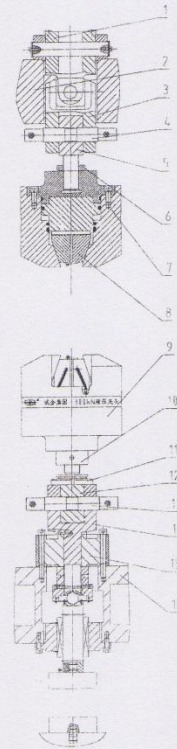


Fig.4 Tensile Attachment

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1—upper connecting seat | 2—upper crosshead |
| 3—universal joint | 4—fixing pin |
| 5—top joint | 6—locking nut |
| 7—upper grip body | 8—jaw |
| 9—lower grip body | 10—locking nut |
| 11—Connecting nut | 12—lower joint |
| 13—Positioning pin | 14—guide rod |
| 15—load cell | 16—medium crosshead |

Use hydraulic clamping tension structure; it is set between upper crosshead and medium crosshead. The grip is fitted with six pairs of jaws. They are: Three pairs of round jaws , clamping range: $\phi 9$ - $\phi 14$ mm, $\phi 14$ - $\phi 20$ mm, $\phi 20$ - $\phi 26$ mm ; Three pairs of flat grips, clamping range: 0mm~7mm, 7mm~14mm, 14mm~20mm.:

5.2.3.3 Compression Attachment

It is installed between lower part of medium crosshead and upper part of working bench. It consists of upper platen and lower platen, which is used for carrying out compression test.

WDW-300E

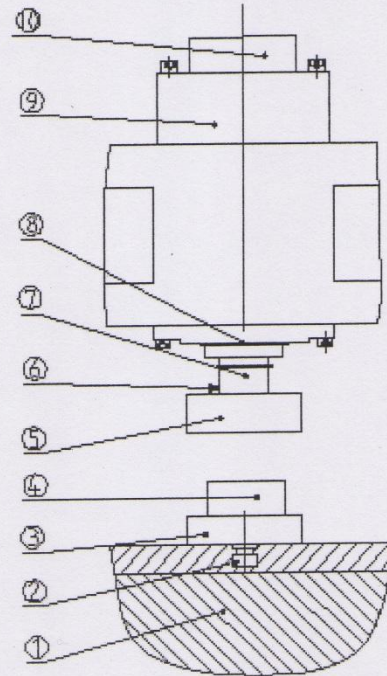


Fig.5 Compression Attachment

- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1—working bench | 2—positioning pin |
| 3—lower platen | 4—specimen |
| 5—upper platen | 6—locking screw |
| 7—guide rod | 8—bearing socket |
| 9—load cell | 10—connecting shaft |

5.2.3.4 Bending Attachment

WDW-300E

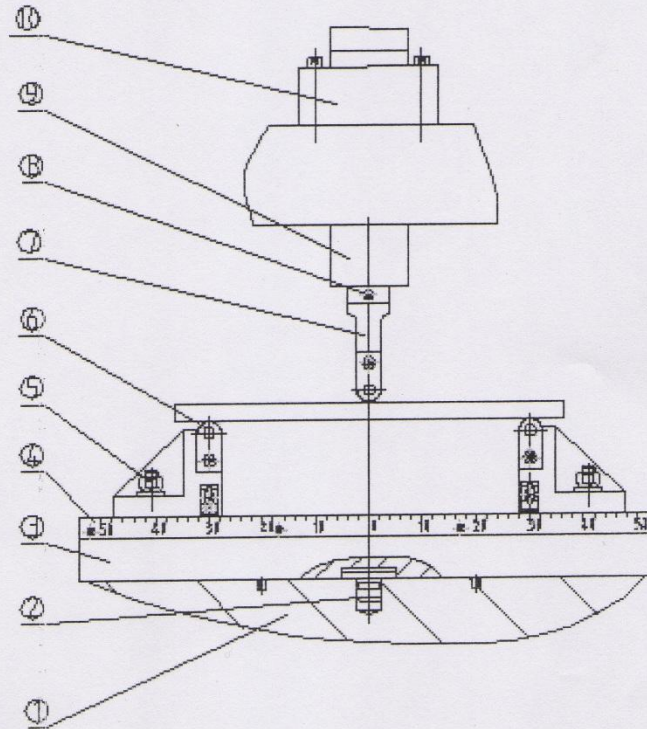


Fig.6 Bending Attachment

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1—working bench | 2—positioning pin |
| 3—bending working bench | 4—ruler |
| 5—locking nut | 6—lower roller support |
| 7—upper roller support | 8—locking screw |
| 9—guide rod | 10—load cell |

It is installed between lower part of medium crosshead and upper part of working bench, which is used for bending test. It consists of upper roller support, lower roller support, bending working bench, ruler, and locking device.

6. Transportation and Storage

6.1 Lifting and Handling

6.1.1 After unpacking, first check whether the document, tools, and accessories attached with testing machine are complete according to "Packing List" attached with testing machine. Then remove all tightened device used for holding load frame to package container. Use soft rope to lift load frame. Set load frame vertically on final working position.

Caution:

1. Cover of load frame is made of Al. material, unable to stand heavy weight.

WDW-300E

2. When lifting, place carefully.
3. Erecting load frame, first unscrew hanging ring screw at base plate. Pay more attention to change of gravity.

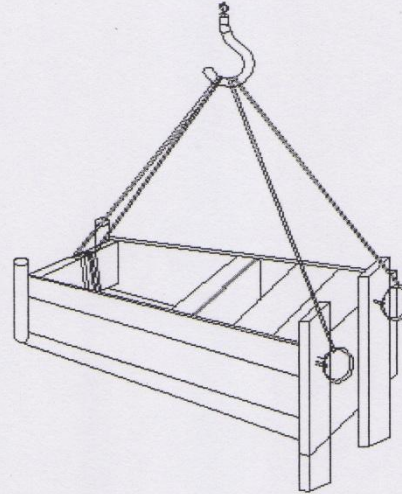


Fig.7 Lifting of Load Frame(Step 1)

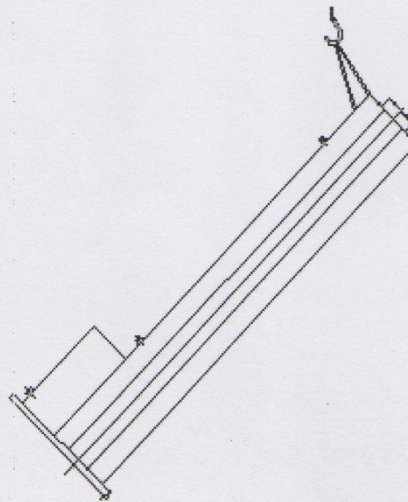


Fig.8 Lifting of Load Frame(step 2)

WDW-300E

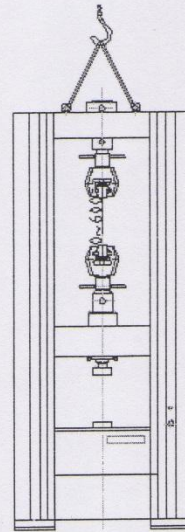


Fig.9 Lifting of Load Frame(step 3)

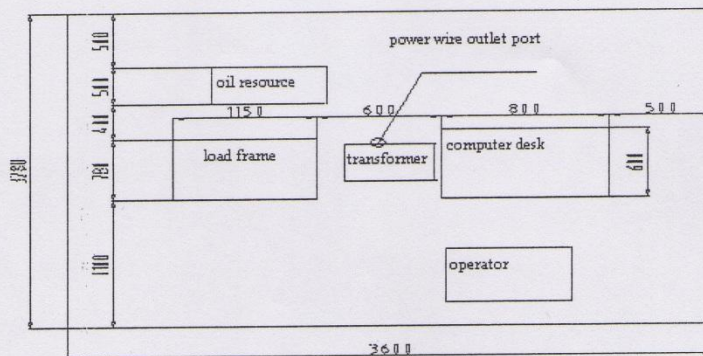
6.2 Storage

6.2.1 After installation, place all kinds of accessories and tools properly for easy use later.

6.2.2 Be care of clear and dry of working invironment

7. Installation and Adjustment

7.1 Installation of Load Frame : foundation and space see diagram below:



WDW-300E

Fig.10 Position Diagram

Lifting of load frame referd to item 6. above.

Caution:

1. Install on solid plane ground.
2. When Lifting load frame with luge,you must carefully do.
3. When placing shim plate, pay more attention to direction.
4. Height of space is not less than 2600mm.

7.2 Installation of computer desk:

Unpack accessory box, take computer desk out of box, install it properly according to installation booklet and set it on the right of testing machine..

7.3 Installation of computer:

Unpack computer and display, install it properly according to operation manual for computer and place it on computer desk.

7.4 Installation of printer:

Unpack printer;install it properly according to operation manual for printer and place it at right side on computer desk.

7.5 Connection of electrical wire : Connect all electrical wire according to electrical diagram.

7.5.1 Connection of Remote Box

Connect all wire accordint to figure 3 to signal output interface in figure 11 .

7.5.2 **Connection of wire for transiet plate**

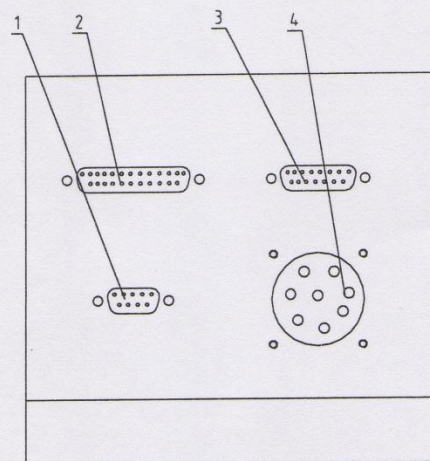


Fig.11 Transient Plate

- Note:**
- ①load cell signal output interface
 - ②control signal input interface

WDW-300E

③ displacement signal output interface

④ load frame power wire plug

Connect control signal input interface , load cell signal output interface and computer server interface properly via cable.

Connect one end of power wire to power wire socket (position 4) and fix it. The other end is connected to three-phase four-core 380V power socket.

7.5.3 Connection of power plug: connect power plug and computer plug to bus power supply plate.

7.6 Level adjustment of working bench: Place 0.02mm/m leveler on working table of testing machine. Adjust level of working table carefully by adjusting screw. Make levelness of flat of working table within 0.2/1000 in two orthogonal direction.

7.7 Turning on power supply

7.7.1 Turn on power supply on bus power supply plate.

7.7.2 Turn on power supply switch of computer.

7.7.3 Turn air switch of load frame to "ON". Press "start" button on remote box to turn on servo sytem power.

7.7.4 Double click WinWdw software icon on main interface of computer. Conduct operation according to " Software Operation Manual" to enter working interface.

Caution: The machine has complex operaiton and many parameters, which has been debugged and calibrated by engineer prior to delivery, so you don't modify interior parameters. According to the manual, you may use the machine normally.

7.8 Calibration of Load and Deformation

Please see " Software Operation Manual".

Cautions:

Cautions:

a) Load and deformation calibration have been done prior to delivery, it is unnecessary for users to recalibrate. Valid period is one year.

b) Before starting software, all cables should be connected properly and emergency stop button cannot be pressed.

c) When calibrating load cell, be careful of measuring range of standard dynamometer and load cell. Select available standard dynamometer to measure.

d) Select proper running rate; pay more attention to protecting standard dynamometer.

7.9 Installation and removing of attachment

12

WDW-300E

7.9.1 Installation and removing of tensile attachment

7.9.1.1 Installation of Wedge Shaped Tension Attachments

Load cell has been assembled well before delivery of testing machine. Users self can't disassemble it rashly. When installing lower tensile attachments, first connect locking nut to lower tensile attachment; then insert them into connecting shaft and connect with fixing pin, finally, fasten locking nut to eliminate clearance.

When installing upper tension attachments, first connect universal joint to upper connection base, then connect both them to upper crosshead, finally connect upper grip body to universal joint with fixing pin.

The easiest means for installing upper tensile attachment is placing upper tensile attachment on lower tensile attachment. By manual, raise medium crosshead; make upper tensile attachment connect with universal joint. Be care of moving medium crosshead.

7.9.1.2 Removing of Wedge Shaped Tensile Attachments

When removing upper tensile attachments, raise the upper tension attachment up with proper force. After raising, remove fixing pin and upper tension attachments. When disassembling lower tension attachments, unscrew locking nut reversely, then draw out fixing pin and remove lower tension attachments and place in tensile attachment box.

Caution: during falling down, keep holding tensile attachment.

The easiest means for removing upper tensile attachment is selecting slower speed to make medium crosshead rise by manual means. When lower tensile attachment just supports upper tensile attachment, stop moving. Now draw out fixing pin, by manual means make medium crosshead fall down to available height. After stopping moving, remove upper tensile attachment.

7.9.2 Installing and Removing of Compression Attachments

7.9.2.1 Installation of Compression Attachment

Install it according to figure 5. When installing, set Part I on working bench, on it sets lower platen; set part II in hole of fixing nut, then fix part II via locking screw.

Caution: when installing part II, press part II on end surface of fixing nut, between them there without gap.

7.9.2.2 Removing of Compression Attachments

Remove part I from working bench ① and set it in accessory box. Unscrew locking screw and remove part II, then place it in accessory box.

Pay more attention to hold part II to avoid falling down.

13

7.9.3 Installation and Removing of Bending Attachment

7.9.3.1 Installation of Bending Attachment

Install it according to figure 6.

Caution: when installing upper pressure roller seat, press upper pressure roller seat on end surface of fixing nut at close hand, between them without gap.

7.9.3.2 Removing of Bending Attachment

Unscrew locking screw (8); remove upper roller support (7); place it in accessories box. Place working bench and other parts in accessories box.

8. Description to Functions of Main Panel

8.1.1 Description to Functions of transient plate

Refer to figure 11.

8.1.2 About Functions of Remote Box Panel

Refer to Figure 3

8.1.3 About functions of main interface of software

Refer to *Software Manual*

8.2 Operation Procedure and Cautions (taking wedge tension test as example)

8.2.1 Operation Procedure

8.2.1.1 Turn on computer and display, make computer enter Windows operation system. Click WinWdw software icon to enter application program interface. Operation sees "Software Operation Booklet". Refer to *Software Manual*

8.2.1.2 Hold upper end of specimen to upper grip tightly; select traveling speed of crosshead for 50mm/min by computer. Adjust position of medium crosshead with remote box to make lower grip be in proper position to clamp lower end of specimen. Adjust zero of load. Fasten lower grip tightly.

8.2.1.3 If necessary, hold extensometer to specimen properly with rubber strap; and remove shim for adjustment Zero deformation display properly.

8.2.1.4 Select proper auto-control test program or manual operation test to control crosshead moving down.

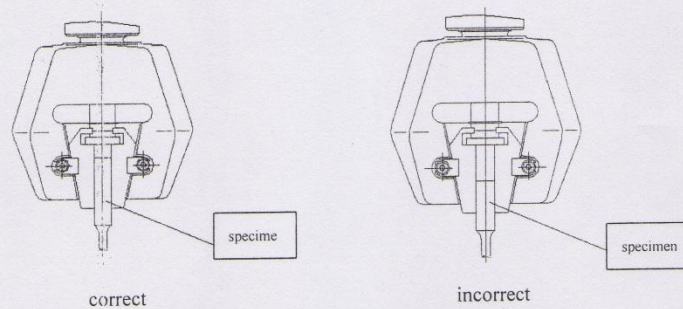
8.2.1.5 If testing is conducted with extensometer, it is necessary to remove extensometer before specimen breaks. After deformation of specimen exceeds Max. deformation value set, immediately remove extensometer to prevent it from damage.

8.2.1.6 Testing machine will stop automatically after testing ends. Users should conduct data processing through operating data analysis interface. (Detail operation sees "Operation

WDW-300E

Booklet for Software”

- 8.2.1.7 Unclamp specimen and remove according to turning direction sign of grip.
- 8.2.1.8 Print and save processed results. A complete test has been finished.
- 8.2.1.9 If doing test again, repeat steps of 8.2.1.2-8.2.1.8.
- 8.2.1.10 After all tests are completed, turn off power supply. Sequence is: turn air switch to OFF—quit application software of computer—turn off computer—cut off power supply of computer—turn off bus power supply.
- 8.2.2 Precaution
- 8.2.2.1 Before starting testing machine, it is necessary to check position of limit position button to make it be in meeting the testing travel without causing the shock of upper and lower grips.
- 8.2.2.2 Turning direction of handle of tension attachments have been signed on grips.
- 8.2.2.3 Place specimen inside over two thirds of jaws so as to clamp firmly. figure shown as following:
- 8.2.2.4 When clamping extensometer, place a adjustable shim and pay more attention to the edge of extensometer. Don't cause conducting wire breaking.
- 8.2.2.5 In test, remove immediately extensometer according to prompt of software to prevent extensometer from damaging.



- 8.2.2.6 If overload happens during test, please first cut off power supply, then switch on it. Pay more attention order for cutting off power and switching on. When switching off power, first switch off power, then quit computer application software, finally switch off computer power supply.
- 8.2.2.7 Piror to testing, tester must be earthed.

9. Maintenance

- 9.1 Testing machine is large-scale precise measurement instrument, so attention should be paid to maintenance of testing machine, especially, water-proof and damp-proof (especially in the south), so as to prevent rotational parts and case and attachment from getting rusting.
- 9.2 If it isn't used for long time, it is necessary to switch it on power regularly (less than a week)

WDW-300E

and move crosshead up and down.

9.3 If overload occurs in testing, please first switch off power, then switch it on again. Please pay attention to the sequence of switching off and on power supply. First switch off power and Shijin controller power supply, then quit application software of computer, finally turn off power supply for computer.

9.4 If unsteady load display and deformation occur, or testing machine can't normally run, please contact dealer or manufacturer

9.4 A complete sets

9.4.1 Load Frame	1 set
9.4.2 Transformer	1 set
9.4.3 Attachment (including tensile, compression and bending)	1 set each
9.4.4 Computer desk	1 set
9.4.5 Computer	1 set
9.4.6 Printer	1 set
9.4.7 Extensometer	1 pc
9.4.8 Tool	1 set
9.4.9 Multi-purpose Socket	1 pc
9.4.10 Cable	1 set
9.4.11 Original technical document of purchased compo	

Table 2

No.	Designation	Unit	Quan.	Remark
1	Information for AC servo driver and motor	set	1	Japan
2	Information for printer	set	1	Including packing list
3	Information for computer	set	1	
4	Extensometer	set	1	

10. Common Troubles and Remedies

10.1 Common Troubles and Remedies for Whole Machine

WDW-300E

No.	Trouble	Cause	Remedy
1	Machine cannot go up or down.	1) Limit switch is worn out or cuts off. 2) Something is wrong with emergency switch. 3) Something is wrong with three-phase power supply 4) Governing system overloads.	1) Replace limit switch or repair the broken wire. 2) Replace emergency 3) Or repair the broken wire. 4) Check and repair power supply. 5) Find out the cause of overload and removing, then re-switch on and restart.
2	Load shows overload.	1.) Load cell is broken. 2.) Wire of load cell cuts off or something is wrong with socket. 3) Load is greater than full scale	1) Replace load cell. 2) Repair the broken wire or check socket. 3) Make medium crosshead running reversely.
3	Machine stops in idle load running.	1) Something is wrong with setting of software parameter.	1). Re-set parameters according to software manual.
4	Software doesn't run normally.	Computer is invaded by virus	1) Delete virus with killing virus software. 2) Recopy with backup disc.

11 Spares

11.1 Specification of Syn. Belt

Grade 1 Syn. Belt	HTD-1120-8M-60	Made in Ningbo Syn. Belt Works
Grade 2 Syn. Belt	HTD-2590-14M-70	Made in Ningbo Syn. Belt Works

12. Figure:

1. System Block Diagram
2. Connection of wire for transient board
3. Circuit Diagram for Power System
4. Interconnection of wire of system
5. Hydraulic electric circuit

Serial No.:

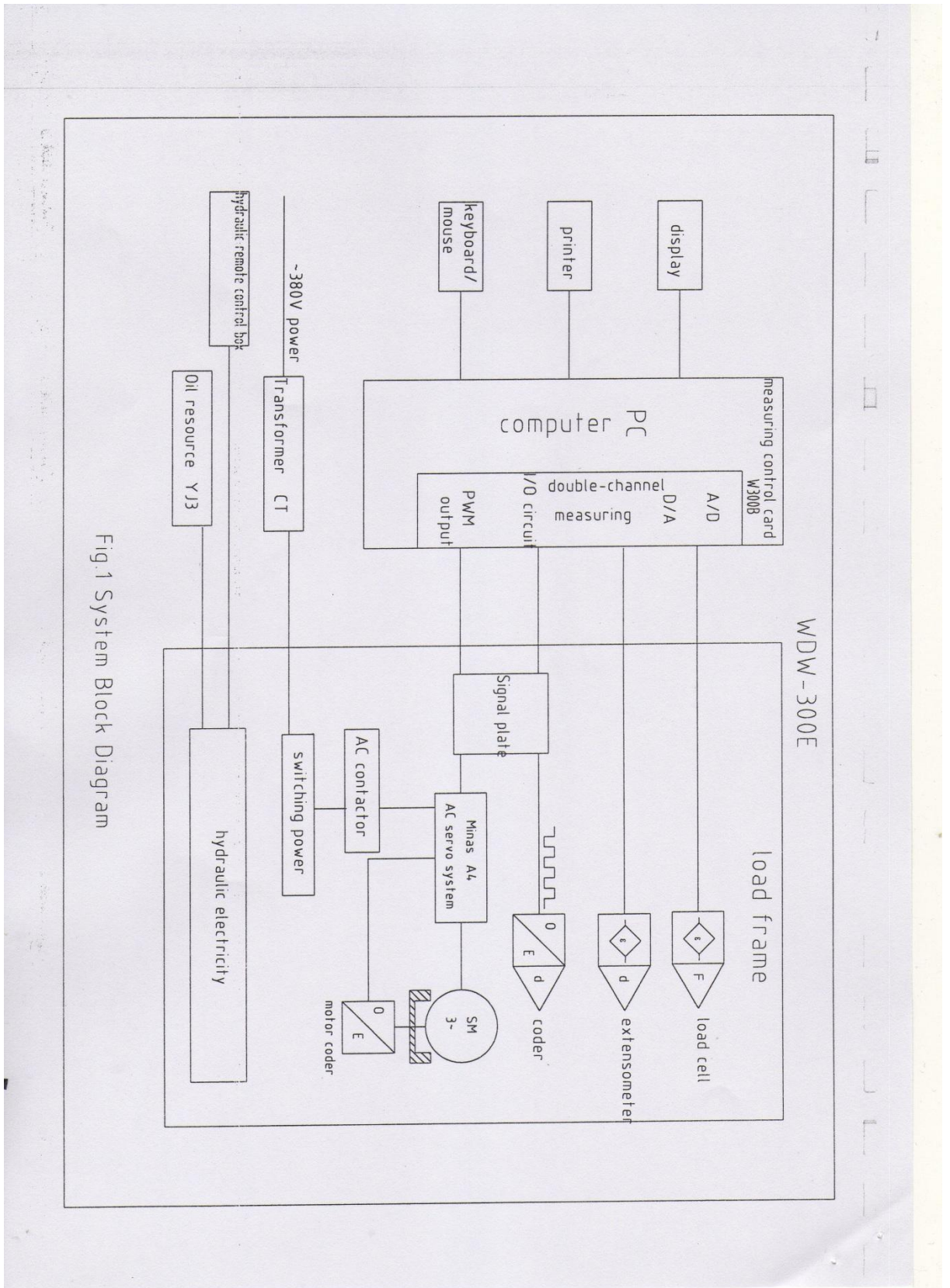


Fig.1 System Block Diagram

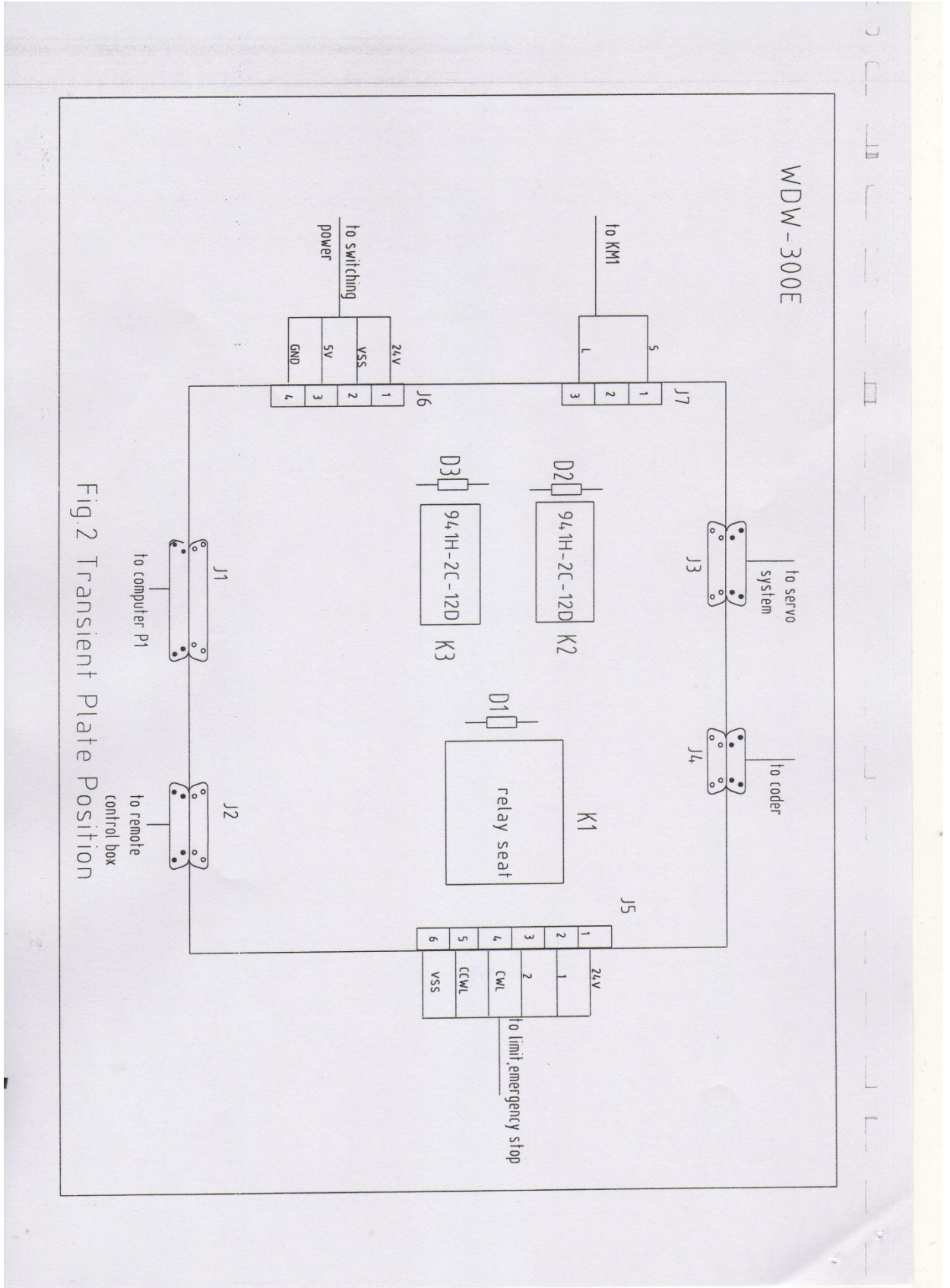
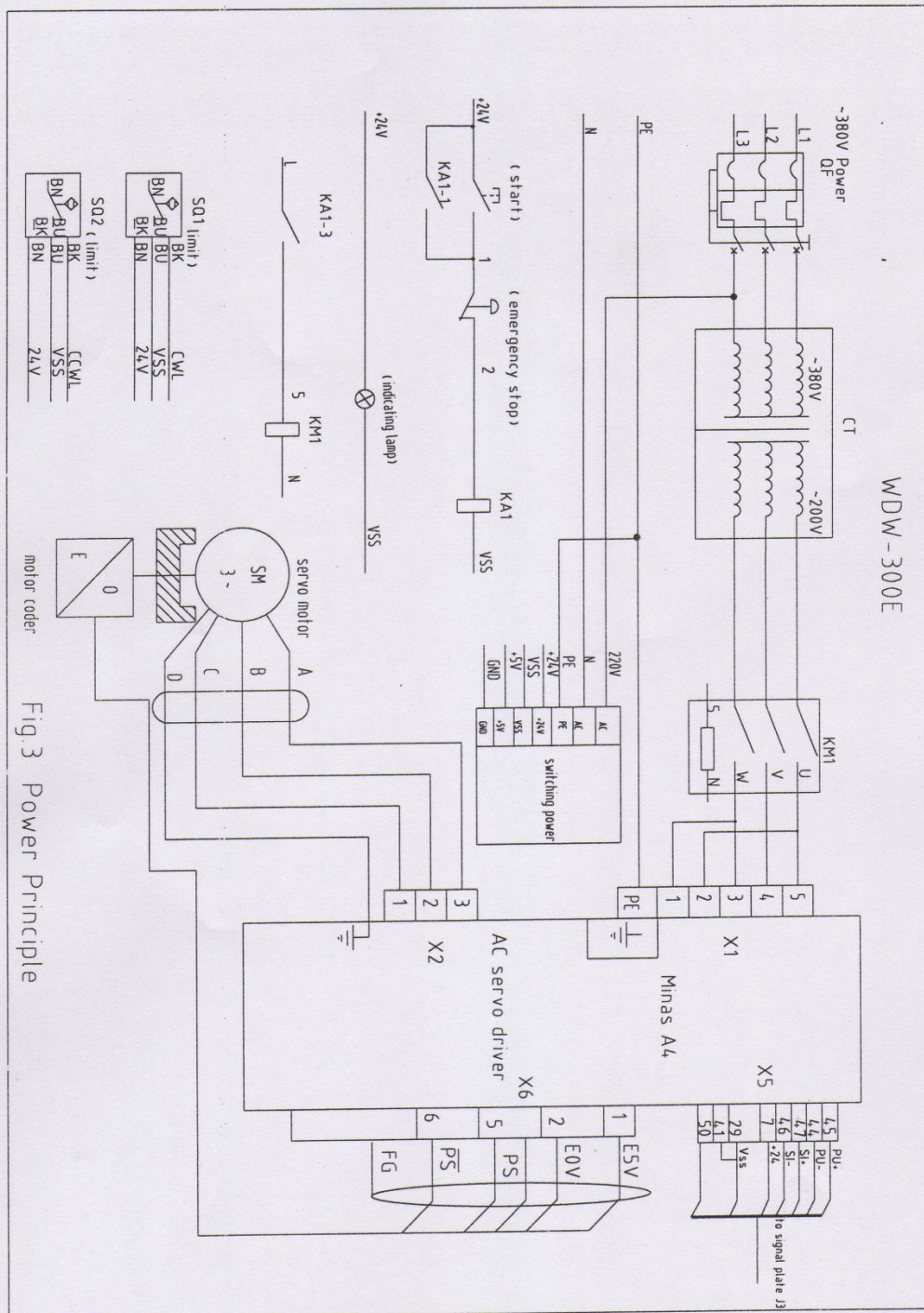


Fig 2 Transient Plate Position



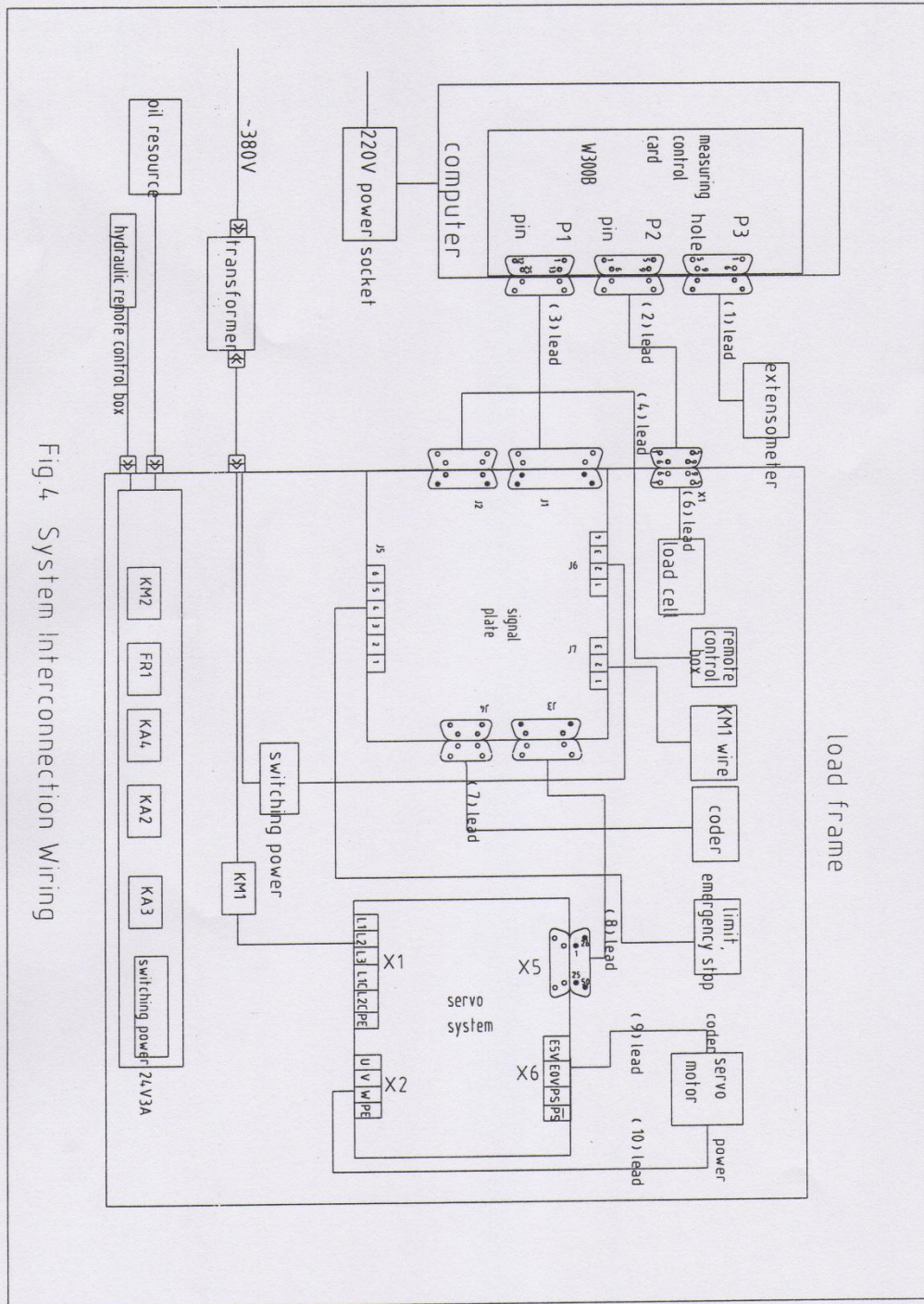


Fig 4 System Interconnection Wiring

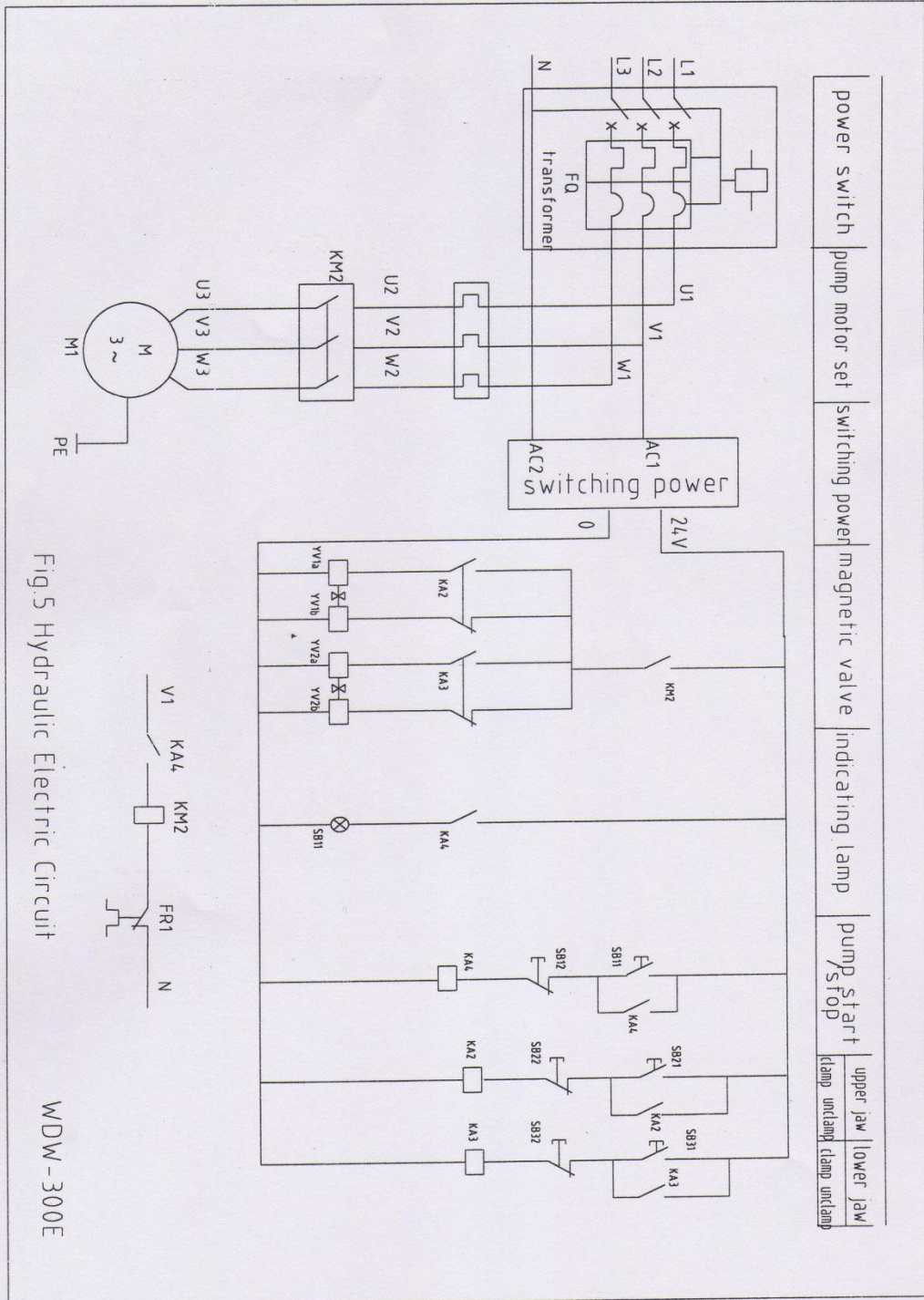


Fig 5 Hydraulic Electric Circuit

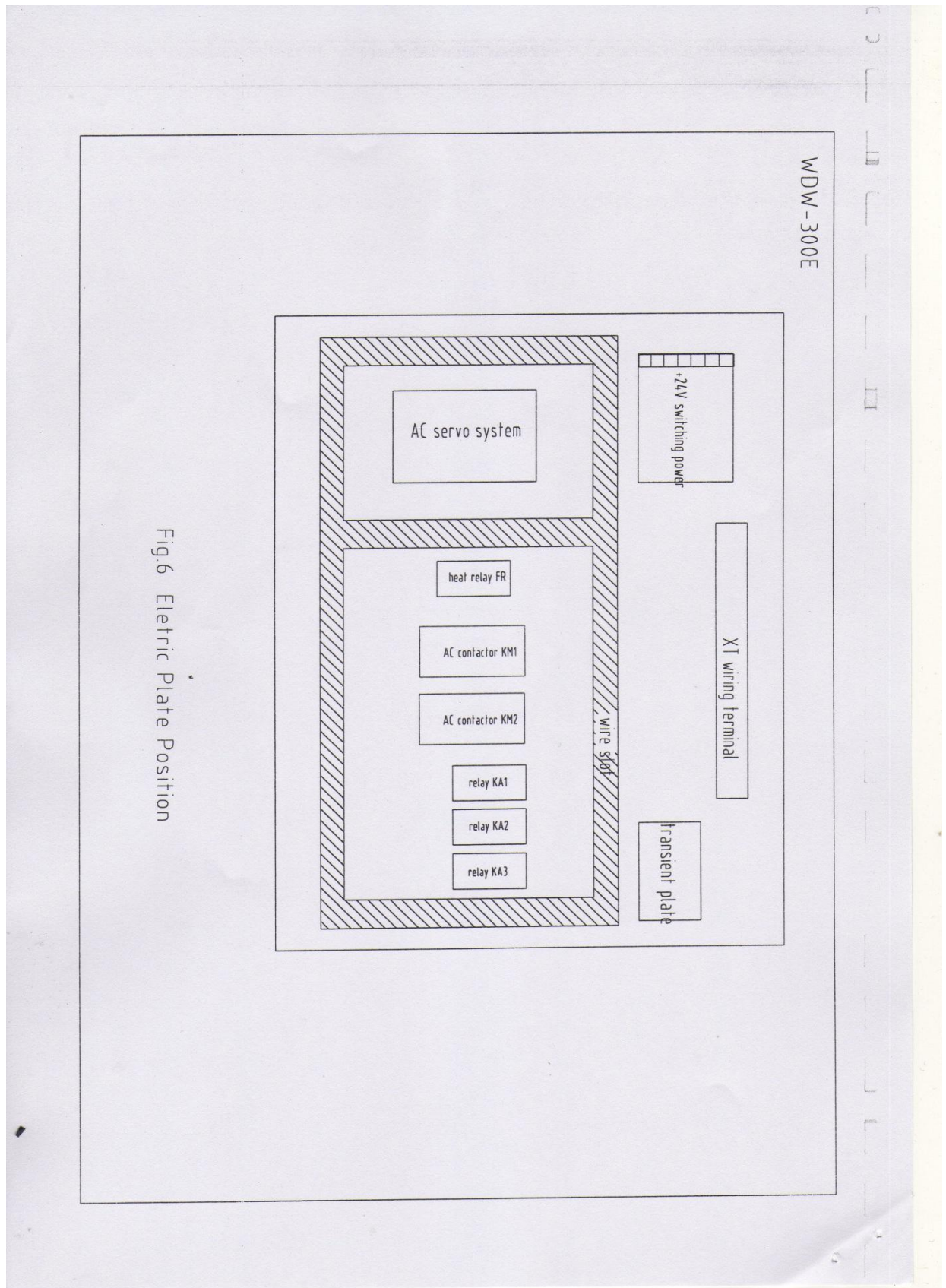


Fig.6 Electric Plate Position

CERTIFICATE

For

Computer Controlled Electronic Universal Testing Machine

Model: WDW-300E

TIME GROUP INC

Packing List
For
Computer Controlled Electronic Universal Testing Machine

Model: WDW-300E

TIME GROUP INC

WDW-300E

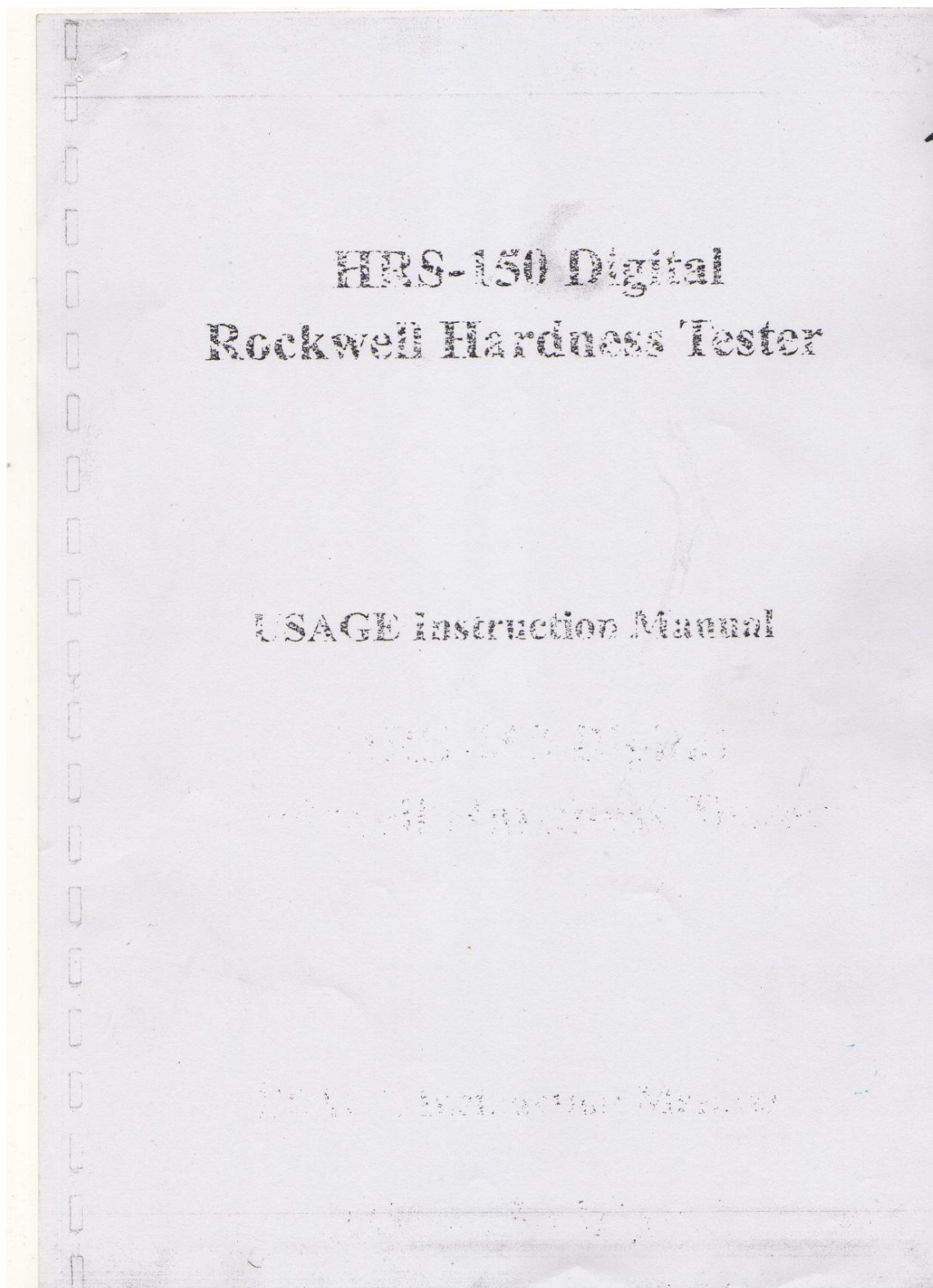
Item	No.	Designation		Quantity	Remark
Product	1	Load frame		1set	
	2	Servo system and motor		1set	On load frame
	3	PC control system	1. Computer	1set	
			2. Printer	1set	
			3. Controller and control software package	1set	
	4	Remote control box		1set	
	5	Electronic extensometer		1set	
	6	Load cell (300kN)		1pc	On load frame
	7	Computer desk		1set	
	8	Multi-purpose socket		1pc	
9	Transformer		1set		
10	Cable		1set		
Accessory	1	Wedge -shaped tension attachments	1. Flat jaw (mm) 0—7, 7—14, 14—20	1set	
			2. Round jaw (mm) $\Phi 9—\Phi 14, \Phi 14—\Phi 20, \Phi 20—\Phi 26,$	1set	
	2	Compression grip		1set	
	3	Bending attachment		1set	
	5	Clamping oil resource		1set	
6	Tools attached with machine		1set		
Technical Document	1	Operation manual		1copy	
	2	Software booklet		1copy	
	3	Certificate		1copy	
	4	Packing List		1copy	
	5	Computer documents		1copy	
	6	Printer document		1copy	
	7	Certificate for extensometer		1copy	

Packer: 伊比强 王册

Cheker: 郑敏

Date: 2011.4.8

ANEXO N°4: MANUAL DE OPERACIÓN EQUIPO DE DUREZA UCSM



Precautions

1. Carefully read the USAGE Instruction Manual before you use the present hardness tester and get to know thoroughly the operation procedure and the usage precautions so as to avoid the damages to the hardness tester and the safety accidents caused by the improper operation.
2. All the bands and the anti-shock tapes should be carefully removed before the hardness tester is installed and calibrated.
3. The single-phase 3-pin socket should be used for the power source of the hardness tester and the ground connecting cable should meet the safety requirements.
4. It is strictly prohibited to tamper with the installed position of all the electric component parts, switches, and sockets of the hardness tester without permission, otherwise it will cause accident.
5. It should not to turn the Load-Change Hand Wheel or the Rotating Wheel during the loading and unloading operations and the dwell time of the test force.
6. Our company tries to improve the quality of the hardness testers and renew their structure. In case the contents in the USAGE INSTRUCTION MANUAL are a bit different with the actual structure of the instrument, it is hoped and apologized for the fact that the further notice will not be given.

Contents

I . A Brief Introduction to the Hardness Tester

II . Technical Specifications of the Hardness Tester

III. The Installation of the Hardness Tester

IV. Introduction to the Functions of the Keys on Operating Board

V . The Correct Usage of the Hardness Tester

VI. The Maintenance of the Hardness Tester and the Precautions

VII. RS-232 Hyper Terminal Setting

VIII. The Accessories (The Packing List)

I. A Brief Introduction to the Hardness Tester

1.1 Hardness is one of the important mechanic characteristics of the material while the hardness testing is an important method to judge the quality of the metal material or its component parts. The hardness of the metal is correspondent to its other mechanic characteristics, and so its mechanic characteristics such as the strength, tiredness, wriggling and wearing out can be tested out approximately through its hardness testing.

1.2 The Digital Rockwell Hardness Tester is equipped with a newly-designed large displaying screen with good reliability, excellent operation and easy watching, thus it is a high-tech product combining the mechanic and electric features. Its main function is as follows:

- 1.2.1 The Selection of Rockwell Hardness Scales;
- 1.2.2 The Selection of Plastic Rockwell Hardness Scale (The special requirements will be met according to the supply contract)
- 1.2.3 The hardness values exchange among various Hardness Scales;
- 1.2.4 The Output-Printing of hardness testing results;
- 1.2.5 The RS-232 Hyper Terminal Setting is for the Functional Expansion by the client.

II. The Technical Specifications of the Hardness Tester

- 2.1 The Initial Test Force: 98.07N (10kg); Tolerance: $\pm 2.0\%$
- 2.2 The Total Test Force: 588.4N (60kg), 980.7N (100kg), 1471N(150kg), Tolerance: 1.0%

2.3 The Indenter Specifications:

- 2.3.1 The diamond Rockwell indenter
- 2.3.2 The $\phi 1.5875$ mm ball indenter

2.4 The Power Source and the Voltage: AC220V $\pm 5\%$, 50-60 Hz

2.5 Time-delayed control: 2~60 seconds, adjustable

2.6 The Max. Height of the Testing Specimen: 175 mm

2.7 The Distance from the Indenter Center to the Instrument Body: 165mm.

2.8 The Overall Dimension of the Hardness Tester (Length \times Width \times Height): 520 \times 215 \times 700mm.

2.9 The Net Weight of the Tester: 78kg (Approx).

2.10 The Scales, Indenters, Test Force Values and Application Fields of the Rockwell Hardness Tests (the Normal Usage Sales of Rockwell Hardness Testing are Scale A, B, C three kinds). (Table 1)

2.11 The Tolerances of Display Value of the Hardness Tester (Table 2)

III The Installation of the Hardness Tester

- 3.1 The working condition of the hardness tester

- 3.1.1 Under the room temperature between 10~30°C;
- 3.1.2 The relative humidity in the test room shall not be over 65%;
- 3.1.3 In an environment free from vibration and without corrosive agent in surroundings.
- 3.2 The unpacking and installing of the hardness tester
 - 3.2.1 Cut the belts on the packing box, screw off the screws on the bottom plate of the box and remove off the upper body of packing box. Take out the accessories kit.
 - 3.2.2 Unscrew the two (2) M10 outer hexagonal bolts under the bottom plate with a spanner, to separate the hardness tester from the bottom plate (take care of the safety).
 - 3.2.3 After unpacking, the tester shall be placed on a stable and solid working table with horizontal deviation less than 1mm/m (There is a level in the accessories kit) .A hole shall be drilled at a proper location on the working table (see Fig.1) to enable the Up and Down Lead Screw to operate properly. We suggest that the height of working table should be about 500mm.

(Table1)

Scale	Indenter Type	Initial Test Force	Total Test Force (N)	Applications
HRA	Diamond Indenter	98.07 N (10kg)	588.4(60kg)	Hard alloy, carbide steel, surface-quenched steel, carburized steel plate (sheet)
HRD			980.7(100kg)	Steel sheet, surface-quenched steel
HRC			1471(150kg)	Quenched steel, tempered steel, hard cast iron
HRF	Ball Indenter φ 1.5875mm (1/16 inch)		588.4(60kg)	Cast iron, aluminum, magnesium alloy, bearing alloy, annealed copper alloy, mild steel sheet
HRB			980.7(100kg)	Mild steel, aluminum alloy, copper alloy, malleable cast iron, annealed steel
HRG			1471(150kg)	Phosphor bronze, beryllium bronze, malleable cast iron
HRH	Ball Indenter φ 3.175mm (1/8 inch)		588.4(60kg)	Aluminum, zinc, lead etc.
HRK			1471(150kg)	Bearing alloy, tin, hard plastics and other soft materials
HRE	980.7(100kg)			
HRL	Ball Indenter φ 6.35mm (1/4 inch)		588.4(60kg)	
HRM			980.7(100kg)	
HRR	Ball Indenter φ 12.7mm (1/2 inch)		588.4(60kg)	

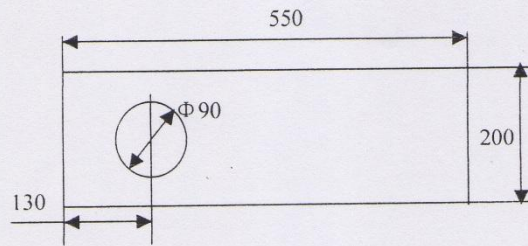


Fig.1

- 3.2.4 After the hardness tester is properly placed (Fig.2), open the Upper Cover (8) and the Back Cover (9). Untie the fastening rubber tape (Fig.13) on the Connecting Rod (23) and draw out the Protecting Gasket (26). Untie all the white gauzes on moving parts and then recover the tester to keep away dust.

(Table 2)

Scales	Hardness Range of the Standard Hardness Blocks	Max. Tolerance of Displaying Value
HRA	(20~75)HRA	± 2HRA
	(>75~88)HRA	± 1.5HRA
HRB	(20~45)HRB	± 4HRB
	(>45~80)HRB	± 3HRB
	(>80~100)HRB	± 2HRB
HRC	(20~70)HRC	± 1.5HRC
HRD	(40~70)HRD	± 2HRD
	(>70~77)HRD	± 1.5HRD
	(>90~100)HRE	± 2HRE
HRF	(60~90)HRF	± 3HRF
	(>90~100)HRF	± 2HRF
HRG	(30~50)HRG	± 6HRG
	(>50~75)HRG	± 4.5HRG
	(>75~94)HRG	± 3HRG
HRH	(80~100)HRH	± 2HRH
HRK	(40~60)HRK	± 4HRK
	(>60~80)HRK	± 3HRK
	(>80~100)HRK	± 2HRK
HRE	(70~90)HRE	± 2.5HRE
HRL	(100~120)HRL	± 1.2HRL
HRM	(85~110)HRM	± 1.5HRM
HRR	(114~125)HRR	± 1.2HRR

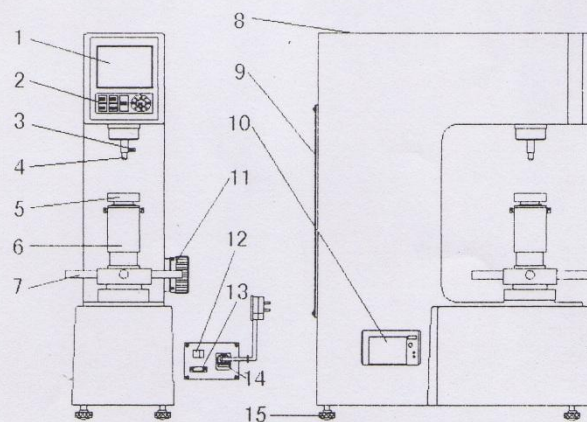
3.3 The Installation of the Weight Group (Fig.3)

- 3.3.1 During installation of weights, the instrument should be in the state without any test force.

3.3.2 Take the weight group out of the accessories kit and clean them thoroughly. Rotate the Load-Change Hand Wheel (11) to the place number 588, and then take the Hanging Rod (17) from the Back Cover and insert it in the hole of the Weight A (21). fasten the M10 Nut (22) at the tail of the Hanging Rod. Hook the Hanging Rod in the ear of the tail of the Lever (16). And then place the weight B (20) and Weight C (19) separately on two Fork-Shaped Frames (18). At this point, rotate the Load-Change Hand Wheel clockwise for a whole cycle and observe the round pegs on both sides of the Weight and see if they are properly placed in the groove of the Fork-Shaped Frame. The Weights should not touch the inside wall of the instrument body.

3.4 The Test Force Selected is in Correspondence with the Weights (Table 3)
(Table 3)

Scale	Test Force (N)	Graduated Value on Load-Change Hand Wheel	Force on the Weight (Weight Code)
HRA	588.4(60kg)	588.4 (60)	Handing Rod+WeightA
HRB	980.7(100kg)	980.7 (100)	Handing Rod+WeightA+ WeightB
HRC	1471(150kg)	1471 (150)	Handing Rod+WeightA+WeightB+WeightC



1. Displaying Screen 2. Operating Board 3. Fastening Screw of Indenter 4. Indenter
5. Testing Table 6. Upper and Down Lead Screw 7. Rotating Wheel 8. Upper Cover
9. Back Cover 10. Printer 11. Load-Change Hand Wheel 12. Switch
13. RS232 Socket 14. Power Cable & Fuse 15. Horizontal Regulating Screw

Fig.2

- 16. Lever
- 17. Hanging Rod
- 18. Fork-Shaped Frame
- 19. Weight C
- 20. Weight B
- 21. Weight A
- 22. Nut

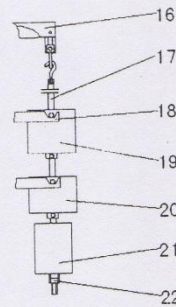


Fig.3

IV Introduction to the Function of Keys on Operating Board

4.1 Connect the power source (14), turn on the boat-shaped Switch (12), the main Screen appears the operation page (Fig.4)

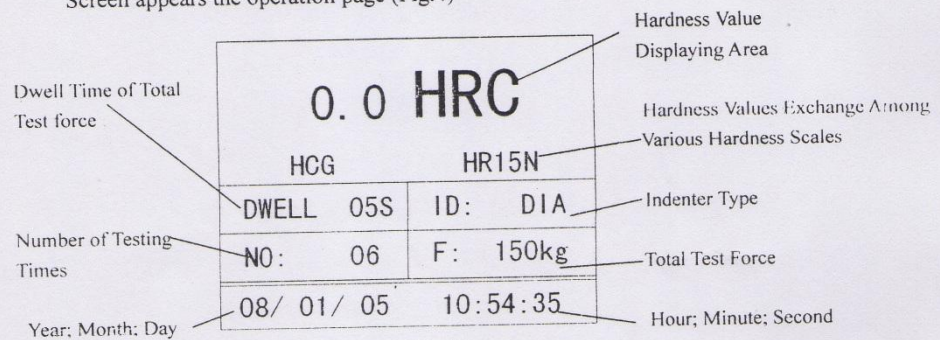




Fig.4

HRC			
01	063.6		
02	063.6		
03	063.9		
04	063.7		
05	063.7		
06	063.4		
MAX	063.9	AV	063.7
MIN	063.4	R	000.5

Fig.5



— Revise Key, Press the key, the Screen appears Menu of "REVISE ITEM". Press Upper or Down direction keys to select the item (Fig.7).

- CLR — Set Zero Key. Set zero to the hardness displaying area.
- DEL — Delete Key. Delete the hardness value measured in present test and the number of testing time will reduce 1.
- PRT — Print Key. the contents printed output are hardness value tested, average value, tolerance, the Min. Value and Max. Value, number of testing times, year, month, day, etc.
- DISP — Display Key. The main Screen will display the hardness value tested and calculate the Min. Value, Max. Value; average value and tolerance value of hardness test. Each time, the screen displays most hardness values of 12 tests. If you want to display the hardness values after 12th, Press “DISP” Key. Only Show two pages (Total 24 time tests.) as (Fig.5).
- OK — Confirm Key. Press this key after every selection.
-  — Upper and Down Direction Keys. In the Manu of “REVISE ITEM”, move the cursor upper or down for selection.
-  — Left and Right Direction Keys. In the Manu of “REVISE ITEM”, move the cursor left or right for selection.

V The Correct Usage of the Hardness Tester

- 5.1 Do all the preparatory work before the Use
 - 5.1.1 The surface of the specimen should be smooth and clean without any feculence, oxidized peels, concaves and the outstanding machining signs. The supporting plane of specimen and the testing table should be clean to assure a good smoothness between them.
 - 5.1.2 The Min. thickness of the specimen should be 10 times superior to the depth of the indentation. After the test, the back of the specimen should not have any visible signs of deformation (Fig.6).
 - 5.1.3 The specimen should be stably fixed on the testing table. There should be no any movement of the specimen during the loading of test force and the test force should be loaded perpendicularly on the specimen.
 - 5.1.4 The testing table should be chosen according to the shape and size of the specimen. If the specimen has an irregular shape, a special holder should be made in accordance with the particular geometrical shape, so as to measure out correct hardness displaying values.
 - 5.1.5 When the specimen is columned in shape, the V-shaped testing table must be used. The results of the test should be revised. The revised values are all positive numbers. The revised values of the Rockwell Hardness Scales for the convex columned specimen are as Table 4.

(Table 4)

Hardness Value (HR)	Diameter (mm) of the Columned Specimen								
	6	10	13	16	19	22	25	32	38
	Modified Value of Rockwell Scales A, B, C (HR)								
20				2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25			3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30			2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35		3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40		2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Hardness Value (HR)	Diameter of the Columned Specimen (mm)								
	6	10	13	16	19	22	25		
	Modified Value of Rockwell Scales B,F,G (HR)								
20				4.5	4.0	3.5	3.0		
30			5.0	4.5	3.5	3.0	2.5		
40			4.5	4.0	3.0	2.5	2.5		
50			4.0	3.5	3.0	2.5	2.0		
60		5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0		
70		4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5		
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5		
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0		
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5		

5.2 The Operation Procedure of The Hardness Tester

- 5.2.1 Test the HRC standard hardness block, and select the test force 1471N (150kg) and the diamond indenter according to Table 1. Rotate the Load-Change Hand Wheel clockwise to determine the total test force.
- 5.2.2 Push the Indenter (4) into the hole of main spindle closely against the supporting plane and make the caved plane of the indenter handle face the screw. Fasten slightly the Fastening Screw of Indenter (3), and then place the hardness block on the Testing Table (5).
- 5.2.3 Press the "REVI" Key to show the menu of "REVISE" (Fig.7)
- 5.2.4 Press Upper and Down Direction Keys to select the "SCALE", and then press the "OK" Key. on the main screen appears 12 Hardness Test Scales (Fig.8). If you select "HRC", press the OK key, the main screen turns to the testing state.

- 5.2.5 Operate according to the method described in the selection 5.2.3, and then select the hardness exchange scale (Fig.9) and the dwell time of total test force (Fig.10).
- 5.2.6 Turn the Rotating Wheel (7) clockwise to lift up the Up and Down Lead Screw. The specimen slowly touches the indenter without any shock until the hardness tester displays 580~610 in Hardness Value Displaying Area; at this time, the buzzer gives a sound, it has been loaded the initial test force. The Testing Table stops rising. (When the Testing Table moves up too fast and the screen display a value over 610, the buzzer produces a long sound, showing the operation is not correct. At this point, the Testing Table should be lowered down and the testing position should be changed for another test.)
- 5.2.7 The motor should be started, making the automatic loading of main test force. The dwell time of the total test force is 5 seconds and the screen will show back-counting of the dwell time to 0 second. The motor should be turned again; the instrument automatically unloads the main test force; then keeps the initial test force. When the buzzer sounds, read out the hardness value showed in the Hardness Value Displaying Area on the screen.



Note: During the loading and unloading of the test force, it is prohibited to rotate the Load-Change Hand Wheel. The forced rotation would damage the components inside the instrument, and cause the disorder to the test force.

- 5.2.8 Turn the Rotating Wheel anti-clockwise and lower down the Testing Table. And then change the testing points to be tested, repeat the operation described above.
- 5.2.9 The number of the point to be tested is not less than 5 (the first point in not include.) The number of the points to be tested may be reduced a bit for the specimen tested in a serial.
- 5.2.10 Press "PRT" Key to print and output will be done. The operation is completed.

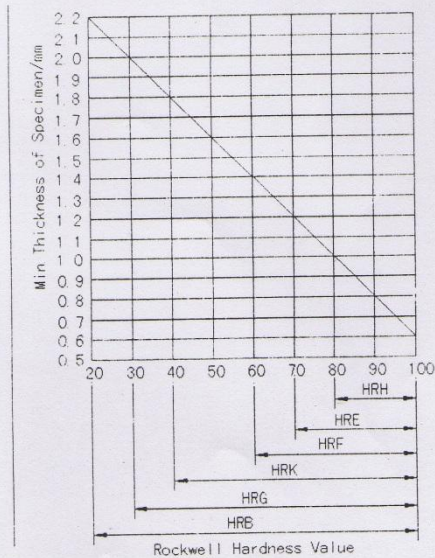
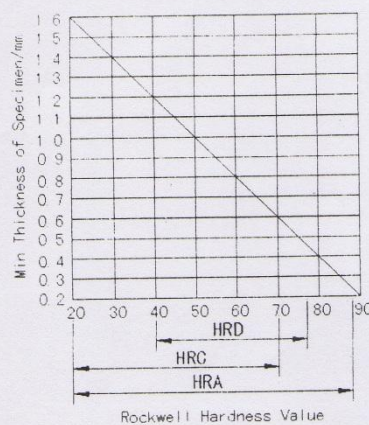


Fig.6

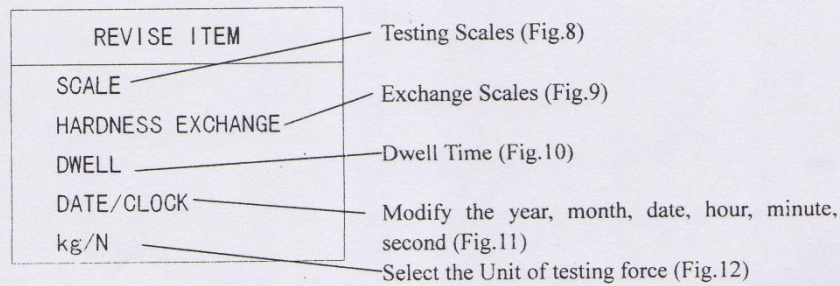


Fig.7

SCALE			
HRA	HRB	HRC	HRD
HRE	HRF	HRG	HRH
HRK	HRL	HRM	HRR

Fig.8

HARDNESS EXCHANGE			
HRA	HRB	HRC	HRD
HRF	HV	HK	HBW
HR15N	HR30N	HR45N	
HR15T	HR30T	HR45T	

Fig.9

DWELL
05s

Fig.10

DATE CLOCK
08 01 05 10:53:40

Fig.11

kg N
kg N

Fig.12

5.3 The Regulation of Displaying Hardness Value

The precision of the displaying hardness value of the tester is just calibrated before the instrument is turned out of the factory. If a tolerance is caused due to the transportation, the operator may regulate it based on the understanding of the instrument structure and principle. The method is as follows: Remove the Upper Cover. If the displaying value is inferior to the hardness value of standard hardness block, fix the M4 Screw Rod (24) with a screwdriver and unscrew the nut a little and rotate clockwise forward Screw (25) a bit (half a circle is about 1 degree higher); and then fix the Screw Rod and fasten the nut. Do the test and display value until the value stands in the tolerance range (Table 2). If the displaying value is higher than the hardness value of the standard hardness block, rotate the Screw in the opposite direction. (There are screwdriver and spanner in accessories kit)

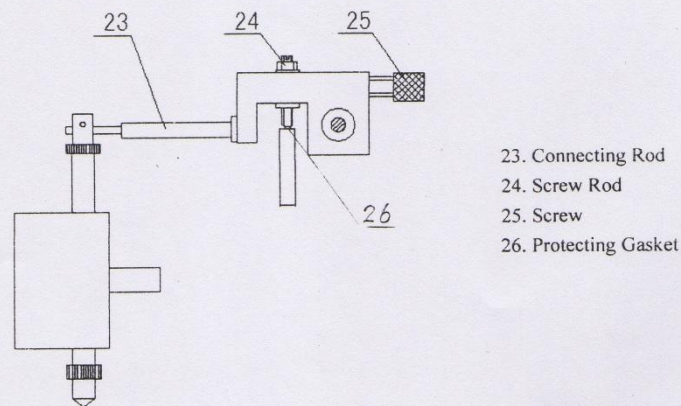


Fig.13

VI Maintenance of the Hardness Tester and the Precautions

- 6.1 The operator should observe the operation regulations and calibrate the instrument with the standard hardness block before and after the test. If the tester is rarely used, the several tests should be carried out to make the tester stable after start the instrument and then carry out the necessary tests.
- 6.2 During the hardness test, when the loading and unloading of the test force or the keep of the dwell time is being carried out, it is prohibited to turn the Load-Change Hand Wheel.
- 6.3 The standard hardness block should be used only on the working plane with the distance of the two neighboring indentations and distance of the center of the indentations to their edges are not inferior to 3 mm. The life time of the hardness blocks is 2 years.
- 6.4 Before the transportation of the tester, the Connecting Rod should be fixed, and the Weights and the Hanging Rod should be discharged. Disconnect the power source before the Weights and the Hanging Rod are taken out.
- 6.5 Keep the tester clean and cover the tester with anti-dust bag after the test, lubricate the standard hardness blocks and ball indenters with the rust protecting oil to avoid rust.
- 6.6 Carry out periodic inspection of the tester, at least once a year in order to assure the correct operation of the tester.
- 6.7 The Treatment of the Common Malfunctions of the Tester
When the test is in the un-working state, it is advisable to get in touch with the relative units for the repair. The normal and common problems should be dealt with by your self (Table 5.)

(Table 5)

Phenomenon	Possible Causes	Method Used
When the tester is switched on, the screen is not lit up	1 The current is blocked 2 The fuse is broken.	1 Check the power cable. 2 Change the fuse.
When the tester is on, the keys do not work	The instrument is not in working state.	When the tester is turned on, wait for a while until the instrument returns to the working state automatically.
The Up and Down Lead Screw is blocked	The space between the Up and Down Lead Screws is too small and they are blocked by the thread ends or feculence	Remove the protecting cover of the Up and Down Lead Screw and clean the screw threads and than hold handle of Rotating Wheel with two hands up and down to pull the Up and Down Lead Screw (It is prohibited to rub the Up and Down Lead Screw with abrasive paper)
The deviation of the displaying hardness value is too great.	1 The indenter is damaged 2 The Weights are not installed in order. 3 The tester is not placed in the horizontal level and the weights touch the inside wall of instrument body. 4 The total test force or the indenter is wrongly chosen. 5 The protecting cover of Up and Down Lead Screw is high over the supporting plane of the Testing Table	1 Change the diamond indenter or the ball indenter. 2 Install the weights according to Fig.3 3 Calibrate the tester with a level according to section 3.2.3 4 Select the testing force and the indenter according to the requirements in Table 1 5 Lower down the protecting cover of the Up and Down Lead Screw.

VII RS-232 Hyper Terminal Setting

The method to connect the hardness tester with the computer is as follows:

- 7.1 Before the tester is switched on, take the RS-232 communication cable out of the accessories kit and connect the tester with the computer (the computer must be power off). Insert the 9 core pin into the 9 core output RS232 Socket (13) of the tester, and insert another 9 core pin into the interface of COM on the computer.
- 7.2 Turn on the computer and single pressing on the computer page
START → PROCEDURE → ACCESSORIES → COMMUNICATION
→ HYPER TERMINAL
- 7.3 Get out of the Dialogue Bracket of "Connecting Descriptions", put in "AA" in the name column and press the key "Confirm". Get out the Dialogue Bracket connected and "Use (N) during the connection" In the Dialogue Bracket will be directly connected to the interface COM1 (or COM2) and than press the key Conform.
- 7.4 The Dialogue Bracket of "the Nature of COM1 (or COM 2)", input the Potter relation (B) into 9600", and the rest of the items remain the same. Press the Key


- “Confirm” to enter the page of AA Hyper Terminal and preserve the dialogue AA.
- 7.5 When the operation platform of the computer is Windows 98, in the procedure there might be no Hyper Terminal installed, and then single pressing in the page of the computer START → SET → CONTROL THE PANEL BOARD
→ ADD OR DELETE THE PROCEDURE → INSTALL THE HYPER TERMINAL.
- 7.6 After the hardness test is completed, the content printed out is the same with the display of the computer.

VIII. The Accessories (The Packing List)

No.	Description of Goods	Quantity
1	Diamond Rockwell Indenter	1 PC
2	φ1.5875mm ball Indenter	1 PC
3	Testing Table (Big, Meddle, "V"-Shaped) Standard Rockwell Hardness Block	TOTAL 3 PCS
4	HRB	1 PC
5	HRC (High, Lower)	TOTAL 2 PCS
6	Fuse 2A	2 PC
7	Power Cable	1 PC
8	RS-232 Cable	1 PC
9	Weight A.B.C	TOTAL 3 PCS
10	Level	1 PC
11	Horizontal Regulating Screws	4 PCS
12	Screwdriver	1 PC
13	Spanner	1 PC
14	Printer Operating Manual	1 PC
15	Usage Instruction Manual	1 PC

Our company also produces Metallurgical Equipments such as Metallurgical Sample Mounting Press, Metallurgical Sample Cutters and Metallurgical Sample Polishers, etc. Our products which can be divided in 5 classes, 8 kinds and over 40 types are the most idea and advanced metallurgical equipments among the same kinds products in China market and are warmly welcome by our users.

ANEXO N°5: CONSTANCIA DE SERVICIO UCSM ENSAYOS.


Universidad Católica de Santa María
☎ (51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350
AREQUIPA - PERÚ

**CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS DE ENSAYOS DE
MATERIALES DE LA EPIMMEM-UCSM**

CONSTANCIA



El suscrito, Ing. Emilio Chire Ramirez, Coordinador del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la EPIMMEM, hace constar que:

El señor **ROCA RADO, Arnaldo Percy**, ha realizado 07 ensayos de Tracción de metales, 07 ensayos de Charpy y 03 ensayos de dureza de metales respectivamente, resultados que fueron entregados en forma digital al interesado.

Se expide la presente a solicitud del interesado.

Arequipa, 12 de Diciembre del 2016

BOLETA N° 0688762
Ensayos ejecutados por: Ing. Emilio Chire R.



ING. EMILIO CHIRE RAMIREZ
COORDINADOR DEL LABORATORIO

ANEXO N°6: NORMA ASTM A 370.



Designation: A 370 – 03a

Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products¹

This standard is issued under the fixed designation A 370; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 These test methods² cover procedures and definitions for the mechanical testing of wrought and cast steels, stainless steels, and related alloys. The various mechanical tests herein described are used to determine properties required in the product specifications. Variations in testing methods are to be avoided, and standard methods of testing are to be followed to obtain reproducible and comparable results. In those cases in which the testing requirements for certain products are unique or at variance with these general procedures, the product specification testing requirements shall control.

1.2 The following mechanical tests are described:

	Sections
Tension	5 to 13
Bend	14
Hardness	15
Brinell	16
Rockwell	17
Portable	18
Impact	19 to 28
Keywords	29

1.3 Annexes covering details peculiar to certain products are appended to these test methods as follows:

Bar Products	Annex A1.1
Tubular Products	Annex A2
Fasteners	Annex A3
Round Wire Products	Annex A4
Significance of Notched-Bar Impact Testing	Annex A5
Converting Percentage Elongation of Round Specimens to Equivalents for Flat Specimens	Annex A6
Testing Multi-Wire Strand	Annex A7
Rounding of Test Data	Annex A8
Methods for Testing Steel Reinforcing Bars	Annex A9
Procedure for Use and Control of Heat-Cycle Simulation	Annex A10

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.5 When this document is referenced in a metric product specification, the yield and tensile values may be determined in

inch-pound (ksi) units then converted into SI (MPa) units. The elongation determined in inch-pound gage lengths of 2 or 8 in. may be reported in SI unit gage lengths of 50 or 200 mm, respectively, as applicable. Conversely, when this document is referenced in an inch-pound product specification, the yield and tensile values may be determined in SI units then converted into inch-pound units. The elongation determined in SI unit gage lengths of 50 or 200 mm may be reported in inch-pound gage lengths of 2 or 8 in., respectively, as applicable.

1.6 Attention is directed to Practices A 880 and E 1595 when there may be a need for information on criteria for evaluation of testing laboratories.

1.7 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 703/A 703M Specification for Steel Castings, General Requirements, for Pressure-Containing Parts³
- A 781/A 781M Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use³
- A 833 Practice for Indentation Hardness of Metallic Materials by Comparison Hardness Testers⁴
- A 880 Practice for Criteria for Use in Evaluation of Testing Laboratories and Organizations for Examination and Inspection of Steel, Stainless Steel, and Related Alloys⁵
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁶
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁶
- E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials⁶
- E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]⁶
- E 10 Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials⁶

¹ These test methods and definitions are under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and are the direct responsibility of Subcommittee A01.13 on Mechanical and Chemical Testing and Processing Methods of Steel Products and Processes.

Current edition approved Oct. 1, 2003. Published October 2003. Originally approved in 1953. Last previous edition approved in 2003 as A 370 – 03.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Specification SA-370 in Section II of that Code.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

A 370 – 03a

- E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials⁶
- E 23 Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials⁶
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁷
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁶
- E 110 Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers⁶
- E 190 Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds⁶
- E 208 Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels⁶
- E 290 Test Method for Bend Test of Material for Ductility⁶
- E 1595 Practice for Evaluating the Performance of Mechanical Testing Laboratories⁸
- 2.2 *Other Document:*
ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division I, Part UG-84⁹

3. General Precautions

3.1 Certain methods of fabrication, such as bending, forming, and welding, or operations involving heating, may affect the properties of the material under test. Therefore, the product specifications cover the stage of manufacture at which mechanical testing is to be performed. The properties shown by testing prior to fabrication may not necessarily be representative of the product after it has been completely fabricated.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.
⁸ Discontinued, see 2001 Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.
⁹ Available from American Society of Mechanical Engineers, 345 E. 47th Street, New York, NY 10017.

3.2 Improper machining or preparation of test specimens may give erroneous results. Care should be exercised to assure good workmanship in machining. Improperly machined specimens should be discarded and other specimens substituted.

3.3 Flaws in the specimen may also affect results. If any test specimen develops flaws, the retest provision of the applicable product specification shall govern.

3.4 If any test specimen fails because of mechanical reasons such as failure of testing equipment or improper specimen preparation, it may be discarded and another specimen taken.

4. Orientation of Test Specimens

4.1 The terms “longitudinal test” and “transverse test” are used only in material specifications for wrought products and are not applicable to castings. When such reference is made to a test coupon or test specimen, the following definitions apply:

4.1.1 *Longitudinal Test*, unless specifically defined otherwise, signifies that the lengthwise axis of the specimen is parallel to the direction of the greatest extension of the steel during rolling or forging. The stress applied to a longitudinal tension test specimen is in the direction of the greatest extension, and the axis of the fold of a longitudinal bend test specimen is at right angles to the direction of greatest extension (Fig. 1, Fig. 2a, and 2b).

4.1.2 *Transverse Test*, unless specifically defined otherwise, signifies that the lengthwise axis of the specimen is at right angles to the direction of the greatest extension of the steel during rolling or forging. The stress applied to a transverse tension test specimen is at right angles to the greatest extension, and the axis of the fold of a transverse bend test specimen is parallel to the greatest extension (Fig. 1).

4.2 The terms “radial test” and “tangential test” are used in material specifications for some wrought circular products and are not applicable to castings. When such reference is made to a test coupon or test specimen, the following definitions apply:

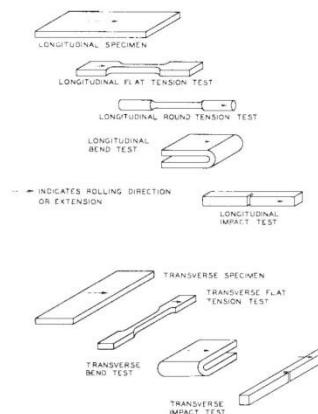


FIG. 1 The Relation of Test Coupons and Test Specimens to Rolling Direction or Extension (Applicable to General Wrought Products)

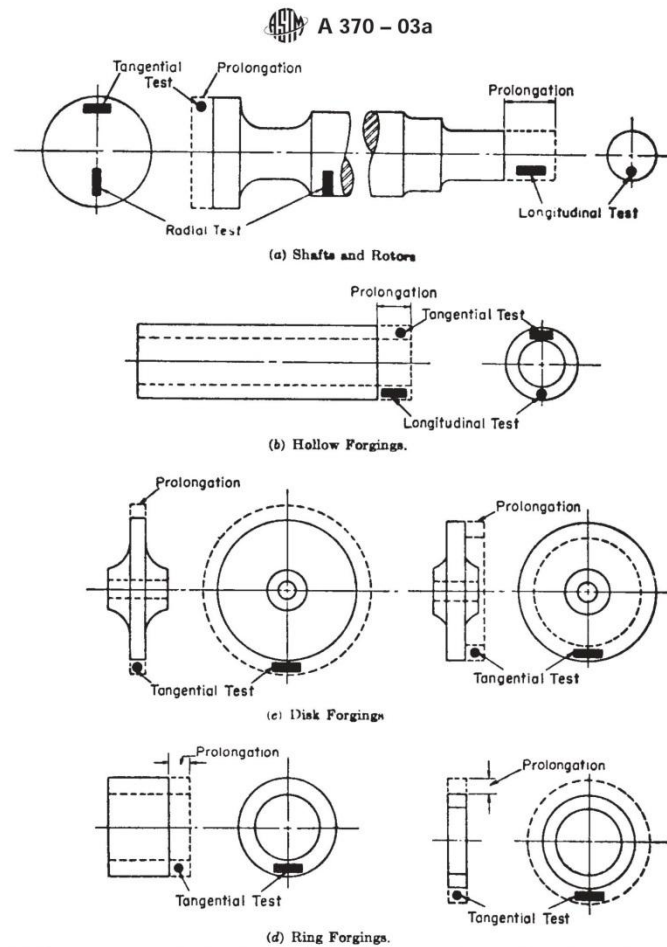


FIG. 2 Location of Longitudinal Tension Test Specimens in Rings Cut from Tubular Products

4.2.1 *Radial Test*, unless specifically defined otherwise, signifies that the lengthwise axis of the specimen is perpendicular to the axis of the product and coincident with one of the radii of a circle drawn with a point on the axis of the product as a center (Fig. 2a).

4.2.2 *Tangential Test*, unless specifically defined otherwise, signifies that the lengthwise axis of the specimen is perpendicular to a plane containing the axis of the product and tangent to a circle drawn with a point on the axis of the product as a center (Fig. 2a, 2b, 2c, and 2d).

TENSION TEST

5. Description

5.1 The tension test related to the mechanical testing of steel products subjects a machined or full-section specimen of the

material under examination to a measured load sufficient to cause rupture. The resulting properties sought are defined in Terminology E 6.

5.2 In general, the testing equipment and methods are given in Test Methods E 8. However, there are certain exceptions to Test Methods E 8 practices in the testing of steel, and these are covered in these test methods.

6. Terminology

6.1 For definitions of terms pertaining to tension testing, including tensile strength, yield point, yield strength, elongation, and reduction of area, reference should be made to Terminology E 6.

 A 370 – 03a

7. Testing Apparatus and Operations

7.1 *Loading Systems*—There are two general types of loading systems, mechanical (screw power) and hydraulic. These differ chiefly in the variability of the rate of load application. The older screw power machines are limited to a small number of fixed free running crosshead speeds. Some modern screw power machines, and all hydraulic machines permit stepless variation throughout the range of speeds.

7.2 The tension testing machine shall be maintained in good operating condition, used only in the proper loading range, and calibrated periodically in accordance with the latest revision of Practices E 4.

NOTE 1—Many machines are equipped with stress-strain recorders for autographic plotting of stress-strain curves. It should be noted that some recorders have a load measuring component entirely separate from the load indicator of the testing machine. Such recorders are calibrated separately.

7.3 *Loading*—It is the function of the gripping or holding device of the testing machine to transmit the load from the heads of the machine to the specimen under test. The essential requirement is that the load shall be transmitted axially. This implies that the centers of the action of the grips shall be in alignment, insofar as practicable, with the axis of the specimen at the beginning and during the test and that bending or twisting be held to a minimum. For specimens with a reduced section, gripping of the specimen shall be restricted to the grip section. In the case of certain sections tested in full size, nonaxial loading is unavoidable and in such cases shall be permissible.

7.4 *Speed of Testing*—The speed of testing shall not be greater than that at which load and strain readings can be made accurately. In production testing, speed of testing is commonly expressed: (1) in terms of free running crosshead speed (rate of movement of the crosshead of the testing machine when not under load), (2) in terms of rate of separation of the two heads of the testing machine under load, (3) in terms of rate of stressing the specimen, or (4) in terms of rate of straining the specimen. The following limitations on the speed of testing are recommended as adequate for most steel products:

NOTE 2—Tension tests using closed-loop machines (with feedback control of rate) should not be performed using load control, as this mode of testing will result in acceleration of the crosshead upon yielding and elevation of the measured yield strength.

7.4.1 Any convenient speed of testing may be used up to one half the specified yield point or yield strength. When this point is reached, the free-running rate of separation of the crossheads shall be adjusted so as not to exceed $\frac{1}{16}$ in. per min per inch of reduced section, or the distance between the grips for test specimens not having reduced sections. This speed shall be maintained through the yield point or yield strength. In determining the tensile strength, the free-running rate of separation of the heads shall not exceed $\frac{1}{2}$ in. per min per inch of reduced section, or the distance between the grips for test specimens not having reduced sections. In any event, the minimum speed of testing shall not be less than $\frac{1}{10}$ the specified maximum rates for determining yield point or yield strength and tensile strength.

7.4.2 It shall be permissible to set the speed of the testing machine by adjusting the free running crosshead speed to the above specified values, inasmuch as the rate of separation of heads under load at these machine settings is less than the specified values of free running crosshead speed.

7.4.3 As an alternative, if the machine is equipped with a device to indicate the rate of loading, the speed of the machine from half the specified yield point or yield strength through the yield point or yield strength may be adjusted so that the rate of stressing does not exceed 100 000 psi (690 MPa)/min. However, the minimum rate of stressing shall not be less than 10 000 psi (70 MPa)/min.

8. Test Specimen Parameters

8.1 *Selection*—Test coupons shall be selected in accordance with the applicable product specifications.

8.1.1 *Wrought Steels*—Wrought steel products are usually tested in the longitudinal direction, but in some cases, where size permits and the service justifies it, testing is in the transverse, radial, or tangential directions (see Fig. 1 and Fig. 2).

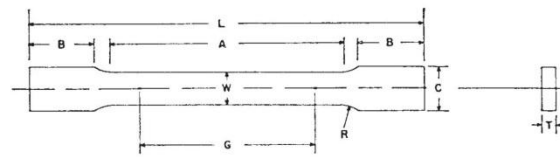
8.1.2 *Forged Steels*—For open die forgings, the metal for tension testing is usually provided by allowing extensions or prolongations on one or both ends of the forgings, either on all or a representative number as provided by the applicable product specifications. Test specimens are normally taken at mid-radius. Certain product specifications permit the use of a representative bar or the destruction of a production part for test purposes. For ring or disk-like forgings test metal is provided by increasing the diameter, thickness, or length of the forging. Upset disk or ring forgings, which are worked or extended by forging in a direction perpendicular to the axis of the forging, usually have their principal extension along concentric circles and for such forgings tangential tension specimens are obtained from extra metal on the periphery or end of the forging. For some forgings, such as rotors, radial tension tests are required. In such cases the specimens are cut or trepanned from specified locations.

8.1.3 *Cast Steels*—Test coupons for castings from which tension test specimens are prepared shall be in accordance with the requirements of Specifications A 703/A 703M or A 781/A 781M, as applicable.

8.2 *Size and Tolerances*—Test specimens shall be the full thickness or section of material as-rolled, or may be machined to the form and dimensions shown in Figs. 3-6, inclusive. The selection of size and type of specimen is prescribed by the applicable product specification. Full section specimens shall be tested in 8-in. (200-mm) gage length unless otherwise specified in the product specification.

8.3 *Procurement of Test Specimens*—Specimens shall be sheared, blanked, sawed, trepanned, or oxygen-cut from portions of the material. They are usually machined so as to have a reduced cross section at mid-length in order to obtain uniform distribution of the stress over the cross section and to localize the zone of fracture. When test coupons are sheared, blanked, sawed, or oxygen-cut, care shall be taken to remove by machining all distorted, cold-worked, or heat-affected areas from the edges of the section used in evaluating the test.

A 370 – 03a



DIMENSIONS

	Standard Specimens				Subsize Specimen	
	Plate-Type, 1½-in. Wide		Sheet-Type, ½-in. Wide		¼-in. Wide	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—Gage length (Notes 1 and 2)	8.00 ± 0.01	200 ± 0.25	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	1.000 ± 0.003	25.0 ± 0.08
W—Width (Notes 3, 5, and 6)	1½ + ⅛ – ¼	40 + 3 – 6	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.250 ± 0.002	6.25 ± 0.05
T—Thickness (Note 7)			Thickness of Material			
R—Radius of fillet, min (Note 4)	½	13	½	13	¼	6
L—Over-all length, min (Notes 2 and 8)	18	450	8	200	4	100
A—Length of reduced section, min	9	225	2¼	60	1¼	32
B—Length of grip section, min (Note 9)	3	75	2	50	1¼	32
C—Width of grip section, approximate (Notes 4, 10, and 11)	2	50	¾	20	¾	10

NOTE 1—For the 1½-in. (40-mm) wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 1 in. (25 mm) apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. (200 mm) apart may be used.

NOTE 2—For the ½-in. (12.5-mm) wide specimen, gage marks for measuring the elongation after fracture shall be made on the ½-inch (12.5-mm) face or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of three or more marks 1.0 in. (25 mm) apart or one or more pairs of marks 2 in. (50 mm) apart may be used.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.002 or 0.001 in. (0.10, 0.05 or 0.025 mm), respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at either end shall not be more than 0.015 in., 0.005 in., or 0.003 in. (0.40, 0.10 or 0.08 mm), respectively, larger than the width at the center.

NOTE 4—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other with a tolerance of 0.05 in. (1.25 mm), and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in. (2.5 mm).

NOTE 5—For each of the three sizes of specimens, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

NOTE 6—The specimen may be modified by making the sides parallel throughout the length of the specimen, the width and tolerances being the same as those specified above. When necessary a narrower specimen may be used, in which case the width should be as great as the width of the material being tested permits. If the width is 1½ in. (38 mm) or less, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.

NOTE 7—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum nominal thickness of 1½-in. (40-mm) wide specimens shall be ⅜ in. (5 mm), except as permitted by the product specification. Maximum nominal thickness of ½-in. (12.5-mm) and ¼-in. (6-mm) wide specimens shall be ¾ in. (19 mm) and ¼ in. (6 mm), respectively.

NOTE 8—To aid in obtaining axial loading during testing of ¼-in. (6-mm) wide specimens, the overall length should be as the material will permit.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of ½-in. (13-mm) wide specimens is over ⅜ in. (10 mm), longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For standard sheet-type specimens and subsize specimens the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.01 and 0.005 in. (0.25 and 0.13 mm), respectively. However, for steel if the ends of the ½-in. (12.5-mm) wide specimen are symmetrical within 0.05 in. (1.0 mm) a specimen may be considered satisfactory for all but referee testing.

NOTE 11—For standard plate-type specimens the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.25 in. (6.35 mm) except for referee testing in which case the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.10 in. (2.5 mm).

FIG. 3 Rectangular Tension Test Specimens

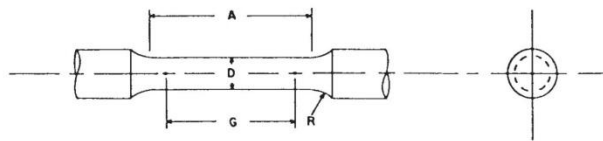
8.4 *Aging of Test Specimens*—Unless otherwise specified, it shall be permissible to age tension test specimens. The time-temperature cycle employed must be such that the effects of previous processing will not be materially changed. It may be accomplished by aging at room temperature 24 to 48 h, or in

shorter time at moderately elevated temperatures by boiling in water, heating in oil or in an oven.

8.5 *Measurement of Dimensions of Test Specimens*:

8.5.1 *Standard Rectangular Tension Test Specimens*—These forms of specimens are shown in Fig. 3. To determine the

A 370 - 03a



Nominal Diameter	DIMENSIONS									
	Standard Specimen				Small-Size Specimens Proportional to Standard					
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—Gage length	2.00 ± 0.005	50.0 ± 0.10	1.400 ± 0.005	35.0 ± 0.10	1.000 ± 0.005	25.0 ± 0.10	0.640 ± 0.005	16.0 ± 0.10	0.450 ± 0.005	10.0 ± 0.10
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.350 ± 0.007	8.75 ± 0.18	0.250 ± 0.005	6.25 ± 0.12	0.160 ± 0.003	4.00 ± 0.08	0.113 ± 0.002	2.50 ± 0.05
R—Radius of fillet, min	3/8	10	1/4	6	3/16	5	5/32	4	3/32	2
A—Length of reduced section, min (Note 2)	2 1/4	60	1 3/4	45	1 1/4	32	3/4	20	5/8	16

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than 1 percent larger in diameter than the center (controlling dimension).

NOTE 2—If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference marks for the measurement of elongation should, nevertheless, be spaced at the indicated gage length.

NOTE 3—The gage length and fillets shall be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial (see Fig. 9). If the ends are to be held in wedge grips it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 4—On the round specimens in Fig. 5 and Fig. 6, the gage lengths are equal to four times the nominal diameter. In some product specifications other specimens may be provided for, but unless the 4-to-1 ratio is maintained within dimensional tolerances, the elongation values may not be comparable with those obtained from the standard test specimen.

NOTE 5—The use of specimens smaller than 0.250-in. (6.25-mm) diameter shall be restricted to cases when the material to be tested is of insufficient size to obtain larger specimens or when all parties agree to their use for acceptance testing. Smaller specimens require suitable equipment and greater skill in both machining and testing.

NOTE 6—Five sizes of specimens often used have diameters of approximately 0.505, 0.357, 0.252, 0.160, and 0.113 in., the reason being to permit easy calculations of stress from loads, since the corresponding cross sectional areas are equal or close to 0.200, 0.100, 0.0500, 0.0200, and 0.0100 in.², respectively. Thus, when the actual diameters agree with these values, the stresses (or strengths) may be computed using the simple multiplying factors 5, 10, 20, 50, and 100, respectively. (The metric equivalents of these fixed diameters do not result in correspondingly convenient cross sectional area and multiplying factors.)

FIG. 4 Standard 0.500-in. (12.5-mm) Round Tension Test Specimen with 2-in. (50-mm) Gage Length and Examples of Small-Size Specimens Proportional to the Standard Specimens

cross-sectional area, the center width dimension shall be measured to the nearest 0.005 in. (0.13 mm) for the 8-in. (200-mm) gage length specimen and 0.001 in. (0.025 mm) for the 2-in. (50-mm) gage length specimen in Fig. 3. The center thickness dimension shall be measured to the nearest 0.001 in. for both specimens.

8.5.2 *Standard Round Tension Test Specimens*—These forms of specimens are shown in Fig. 4 and Fig. 5. To determine the cross-sectional area, the diameter shall be measured at the center of the gage length to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) (see Table 1).

8.6 *General*—Test specimens shall be either substantially full size or machined, as prescribed in the product specifications for the material being tested.

8.6.1 Improperly prepared test specimens often cause unsatisfactory test results. It is important, therefore, that care be exercised in the preparation of specimens, particularly in the machining, to assure good workmanship.

8.6.2 It is desirable to have the cross-sectional area of the specimen smallest at the center of the gage length to ensure fracture within the gage length. This is provided for by the

taper in the gage length permitted for each of the specimens described in the following sections.

8.6.3 For brittle materials it is desirable to have fillets of large radius at the ends of the gage length.

9. Plate-Type Specimen

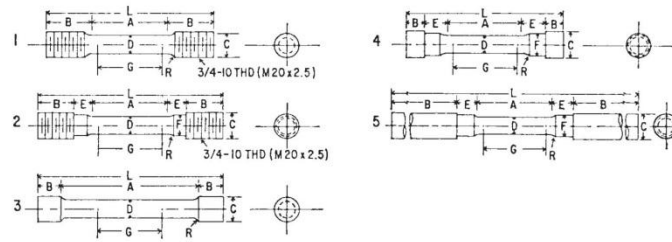
9.1 The standard plate-type test specimen is shown in Fig. 3. This specimen is used for testing metallic materials in the form of plate, structural and bar-size shapes, and flat material having a nominal thickness of 3/16 in. (5 mm) or over. When product specifications so permit, other types of specimens may be used.

NOTE 3—When called for in the product specification, the 8-in. gage length specimen of Fig. 3 may be used for sheet and strip material.

10. Sheet-Type Specimen

10.1 The standard sheet-type test specimen is shown in Fig. 3. This specimen is used for testing metallic materials in the form of sheet, plate, flat wire, strip, band, and hoop ranging in nominal thickness from 0.005 to 3/4 in. (0.13 to 19 mm). When product specifications so permit, other types of specimens may be used, as provided in Section 9 (see Note 3).

A 370 - 03a



DIMENSIONS

	Specimen 1		Specimen 2		Specimen 3		Specimen 4		Specimen 5	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—Gage length	2.000± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000± 0.005	50.0 ± 0.10	2.00± 0.005	50.0 ± 0.10
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500± 0.010	12.5 ± 0.25
R—Radius of fillet, min	3/8	10	3/8	10	1/16	2	3/8	10	3/8	10
A—Length of reduced section	2 1/4, min	60, min	2 1/4, min	60, min	4, ap- proxi- mately	100, ap- proxi- mately	2 1/4, min	60, min	2 1/4, min	60, min
L—Overall length, approximate	5	125	5 1/2	140	5 1/2	140	4 3/4	120	9 1/2	240
B—Grip section (Note 2)	1 3/8, ap- proxi- mately	35, ap- proxi- mately	1, ap- proxi- mately	25, ap- proxi- mately	3/4, ap- proxi- mately	20, ap- proxi- mately	1/2, ap- proxi- mately	13, ap- proxi- mately	3, min	75, min
C—Diameter of end section	3/4	20	3/4	20	2 3/32	18	7/8	22	3/4	20
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	...	...	3/8	16	...	...	3/4	20	5/8	16
F—Diameter of shoulder	...	...	3/8	16	...	...	3/8	16	19/32	15

NOTE 1—The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center with the ends not more than 0.005 in. (0.10 mm) larger in diameter than the center.

NOTE 2—On Specimen 5 it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips.

NOTE 3—The types of ends shown are applicable for the standard 0.500-in. round tension test specimen; similar types can be used for subsize specimens. The use of UNF series of threads (3/4 by 16, 1/2 by 20, 3/8 by 24, and 1/4 by 28) is suggested for high-strength brittle materials to avoid fracture in the thread portion.

FIG. 5 Suggested Types of Ends for Standard Round Tension Test Specimens

11. Round Specimens

11.1 The standard 0.500-in. (12.5-mm) diameter round test specimen shown in Fig. 4 is used quite generally for testing metallic materials, both cast and wrought.

11.2 Fig. 4 also shows small size specimens proportional to the standard specimen. These may be used when it is necessary to test material from which the standard specimen or specimens shown in Fig. 3 cannot be prepared. Other sizes of small round specimens may be used. In any such small size specimen it is important that the gage length for measurement of elongation be four times the diameter of the specimen (see Note 4, Fig. 4).

11.3 The shape of the ends of the specimens outside of the gage length shall be suitable to the material and of a shape to fit the holders or grips of the testing machine so that the loads are applied axially. Fig. 5 shows specimens with various types of ends that have given satisfactory results.

12. Gage Marks

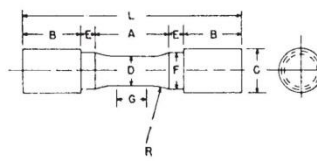
12.1 The specimens shown in Figs. 3-6 shall be gage marked with a center punch, scribe marks, multiple device, or drawn with ink. The purpose of these gage marks is to determine the percent elongation. Punch marks shall be light,

sharp, and accurately spaced. The localization of stress at the marks makes a hard specimen susceptible to starting fracture at the punch marks. The gage marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the flat tension test specimen and within the parallel section; for the 8-in. gage length specimen, Fig. 3, one or more sets of 8-in. gage marks may be used, intermediate marks within the gage length being optional. Rectangular 2-in. gage length specimens, Fig. 3, and round specimens, Fig. 4, are gage marked with a double-pointed center punch or scribe marks. One or more sets of gage marks may be used; however, one set must be approximately centered in the reduced section. These same precautions shall be observed when the test specimen is full section.

13. Determination of Tensile Properties

13.1 *Yield Point*—Yield point is the first stress in a material, less than the maximum obtainable stress, at which an increase in strain occurs without an increase in stress. Yield point is intended for application only for materials that may exhibit the unique characteristic of showing an increase in strain without an increase in stress. The stress-strain diagram is characterized

A 370 - 03a



DIMENSIONS

	Specimen 1		Specimen 2		Specimen 3	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G—Length of parallel	Shall be equal to or greater than diameter <i>D</i>					
<i>D</i> —Diameter	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.750 ± 0.015	20.0 ± 0.40	1.25 ± 0.025	30.0 ± 0.60
<i>R</i> —Radius of fillet, min	1	25	1	25	2	50
<i>A</i> —Length of reduced section, min	1 1/4	32	1 1/2	38	2 1/4	60
<i>L</i> —Over-all length, min	3 3/4	95	4	100	6 3/8	160
<i>B</i> —Grip section, approximate	1	25	1	25	1 3/4	45
<i>C</i> —Diameter of end section, approximate	3/4	20	1 1/8	30	1 7/8	48
<i>E</i> —Length of shoulder, min	1/4	6	1/4	6	5/16	8
<i>F</i> —Diameter of shoulder	5/8 ± 1/64	16.0 ± 0.40	15/16 ± 1/64	24.0 ± 0.40	1 7/16 ± 1/64	36.5 ± 0.40

NOTE 1—The reduced section and shoulders (dimensions *A*, *D*, *E*, *F*, *G*, and *R*) shall be shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial. Commonly the ends are threaded and have the dimensions *B* and *C* given above.

FIG. 6 Standard Tension Test Specimens for Cast Iron

TABLE 1 Multiplying Factors to Be Used for Various Diameters of Round Test Specimens

Standard Specimen			Small Size Specimens Proportional to Standard					
0.500 in. Round			0.350 in. Round			0.250 in. Round		
Actual Diameter, in.	Area, in. ²	Multiplying Factor	Actual Diameter, in.	Area, in. ²	Multiplying Factor	Actual Diameter, in.	Area, in. ²	Multiplying Factor
0.490	0.1886	5.30	0.343	0.0924	10.82	0.245	0.0471	21.21
0.491	0.1893	5.28	0.344	0.0929	10.76	0.246	0.0475	21.04
0.492	0.1901	5.26	0.345	0.0935	10.70	0.247	0.0479	20.87
0.493	0.1909	5.24	0.346	0.0940	10.64	0.248	0.0483	20.70
0.494	0.1917	5.22	0.347	0.0946	10.57	0.249	0.0487	20.54
0.495	0.1924	5.20	0.348	0.0951	10.51	0.250	0.0491	20.37
0.496	0.1932	5.18	0.349	0.0957	10.45	0.251	0.0495	20.21
							(0.05) ^A	(20.0) ^A
0.497	0.1940	5.15	0.350	0.0962	10.39	0.252	0.0499	20.05
							(0.05) ^A	(20.0) ^A
0.498	0.1948	5.13	0.351	0.0968	10.33	0.253	0.0503	19.89
							(0.05) ^A	(20.0) ^A
0.499	0.1956	5.11	0.352	0.0973	10.28	0.254	0.0507	19.74
0.500	0.1963	5.09	0.353	0.0979	10.22	0.255	0.0511	19.58
0.501	0.1971	5.07	0.354	0.0984	10.16	...	...	...
0.502	0.1979	5.05	0.355	0.0990	10.10	...	...	...
0.503	0.1987	5.03	0.356	0.0995	10.05	...	...	...
				(0.1) ^A	(10.0) ^A	...	...	...
0.504	0.1995	5.01	0.357	0.1001	9.99	...	...	...
	(0.2) ^A	(5.0) ^A		(0.1) ^A	(10.0) ^A	...	...	...
0.505	0.2003	4.99	...	...	...	...	...	...
	(0.2) ^A	(5.0) ^A	...	...	...	...	...	...
0.506	0.2011	4.97	...	...	...	...	...	...
	(0.2) ^A	(5.0) ^A	...	...	...	...	...	...
0.507	0.2019	4.95	...	...	...	...	...	...
0.508	0.2027	4.93	...	...	...	...	...	...
0.509	0.2035	4.91	...	...	...	...	...	...
0.510	0.2043	4.90	...	...	...	...	...	...

^A The values in parentheses may be used for ease in calculation of stresses, in pounds per square inch, as permitted in 5 of Fig. 4.

by a sharp knee or discontinuity. Determine yield point by one of the following methods:

13.1.1 *Drop of the Beam or Halt of the Pointer Method*—In this method, apply an increasing load to the specimen at a uniform rate. When a lever and poise machine is used, keep the beam in balance by running out the poise at approximately a

steady rate. When the yield point of the material is reached, the increase of the load will stop, but run the poise a trifle beyond the balance position, and the beam of the machine will drop for a brief but appreciable interval of time. When a machine equipped with a load-indicating dial is used there is a halt or hesitation of the load-indicating pointer corresponding to the

A 370 – 03a

drop of the beam. Note the load at the “drop of the beam” or the “halt of the pointer” and record the corresponding stress as the yield point.

13.1.2 *Autographic Diagram Method*—When a sharp-kneed stress-strain diagram is obtained by an autographic recording device, take the stress corresponding to the top of the knee (Fig. 7), or the stress at which the curve drops as the yield point.

13.1.3 *Total Extension Under Load Method*—When testing material for yield point and the test specimens may not exhibit a well-defined disproportionate deformation that characterizes a yield point as measured by the drop of the beam, halt of the pointer, or autographic diagram methods described in 13.1.1 and 13.1.2, a value equivalent to the yield point in its practical significance may be determined by the following method and may be recorded as yield point: Attach a Class C or better extensometer (Note 4 and Note 5) to the specimen. When the load producing a specified extension (Note 6) is reached record the stress corresponding to the load as the yield point (Fig. 8).

NOTE 4—Automatic devices are available that determine the load at the specified total extension without plotting a stress-strain curve. Such devices may be used if their accuracy has been demonstrated. Multiplying calipers and other such devices are acceptable for use provided their accuracy has been demonstrated as equivalent to a Class C extensometer.

NOTE 5—Reference should be made to Practice E 83.

NOTE 6—For steel with a yield point specified not over 80 000 psi (550 MPa), an appropriate value is 0.005 in./in. of gage length. For values above 80 000 psi, this method is not valid unless the limiting total extension is increased.

NOTE 7—The shape of the initial portion of an autographically determined stress-strain (or a load-elongation) curve may be influenced by numerous factors such as the seating of the specimen in the grips, the straightening of a specimen bent due to residual stresses, and the rapid loading permitted in 7.4.1. Generally, the aberrations in this portion of the curve should be ignored when fitting a modulus line, such as that used to determine the extension-under-load yield, to the curve.

13.2 *Yield Strength*—Yield strength is the stress at which a material exhibits a specified limiting deviation from the proportionality of stress to strain. The deviation is expressed in

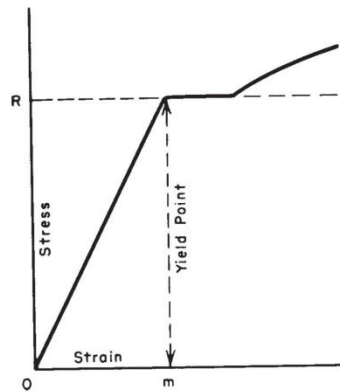


FIG. 7 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point Corresponding with Top of Knee

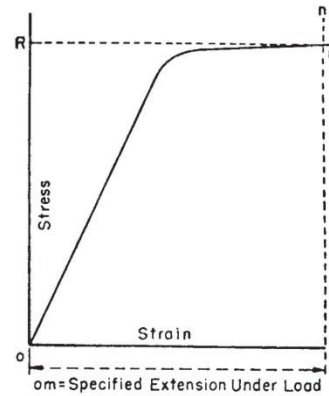


FIG. 8 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point or Yield Strength by Extension Under Load Method

terms of strain, percent offset, total extension under load, etc. Determine yield strength by one of the following methods:

13.2.1 *Offset Method*—To determine the yield strength by the “offset method,” it is necessary to secure data (autographic or numerical) from which a stress-strain diagram with a distinct modulus characteristic of the material being tested may be drawn. Then on the stress-strain diagram (Fig. 9) lay off Om equal to the specified value of the offset, draw mn parallel to OA , and thus locate r , the intersection of mn with the stress-strain curve corresponding to load R , which is the yield-strength load. In recording values of yield strength obtained by this method, the value of offset specified or used,

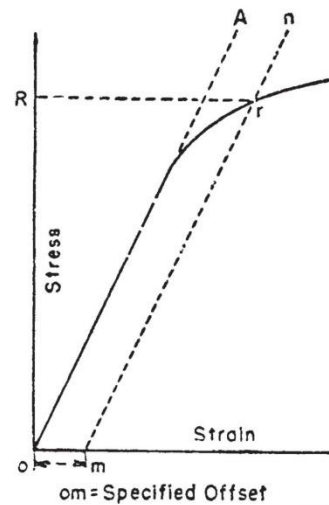


FIG. 9 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Offset Method

 A 370 – 03a

or both, shall be stated in parentheses after the term yield strength, for example:

$$\text{Yield strength (0.2 \% offset)} = 52\,000 \text{ psi (360 MPa)} \quad (1)$$

When the offset is 0.2 % or larger, the extensometer used shall qualify as a Class B2 device over a strain range of 0.05 to 1.0 %. If a smaller offset is specified, it may be necessary to specify a more accurate device (that is, a Class B1 device) or reduce the lower limit of the strain range (for example, to 0.01 %) or both. See also Note 9 for automatic devices.

NOTE 8—For stress-strain diagrams not containing a distinct modulus, such as for some cold-worked materials, it is recommended that the extension under load method be utilized. If the offset method is used for materials without a distinct modulus, a modulus value appropriate for the material being tested should be used: 30 000 000 psi (207 000 MPa) for carbon steel; 29 000 000 psi (200 000 MPa) for ferritic stainless steel; 28 000 000 psi (193 000 MPa) for austenitic stainless steel. For special alloys, the producer should be contacted to discuss appropriate modulus values.

13.2.2 Extension Under Load Method—For tests to determine the acceptance or rejection of material whose stress-strain characteristics are well known from previous tests of similar material in which stress-strain diagrams were plotted, the total strain corresponding to the stress at which the specified offset (see Note 9 and Note 10) occurs will be known within satisfactory limits. The stress on the specimen, when this total strain is reached, is the value of the yield strength. In recording values of yield strength obtained by this method, the value of “extension” specified or used, or both, shall be stated in parentheses after the term yield strength, for example:

$$\text{Yield strength (0.5 \% EUL)} = 52\,000 \text{ psi (360 MPa)} \quad (2)$$

The total strain can be obtained satisfactorily by use of a Class B1 extensometer (Note 4, Note 5, and Note 7).

NOTE 9—Automatic devices are available that determine offset yield strength without plotting a stress-strain curve. Such devices may be used if their accuracy has been demonstrated.

NOTE 10—The appropriate magnitude of the extension under load will obviously vary with the strength range of the particular steel under test. In general, the value of extension under load applicable to steel at any strength level may be determined from the sum of the proportional strain and the plastic strain expected at the specified yield strength. The following equation is used:

$$\text{Extension under load, in./in. of gage length} = (YS/E) + r \quad (3)$$

where:

YS = specified yield strength, psi or MPa,
 E = modulus of elasticity, psi or MPa, and
 r = limiting plastic strain, in./in.

13.3 Tensile Strength— Calculate the tensile strength by dividing the maximum load the specimen sustains during a tension test by the original cross-sectional area of the specimen.

13.4 Elongation:

13.4.1 Fit the ends of the fractured specimen together carefully and measure the distance between the gage marks to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) for gage lengths of 2 in. and under, and to the nearest 0.5 % of the gage length for gage lengths over 2 in. A percentage scale reading to 0.5 % of the gage length may be used. The elongation is the increase in

length of the gage length, expressed as a percentage of the original gage length. In recording elongation values, give both the percentage increase and the original gage length.

13.4.2 If any part of the fracture takes place outside of the middle half of the gage length or in a punched or scribed mark within the reduced section, the elongation value obtained may not be representative of the material. If the elongation so measured meets the minimum requirements specified, no further testing is indicated, but if the elongation is less than the minimum requirements, discard the test and retest.

13.4.3 Automated tensile testing methods using extensometers allow for the measurement of elongation in a method described below. Elongation may be measured and reported either this way, or as in the method described above, fitting the broken ends together. Either result is valid.

13.4.4 Elongation at fracture is defined as the elongation measured just prior to the sudden decrease in force associated with fracture. For many ductile materials not exhibiting a sudden decrease in force, the elongation at fracture can be taken as the strain measured just prior to when the force falls below 10 % of the maximum force encountered during the test.

13.4.4.1 Elongation at fracture shall include elastic and plastic elongation and may be determined with autographic or automated methods using extensometers verified over the strain range of interest. Use a class B2 or better extensometer for materials having less than 5 % elongation; a class C or better extensometer for materials having elongation greater than or equal to 5 % but less than 50 %; and a class D or better extensometer for materials having 50 % or greater elongation. In all cases, the extensometer gage length shall be the nominal gage length required for the specimen being tested. Due to the lack of precision in fitting fractured ends together, the elongation after fracture using the manual methods of the preceding paragraphs may differ from the elongation at fracture determined with extensometers.


13.4.4.2 Percent elongation at fracture may be calculated directly from elongation at fracture data and be reported instead of percent elongation as calculated in 13.4.1. However, these two parameters are not interchangeable. Use of the elongation at fracture method generally provides more repeatable results.

13.5 Reduction of Area—Fit the ends of the fractured specimen together and measure the mean diameter or the width and thickness at the smallest cross section to the same accuracy as the original dimensions. The difference between the area thus found and the area of the original cross section expressed as a percentage of the original area is the reduction of area.

BEND TEST

14. Description

14.1 The bend test is one method for evaluating ductility, but it cannot be considered as a quantitative means of predicting service performance in bending operations. The severity of the bend test is primarily a function of the angle of bend and inside diameter to which the specimen is bent, and of the cross section of the specimen. These conditions are varied according to location and orientation of the test specimen and the chemical composition, tensile properties, hardness, type, and

 A 370 – 03a

quality of the steel specified. Method E 190 and Test Method E 290 may be consulted for methods of performing the test.

14.2 Unless otherwise specified, it shall be permissible to age bend test specimens. The time-temperature cycle employed must be such that the effects of previous processing will not be materially changed. It may be accomplished by aging at room temperature 24 to 48 h, or in shorter time at moderately elevated temperatures by boiling in water or by heating in oil or in an oven.

14.3 Bend the test specimen at room temperature to an inside diameter, as designated by the applicable product specifications, to the extent specified without major cracking on the outside of the bent portion. The speed of bending is ordinarily not an important factor.

HARDNESS TEST

15. General

15.1 A hardness test is a means of determining resistance to penetration and is occasionally employed to obtain a quick approximation of tensile strength. Table 2, Table 3, Table 4, and Table 5 are for the conversion of hardness measurements from one scale to another or to approximate tensile strength. These conversion values have been obtained from computer-generated curves and are presented to the nearest 0.1 point to permit accurate reproduction of those curves. Since all converted hardness values must be considered approximate, however, all converted Rockwell hardness numbers shall be rounded to the nearest whole number.

15.2 *Hardness Testing:*

15.2.1 If the product specification permits alternative hardness testing to determine conformance to a specified hardness requirement, the conversions listed in Table 2, Table 3, Table 4, and Table 5 shall be used.

15.2.2 When recording converted hardness numbers, the measured hardness and test scale shall be indicated in parentheses, for example: 353 HB (38 HRC). This means that a hardness value of 38 was obtained using the Rockwell C scale and converted to a Brinell hardness of 353.

16. Brinell Test

16.1 *Description:*

16.1.1 A specified load is applied to a flat surface of the specimen to be tested, through a hard ball of specified diameter. The average diameter of the indentation is used as a basis for calculation of the Brinell hardness number. The quotient of the applied load divided by the area of the surface of the indentation, which is assumed to be spherical, is termed the Brinell hardness number (HB) in accordance with the following equation:

$$HB = P / [(\pi D^2) / (D - \sqrt{D^2 - d^2})] \quad (4)$$

where:

- HB = Brinell hardness number,
- P = applied load, kgf,
- D = diameter of the steel ball, mm, and
- d = average diameter of the indentation, mm.

NOTE 11—The Brinell hardness number is more conveniently secured

from standard tables such as Table 6, which show numbers corresponding to the various indentation diameters, usually in increments of 0.05 mm.

NOTE 12—In Test Method E 10 the values are stated in SI units, whereas in this section kg/m units are used.

16.1.2 The standard Brinell test using a 10-mm ball employs a 3000-kgf load for hard materials and a 1500 or 500-kgf load for thin sections or soft materials (see Annex on Steel Tubular Products). Other loads and different size indentors may be used when specified. In recording hardness values, the diameter of the ball and the load must be stated except when a 10-mm ball and 3000-kgf load are used.

16.1.3 A range of hardness can properly be specified only for quenched and tempered or normalized and tempered material. For annealed material a maximum figure only should be specified. For normalized material a minimum or a maximum hardness may be specified by agreement. In general, no hardness requirements should be applied to untreated material.

16.1.4 Brinell hardness may be required when tensile properties are not specified.

16.2 *Apparatus*—Equipment shall meet the following requirements:

16.2.1 *Testing Machine*—A Brinell hardness testing machine is acceptable for use over a loading range within which its load measuring device is accurate to $\pm 1\%$.

16.2.2 *Measuring Microscope*—The divisions of the micrometer scale of the microscope or other measuring devices used for the measurement of the diameter of the indentations shall be such as to permit the direct measurement of the diameter to 0.1 mm and the estimation of the diameter to 0.05 mm.

NOTE 13—This requirement applies to the construction of the microscope only and is not a requirement for measurement of the indentation, see 16.4.3.

16.2.3 *Standard Ball*—The standard ball for Brinell hardness testing is 10 mm (0.3937 in.) in diameter with a deviation from this value of not more than 0.005 mm (0.0004 in.) in any diameter. A ball suitable for use must not show a permanent change in diameter greater than 0.01 mm (0.0004 in.) when pressed with a force of 3000 kgf against the test specimen.

16.3 *Test Specimen*—Brinell hardness tests are made on prepared areas and sufficient metal must be removed from the surface to eliminate decarburized metal and other surface irregularities. The thickness of the piece tested must be such that no bulge or other marking showing the effect of the load appears on the side of the piece opposite the indentation.

16.4 *Procedure:*

16.4.1 It is essential that the applicable product specifications state clearly the position at which Brinell hardness indentations are to be made and the number of such indentations required. The distance of the center of the indentation from the edge of the specimen or edge of another indentation must be at least two and one-half times the diameter of the indentation.

16.4.2 Apply the load for a minimum of 15 s.

 A 370 – 03a

TABLE 2 Approximate Hardness Conversion Numbers for Non-austenitic Steels^A (Rockwell C to Other Hardness Numbers)

Rockwell C Scale, 150-kgf Load, Diamond Penetrator	Vickers Hardness Number	Brinell Hardness, 3000-kgf Load, 10-mm Ball	Knoop Hardness, 500-gf Load and Over	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell Superficial Hardness			Approximate Tensile Strength, ksi (MPa)
					15N Scale, 15-kgf Load, Diamond Penetrator	30N Scale 30-kgf Load, Diamond Penetrator	45N Scale, 45-kgf Load, Diamond Penetrator	
68	940	...	920	85.6	93.2	84.4	75.4	...
67	900	...	895	85.0	92.9	83.6	74.2	...
66	865	...	870	84.5	92.5	82.8	73.3	...
65	832	739	846	83.9	92.2	81.9	72.0	...
64	800	722	822	83.4	91.8	81.1	71.0	...
63	772	706	799	82.8	91.4	80.1	69.9	...
62	746	688	776	82.3	91.1	79.3	68.8	...
61	720	670	754	81.8	90.7	78.4	67.7	...
60	697	654	732	81.2	90.2	77.5	66.6	...
59	674	634	710	80.7	89.8	76.6	65.5	351 (2420)
58	653	615	690	80.1	89.3	75.7	64.3	338 (2330)
57	633	595	670	79.6	88.9	74.8	63.2	325 (2240)
56	613	577	650	79.0	88.3	73.9	62.0	313 (2160)
55	595	560	630	78.5	87.9	73.0	60.9	301 (2070)
54	577	543	612	78.0	87.4	72.0	59.8	292 (2010)
53	560	525	594	77.4	86.9	71.2	58.6	283 (1950)
52	544	512	576	76.8	86.4	70.2	57.4	273 (1880)
51	528	496	558	76.3	85.9	69.4	56.1	264 (1820)
50	513	482	542	75.9	85.5	68.5	55.0	255 (1760)
49	498	468	526	75.2	85.0	67.6	53.8	246 (1700)
48	484	455	510	74.7	84.5	66.7	52.5	238 (1640)
47	471	442	495	74.1	83.9	65.8	51.4	229 (1580)
46	458	432	480	73.6	83.5	64.8	50.3	221 (1520)
45	446	421	466	73.1	83.0	64.0	49.0	215 (1480)
44	434	409	452	72.5	82.5	63.1	47.8	208 (1430)
43	423	400	438	72.0	82.0	62.2	46.7	201 (1390)
42	412	390	426	71.5	81.5	61.3	45.5	194 (1340)
41	402	381	414	70.9	80.9	60.4	44.3	188 (1300)
40	392	371	402	70.4	80.4	59.5	43.1	182 (1250)
39	382	362	391	69.9	79.9	58.6	41.9	177 (1220)
38	372	353	380	69.4	79.4	57.7	40.8	171 (1180)
37	363	344	370	68.9	78.8	56.8	39.6	166 (1140)
36	354	336	360	68.4	78.3	55.9	38.4	161 (1110)
35	345	327	351	67.9	77.7	55.0	37.2	156 (1080)
34	336	319	342	67.4	77.2	54.2	36.1	152 (1050)
33	327	311	334	66.8	76.6	53.3	34.9	149 (1030)
32	318	301	326	66.3	76.1	52.1	33.7	146 (1010)
31	310	294	318	65.8	75.6	51.3	32.5	141 (970)
30	302	286	311	65.3	75.0	50.4	31.3	138 (950)
29	294	279	304	64.6	74.5	49.5	30.1	135 (930)
28	286	271	297	64.3	73.9	48.6	28.9	131 (900)
27	279	264	290	63.8	73.3	47.7	27.8	128 (880)
26	272	258	284	63.3	72.8	46.8	26.7	125 (860)
25	266	253	278	62.8	72.2	45.9	25.5	123 (850)
24	260	247	272	62.4	71.6	45.0	24.3	119 (820)
23	254	243	266	62.0	71.0	44.0	23.1	117 (810)
22	248	237	261	61.5	70.5	43.2	22.0	115 (790)
21	243	231	256	61.0	69.9	42.3	20.7	112 (770)
20	238	226	251	60.5	69.4	41.5	19.6	110 (760)

^A This table gives the approximate interrelationships of hardness values and approximate tensile strength of steels. It is possible that steels of various compositions and processing histories will deviate in hardness-tensile strength relationship from the data presented in this table. The data in this table should not be used for austenitic stainless steels, but have been shown to be applicable for ferritic and martensitic stainless steels. The data in this table should not be used to establish a relationship between hardness values and tensile strength of hard drawn wire. Where more precise conversions are required, they should be developed specially for each steel composition, heat treatment, and part.

 A 370 – 03a

TABLE 3 Approximate Hardness Conversion Numbers for Non-austenitic Steels^A (Rockwell B to Other Hardness Numbers)

Rockwell B Scale, 100- kgf Load 1/16- in. (1.588- mm) Ball	Vickers Hardness Number	Brinell Hardness, 3000-kgf Load, 10-mm Ball	Knoop Hardness, 500-gf Load and Over	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell F Scale, 60-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	Rockwell Superficial Hardness			Approximate Tensile Strength ksi (MPa)
						15T Scale, 15-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	30T Scale, 30-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	45T Scale, 45-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	
100	240	240	251	61.5	...	93.1	83.1	72.9	116 (800)
99	234	234	246	60.9	...	92.8	82.5	71.9	114 (785)
98	228	228	241	60.2	...	92.5	81.8	70.9	109 (750)
97	222	222	236	59.5	...	92.1	81.1	69.9	104 (715)
96	216	216	231	58.9	...	91.8	80.4	68.9	102 (705)
95	210	210	226	58.3	...	91.5	79.8	67.9	100 (690)
94	205	205	221	57.6	...	91.2	79.1	66.9	98 (675)
93	200	200	216	57.0	...	90.8	78.4	65.9	94 (650)
92	195	195	211	56.4	...	90.5	77.8	64.8	92 (635)
91	190	190	206	55.8	...	90.2	77.1	63.8	90 (620)
90	185	185	201	55.2	...	89.9	76.4	62.8	89 (615)
89	180	180	196	54.6	...	89.5	75.8	61.8	88 (605)
88	176	176	192	54.0	...	89.2	75.1	60.8	86 (590)
87	172	172	188	53.4	...	88.9	74.4	59.8	84 (580)
86	169	169	184	52.8	...	88.6	73.8	58.8	83 (570)
85	165	165	180	52.3	...	88.2	73.1	57.8	82 (565)
84	162	162	176	51.7	...	87.9	72.4	56.8	81 (560)
83	159	159	173	51.1	...	87.6	71.8	55.8	80 (550)
82	156	156	170	50.6	...	87.3	71.1	54.8	77 (530)
81	153	153	167	50.0	...	86.9	70.4	53.8	73 (505)
80	150	150	164	49.5	...	86.6	69.7	52.8	72 (495)
79	147	147	161	48.9	...	86.3	69.1	51.8	70 (485)
78	144	144	158	48.4	...	86.0	68.4	50.8	69 (475)
77	141	141	155	47.9	...	85.6	67.7	49.8	68 (470)
76	139	139	152	47.3	...	85.3	67.1	48.8	67 (460)
75	137	137	150	46.8	99.6	85.0	66.4	47.8	66 (455)
74	135	135	147	46.3	99.1	84.7	65.7	46.8	65 (450)
73	132	132	145	45.8	98.5	84.3	65.1	45.8	64 (440)
72	130	130	143	45.3	98.0	84.0	64.4	44.8	63 (435)
71	127	127	141	44.8	97.4	83.7	63.7	43.8	62 (425)
70	125	125	139	44.3	96.8	83.4	63.1	42.8	61 (420)
69	123	123	137	43.8	96.2	83.0	62.4	41.8	60 (415)
68	121	121	135	43.3	95.6	82.7	61.7	40.8	59 (405)
67	119	119	133	42.8	95.1	82.4	61.0	39.8	58 (400)
66	117	117	131	42.3	94.5	82.1	60.4	38.7	57 (395)
65	116	116	129	41.8	93.9	81.8	59.7	37.7	56 (385)
64	114	114	127	41.4	93.4	81.4	59.0	36.7	...
63	112	112	125	40.9	92.8	81.1	58.4	35.7	...
62	110	110	124	40.4	92.2	80.8	57.7	34.7	...
61	108	108	122	40.0	91.7	80.5	57.0	33.7	...
60	107	107	120	39.5	91.1	80.1	56.4	32.7	...
59	106	106	118	39.0	90.5	79.8	55.7	31.7	...
58	104	104	117	38.6	90.0	79.5	55.0	30.7	...
57	103	103	115	38.1	89.4	79.2	54.4	29.7	...
56	101	101	114	37.7	88.8	78.8	53.7	28.7	...
55	100	100	112	37.2	88.2	78.5	53.0	27.7	...
54	...	...	111	36.8	87.7	78.2	52.4	26.7	...
53	...	...	110	36.3	87.1	77.9	51.7	25.7	...
52	...	...	109	35.9	86.5	77.5	51.0	24.7	...
51	...	...	108	35.5	86.0	77.2	50.3	23.7	...
50	...	...	107	35.0	85.4	76.9	49.7	22.7	...
49	...	...	106	34.6	84.8	76.6	49.0	21.7	...
48	...	...	105	34.1	84.3	76.2	48.3	20.7	...
47	...	...	104	33.7	83.7	75.9	47.7	19.7	...
46	...	...	103	33.3	83.1	75.6	47.0	18.7	...
45	...	...	102	32.9	82.6	75.3	46.3	17.7	...
44	...	...	101	32.4	82.0	74.9	45.7	16.7	...
43	...	...	100	32.0	81.4	74.6	45.0	15.7	...
42	...	...	99	31.6	80.8	74.3	44.3	14.7	...
41	...	...	98	31.2	80.3	74.0	43.7	13.6	...
40	...	...	97	30.7	79.7	73.6	43.0	12.6	...
39	...	...	96	30.3	79.1	73.3	42.3	11.6	...
38	...	...	95	29.9	78.6	73.0	41.6	10.6	...
37	...	...	94	29.5	78.0	72.7	41.0	9.6	...
36	...	...	93	29.1	77.4	72.3	40.3	8.6	...
35	...	...	92	28.7	76.9	72.0	39.6	7.6	...
34	...	...	91	28.2	76.3	71.7	39.0	6.6	...
33	...	...	90	27.8	75.7	71.4	38.3	5.6	...

 **A 370 – 03a**

TABLE 3 *Continued*

Rockwell B Scale, 100- kgf Load, 1/16- in. (1.588- mm) Ball	Vickers Hardness Number	Brinell Hardness, 3000-kgf Load, 10-mm Ball	Knoop Hardness, 500-gf Load and Over	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell F Scale, 60-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	Rockwell Superficial Hardness			Approximate Tensile Strength ksi (MPa)
						15T Scale, 15-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	30T Scale, 30-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	45T Scale, 45-kgf Load, 1/16-in. (1.588- mm) Ball	
32	89	27.4	75.2	71.0	37.6	4.6	...
31	88	27.0	74.6	70.7	37.0	3.6	...
30	87	26.6	74.0	70.4	36.3	2.6	...

^A This table gives the approximate interrelationships of hardness values and approximate tensile strength of steels. It is possible that steels of various compositions and processing histories will deviate in hardness-tensile strength relationship from the data presented in this table. The data in this table should not be used for austenitic stainless steels, but have been shown to be applicable for ferritic and martensitic stainless steels. The data in this table should not be used to establish a relationship between hardness values and tensile strength of hard drawn wire. Where more precise conversions are required, they should be developed specially for each steel composition, heat treatment, and part.

TABLE 4 Approximate Hardness Conversion Numbers for Austenitic Steels (Rockwell C to other Hardness Numbers)

Rockwell C Scale, 150-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell Superficial Hardness		
		15N Scale, 15-kgf Load, Diamond Penetrator	30N Scale, 30-kgf Load, Diamond Penetrator	45N Scale, 45-kgf Load, Diamond Penetrator
48	74.4	84.1	66.2	52.1
47	73.9	83.6	65.3	50.9
46	73.4	83.1	64.5	49.8
45	72.9	82.6	63.6	48.7
44	72.4	82.1	62.7	47.5
43	71.9	81.6	61.8	46.4
42	71.4	81.0	61.0	45.2
41	70.9	80.5	60.1	44.1
40	70.4	80.0	59.2	43.0
39	69.9	79.5	58.4	41.8
38	69.3	79.0	57.5	40.7
37	68.8	78.5	56.6	39.6
36	68.3	78.0	55.7	38.4
35	67.8	77.5	54.9	37.3
34	67.3	77.0	54.0	36.1
33	66.8	76.5	53.1	35.0
32	66.3	75.9	52.3	33.9
31	65.8	75.4	51.4	32.7
30	65.3	74.9	50.5	31.6
29	64.8	74.4	49.6	30.4
28	64.3	73.9	48.8	29.3
27	63.8	73.4	47.9	28.2
26	63.3	72.9	47.0	27.0
25	62.8	72.4	46.2	25.9
24	62.3	71.9	45.3	24.8
23	61.8	71.3	44.4	23.6
22	61.3	70.8	43.5	22.5
21	60.8	70.3	42.7	21.3
20	60.3	69.8	41.8	20.2

16.4.3 Measure two diameters of the indentation at right angles to the nearest 0.1 mm, estimate to the nearest 0.05 mm, and average to the nearest 0.05 mm. If the two diameters differ by more than 0.1 mm, discard the readings and make a new indentation.


 A 370 – 03a

TABLE 5 Approximate Hardness Conversion Numbers for Austenitic Steels (Rockwell B to other Hardness Numbers)

Rockwell B Scale, 100-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	Brinell Indentation Diameter, mm	Brinell Hardness, 3000-kgf Load, 10-mm Ball	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Diamond Penetrator	Rockwell Superficial Hardness		
				15T Scale, 15-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	30T Scale, 30-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	45T Scale, 45-kgf Load, 1/16-in. (1.588-mm) Ball
100	3.79	256	61.5	91.5	80.4	70.2
99	3.85	248	60.9	91.2	79.7	69.2
98	3.91	240	60.3	90.8	79.0	68.2
97	3.96	233	59.7	90.4	78.3	67.2
96	4.02	226	59.1	90.1	77.7	66.1
95	4.08	219	58.5	89.7	77.0	65.1
94	4.14	213	58.0	89.3	76.3	64.1
93	4.20	207	57.4	88.9	75.6	63.1
92	4.24	202	56.8	88.6	74.9	62.1
91	4.30	197	56.2	88.2	74.2	61.1
90	4.35	192	55.6	87.8	73.5	60.1
89	4.40	187	55.0	87.5	72.8	59.0
88	4.45	183	54.5	87.1	72.1	58.0
87	4.51	178	53.9	86.7	71.4	57.0
86	4.55	174	53.3	86.4	70.7	56.0
85	4.60	170	52.7	86.0	70.0	55.0
84	4.65	167	52.1	85.6	69.3	54.0
83	4.70	163	51.5	85.2	68.6	52.9
82	4.74	160	50.9	84.9	67.9	51.9
81	4.79	156	50.4	84.5	67.2	50.9
80	4.84	153	49.8	84.1	66.5	49.9

TABLE 6 Brinell Hardness Numbers^A
(Ball 10 mm in Diameter, Applied Loads of 500, 1500, and 3000 kgf)

Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number		
	500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load
2.00	158	473	945	2.60	92.6	278	555	3.20	60.5	182	363	3.80	42.4	127	255
2.01	156	468	936	2.61	91.8	276	551	3.21	60.1	180	361	3.81	42.2	127	253
2.02	154	463	926	2.62	91.1	273	547	3.22	59.8	179	359	3.82	42.0	126	252
2.03	153	459	917	2.63	90.4	271	543	3.23	59.4	178	356	3.83	41.7	125	250
2.04	151	454	908	2.64	89.7	269	538	3.24	59.0	177	354	3.84	41.5	125	249
2.05	150	450	899	2.65	89.0	267	534	3.25	58.6	176	352	3.85	41.3	124	248
2.06	148	445	890	2.66	88.4	265	530	3.26	58.3	175	350	3.86	41.1	123	246
2.07	147	441	882	2.67	87.7	263	526	3.27	57.9	174	347	3.87	40.9	123	245
2.08	146	437	873	2.68	87.0	261	522	3.28	57.5	173	345	3.88	40.6	122	244
2.09	144	432	865	2.69	86.4	259	518	3.29	57.2	172	343	3.89	40.4	121	242
2.10	143	428	856	2.70	85.7	257	514	3.30	56.8	170	341	3.90	40.2	121	241
2.11	141	424	848	2.71	85.1	255	510	3.31	56.5	169	339	3.91	40.0	120	240
2.12	140	420	840	2.72	84.4	253	507	3.32	56.1	168	337	3.92	39.8	119	239
2.13	139	416	832	2.73	83.8	251	503	3.33	55.8	167	335	3.93	39.6	119	237
2.14	137	412	824	2.74	83.2	250	499	3.34	55.4	166	333	3.94	39.4	118	236
2.15	136	408	817	2.75	82.6	248	495	3.35	55.1	165	331	3.95	39.1	117	235
2.16	135	404	809	2.76	81.9	246	492	3.36	54.8	164	329	3.96	38.9	117	234
2.17	134	401	802	2.77	81.3	244	488	3.37	54.4	163	326	3.97	38.7	116	232
2.18	132	397	794	2.78	80.8	242	485	3.38	54.1	162	325	3.98	38.5	116	231
2.19	131	393	787	2.79	80.2	240	481	3.39	53.8	161	323	3.99	38.3	115	230
2.20	130	390	780	2.80	79.6	239	477	3.40	53.4	160	321	4.00	38.1	114	229
2.21	129	386	772	2.81	79.0	237	474	3.41	53.1	159	319	4.01	37.9	114	228
2.22	128	383	765	2.82	78.4	235	471	3.42	52.8	158	317	4.02	37.7	113	226
2.23	126	379	758	2.83	77.9	234	467	3.43	52.5	157	315	4.03	37.5	113	225
2.24	125	376	752	2.84	77.3	232	464	3.44	52.2	156	313	4.04	37.3	112	224
2.25	124	372	745	2.85	76.8	230	461	3.45	51.8	156	311	4.05	37.1	111	223
2.26	123	369	738	2.86	76.2	229	457	3.46	51.5	155	309	4.06	37.0	111	222
2.27	122	366	732	2.87	75.7	227	454	3.47	51.2	154	307	4.07	36.8	110	221
2.28	121	363	725	2.88	75.1	225	451	3.48	50.9	153	306	4.08	36.6	110	219
2.29	120	359	719	2.89	74.6	224	448	3.49	50.6	152	304	4.09	36.4	109	218
2.30	119	356	712	2.90	74.1	222	444	3.50	50.3	151	302	4.10	36.2	109	217
2.31	118	353	706	2.91	73.6	221	441	3.51	50.0	150	300	4.11	36.0	108	216
2.32	117	350	700	2.92	73.0	219	438	3.52	49.7	149	298	4.12	35.8	108	215
2.33	116	347	694	2.93	72.5	218	435	3.53	49.4	148	297	4.13	35.7	107	214
2.34	115	344	688	2.94	72.0	216	432	3.54	49.2	147	295	4.14	35.5	106	213
2.35	114	341	682	2.95	71.5	215	429	3.55	48.9	147	293	4.15	35.3	106	212
2.36	113	338	676	2.96	71.0	213	426	3.56	48.6	146	292	4.16	35.1	105	211
2.37	112	335	670	2.97	70.5	212	423	3.57	48.3	145	290	4.17	34.9	105	210

 A 370 - 03a

TABLE 6 *Continued*


Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number		
	500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load
2.38	111	332	665	2.98	70.1	210	420	3.58	48.0	144	288	4.18	34.8	104	209
2.39	110	330	659	2.99	69.6	209	417	3.59	47.7	143	286	4.19	34.6	104	208
2.40	109	327	653	3.00	69.1	207	415	3.60	47.5	142	285	4.20	34.4	103	207
2.41	108	324	648	3.01	68.6	206	412	3.61	47.2	142	283	4.21	34.2	103	205
2.42	107	322	643	3.02	68.2	205	409	3.62	46.9	141	282	4.22	34.1	102	204
2.43	106	319	637	3.03	67.7	203	406	3.63	46.7	140	280	4.23	33.9	102	203
2.44	105	316	632	3.04	67.3	202	404	3.64	46.4	139	278	4.24	33.7	101	202
2.45	104	313	627	3.05	66.8	200	401	3.65	46.1	138	277	4.25	33.6	101	201
2.46	104	311	621	3.06	66.4	199	398	3.66	45.9	138	275	4.26	33.4	100	200
2.47	103	308	616	3.07	65.9	198	395	3.67	45.6	137	274	4.27	33.2	99.7	199
2.48	102	306	611	3.08	65.5	196	393	3.68	45.4	136	272	4.28	33.1	99.2	198
2.49	101	303	606	3.09	65.0	195	390	3.69	45.1	135	271	4.29	32.9	98.8	198
2.50	100	301	601	3.10	64.6	194	388	3.70	44.9	135	269	4.30	32.8	98.3	197
2.51	99.4	298	597	3.11	64.2	193	385	3.71	44.6	134	268	4.31	32.6	97.8	196
2.52	98.6	296	592	3.12	63.8	191	383	3.72	44.4	133	266	4.32	32.4	97.3	195
2.53	97.8	294	587	3.13	63.3	190	380	3.73	44.1	132	265	4.33	32.3	96.8	194
2.54	97.1	291	582	3.14	62.9	189	378	3.74	43.9	132	263	4.34	32.1	96.4	193
2.55	96.3	289	578	3.15	62.5	188	375	3.75	43.6	131	262	4.35	32.0	95.9	192
2.56	95.5	287	573	3.16	62.1	186	373	3.76	43.4	130	260	4.36	31.8	95.5	191
2.57	94.8	284	569	3.17	61.7	185	370	3.77	43.1	129	259	4.37	31.7	95.0	190
2.58	94.0	282	564	3.18	61.3	184	368	3.78	42.9	129	257	4.38	31.5	94.5	189
2.59	93.3	280	560	3.19	60.9	183	366	3.79	42.7	128	256	4.39	31.4	94.1	188

 A 370 – 03a

TABLE 6 Continued

Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number		
	500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load		500-kgf Load	1500-kgf Load	3000-kgf Load
4.40	31.2	93.6	187	5.05	23.3	69.8	140	5.70	17.8	53.5	107	6.35	14.0	42.0	84.0
4.41	31.1	93.2	186	5.06	23.2	69.5	139	5.71	17.8	53.3	107	6.36	13.9	41.8	83.7
4.42	30.9	92.7	185	5.07	23.1	69.2	138	5.72	17.7	53.1	106	6.37	13.9	41.7	83.4
4.43	30.8	92.3	185	5.08	23.0	68.9	138	5.73	17.6	52.9	106	6.38	13.8	41.5	83.1
4.44	30.6	91.8	184	5.09	22.9	68.6	137	5.74	17.6	52.7	105	6.39	13.8	41.4	82.8
4.45	30.5	91.4	183	5.10	22.8	68.3	137	5.75	17.5	52.5	105	6.40	13.7	41.2	82.5
4.46	30.3	91.0	182	5.11	22.7	68.0	136	5.76	17.4	52.3	105	6.41	13.7	41.1	82.2
4.47	30.2	90.5	181	5.12	22.6	67.7	135	5.77	17.4	52.1	104	6.42	13.6	40.9	81.9
4.48	30.0	90.1	180	5.13	22.5	67.4	135	5.78	17.3	51.9	104	6.43	13.6	40.8	81.6
4.49	29.9	89.7	179	5.14	22.4	67.1	134	5.79	17.2	51.7	103	6.44	13.5	40.6	81.3
4.50	29.8	89.3	179	5.15	22.3	66.9	134	5.80	17.2	51.5	103	6.45	13.5	40.5	81.0
4.51	29.6	88.8	178	5.16	22.2	66.6	133	5.81	17.1	51.3	103	6.46	13.4	40.4	80.7
4.52	29.5	88.4	177	5.17	22.1	66.3	133	5.82	17.0	51.1	102	6.47	13.4	40.2	80.4
4.53	29.3	88.0	176	5.18	22.0	66.0	132	5.83	17.0	50.9	102	6.48	13.4	40.1	80.1
4.54	29.2	87.6	175	5.19	21.9	65.8	132	5.84	16.9	50.7	101	6.49	13.3	39.9	79.8
4.55	29.1	87.2	174	5.20	21.8	65.5	131	5.85	16.8	50.5	101	6.50	13.3	39.8	79.6
4.56	28.9	86.8	174	5.21	21.7	65.2	130	5.86	16.8	50.3	101	6.51	13.2	39.6	79.3
4.57	28.8	86.4	173	5.22	21.6	64.9	130	5.87	16.7	50.2	100	6.52	13.2	39.5	79.0
4.58	28.7	86.0	172	5.23	21.6	64.7	129	5.88	16.7	50.0	99.9	6.53	13.1	39.4	78.7
4.59	28.5	85.6	171	5.24	21.5	64.4	129	5.89	16.6	49.8	99.5	6.54	13.1	39.2	78.4
4.60	28.4	85.4	170	5.25	21.4	64.1	128	5.90	16.5	49.6	99.2	6.55	13.0	39.1	78.2
4.61	28.3	84.8	170	5.26	21.3	63.9	128	5.91	16.5	49.4	98.8	6.56	13.0	38.9	78.0
4.62	28.1	84.4	169	5.27	21.2	63.6	127	5.92	16.4	49.2	98.4	6.57	12.9	38.8	77.6
4.63	28.0	84.0	168	5.28	21.1	63.3	127	5.93	16.3	49.0	98.0	6.58	12.9	38.7	77.3
4.64	27.9	83.6	167	5.29	21.0	63.1	126	5.94	16.3	48.8	97.7	6.59	12.8	38.5	77.1
4.65	27.8	83.3	167	5.30	20.9	62.8	126	5.95	16.2	48.7	97.3	6.60	12.8	38.4	76.8
4.66	27.6	82.9	166	5.31	20.9	62.6	125	5.96	16.2	48.5	96.9	6.61	12.8	38.3	76.5
4.67	27.5	82.5	165	5.32	20.8	62.3	125	5.97	16.1	48.3	96.6	6.62	12.7	38.1	76.2
4.68	27.4	82.1	164	5.33	20.7	62.1	124	5.98	16.0	48.1	96.2	6.63	12.7	38.0	76.0
4.69	27.3	81.8	164	5.34	20.6	61.8	124	5.99	16.0	47.9	95.9	6.64	12.6	37.9	75.7
4.70	27.1	81.4	163	5.35	20.5	61.5	123	6.00	15.9	47.7	95.5	6.65	12.6	37.7	75.4
4.71	27.0	81.0	162	5.36	20.4	61.3	123	6.01	15.9	47.6	95.1	6.66	12.5	37.6	75.2
4.72	26.9	80.7	161	5.37	20.3	61.0	122	6.02	15.8	47.4	94.8	6.67	12.5	37.5	74.9
4.73	26.8	80.3	161	5.38	20.3	60.8	122	6.03	15.7	47.2	94.4	6.68	12.4	37.3	74.7
4.74	26.6	79.9	160	5.39	20.2	60.6	121	6.04	15.7	47.0	94.1	6.69	12.4	37.2	74.4
4.75	26.5	79.6	159	5.40	20.1	60.3	121	6.05	15.6	46.8	93.7	6.70	12.4	37.1	74.1
4.76	26.4	79.2	158	5.41	20.0	60.1	120	6.06	15.6	46.7	93.4	6.71	12.3	36.9	73.9
4.77	26.3	78.9	158	5.42	19.9	59.8	120	6.07	15.5	46.5	93.0	6.72	12.3	36.8	73.6
4.78	26.2	78.5	157	5.43	19.9	59.6	119	6.08	15.4	46.3	92.7	6.73	12.2	36.7	73.4
4.79	26.1	78.2	156	5.44	19.8	59.3	119	6.09	15.4	46.2	92.3	6.74	12.2	36.6	73.1
4.80	25.9	77.8	156	5.45	19.7	59.1	118	6.10	15.3	46.0	92.0	6.75	12.1	36.4	72.8
4.81	25.8	77.5	155	5.46	19.6	58.9	118	6.11	15.3	45.8	91.7	6.76	12.1	36.3	72.6
4.82	25.7	77.1	154	5.47	19.5	58.6	117	6.12	15.2	45.7	91.3	6.77	12.1	36.2	72.3
4.83	25.6	76.8	154	5.48	19.5	58.4	117	6.13	15.2	45.5	91.0	6.78	12.0	36.0	72.1
4.84	25.5	76.4	153	5.49	19.4	58.2	116	6.14	15.1	45.3	90.6	6.79	12.0	35.9	71.8
4.85	25.4	76.1	152	5.50	19.3	57.9	116	6.15	15.1	45.2	90.3	6.80	11.9	35.8	71.6
4.86	25.3	75.8	152	5.51	19.2	57.7	115	6.16	15.0	45.0	90.0	6.81	11.9	35.7	71.3
4.87	25.1	75.4	151	5.52	19.2	57.5	115	6.17	14.9	44.8	89.6	6.82	11.8	35.5	71.1
4.88	25.0	75.1	150	5.53	19.1	57.2	114	6.18	14.9	44.7	89.3	6.83	11.8	35.4	70.8
4.89	24.9	74.8	150	5.54	19.0	57.0	114	6.19	14.8	44.5	89.0	6.84	11.8	35.3	70.6
4.90	24.8	74.4	149	5.55	18.9	56.8	114	6.20	14.7	44.3	88.7	6.86	11.7	35.2	70.4
4.91	24.7	74.1	148	5.56	18.9	56.6	113	6.21	14.7	44.2	88.3	6.86	11.7	35.1	70.1
4.92	24.6	73.8	148	5.57	18.8	56.3	113	6.22	14.7	44.0	88.0	6.87	11.6	34.9	69.9
4.93	24.5	73.5	147	5.58	18.7	56.1	112	6.23	14.6	43.8	87.7	6.88	11.6	34.8	69.6
4.94	24.4	73.2	146	5.59	18.6	55.9	112	6.24	14.6	43.7	87.4	6.89	11.6	34.7	69.4
4.95	24.3	72.8	146	5.60	18.6	55.7	111	6.25	14.5	43.5	87.1	6.90	11.5	34.6	69.2
4.96	24.2	72.5	145	5.61	18.5	55.5	111	6.26	14.5	43.4	86.7	6.91	11.5	34.5	68.9
4.97	24.1	72.2	144	5.62	18.4	55.2	110	6.27	14.4	43.2	86.4	6.92	11.4	34.3	68.7
4.98	24.0	71.9	144	5.63	18.3	55.0	110	6.28	14.4	43.1	86.1	6.93	11.4	34.2	68.4
4.99	23.9	71.6	143	5.64	18.3	54.8	110	6.29	14.3	42.9	85.8	6.94	11.4	34.1	68.2
5.00	23.8	71.3	143	5.65	18.2	54.6	109	6.30	14.2	42.7	85.5	6.95	11.3	34.0	68.0
5.01	23.7	71.0	142	5.66	18.1	54.4	109	6.31	14.2	42.6	85.2	6.96	11.3	33.9	67.7
5.02	23.6	70.7	141	5.67	18.1	54.2	108	6.32	14.1	42.4	84.9	6.97	11.3	33.8	67.5
5.03	23.5	70.4	141	5.68	18.0	54.0	108	6.33	14.1	42.3	84.6	6.98	11.2	33.6	67.3
5.04	23.4	70.1	140	5.69	17.9	53.7	107	6.34	14.0	42.1	84.3	6.99	11.2	33.5	67.0

^A Prepared by the Engineering Mechanics Section, Institute for Standards Technology.

 A 370 – 03a

16.4.4 Do not use a steel ball on steels having a hardness over 450 HB nor a carbide ball on steels having a hardness over 650 HB. The Brinell hardness test is not recommended for materials having a hardness over 650 HB.

16.4.4.1 If a ball is used in a test of a specimen which shows a Brinell hardness number greater than the limit for the ball as detailed in 16.4.4, the ball shall be either discarded and replaced with a new ball or remeasured to ensure conformance with the requirements of Test Method E 10.

16.5 *Detailed Procedure*—For detailed requirements of this test, reference shall be made to the latest revision of Test Method E 10.

17. Rockwell Test

17.1 *Description:*

17.1.1 In this test a hardness value is obtained by determining the depth of penetration of a diamond point or a steel ball into the specimen under certain arbitrarily fixed conditions. A minor load of 10 kgf is first applied which causes an initial penetration, sets the penetrator on the material and holds it in position. A major load which depends on the scale being used is applied increasing the depth of indentation. The major load is removed and, with the minor load still acting, the Rockwell number, which is proportional to the difference in penetration between the major and minor loads is determined; this is usually done by the machine and shows on a dial, digital display, printer, or other device. This is an arbitrary number which increases with increasing hardness. The scales most frequently used are as follows:

Scale Symbol	Penetrator	Major Load, kgf	Minor Load, kgf
B	1/16-in. steel ball	100	10
C	Diamond brale	150	10

17.1.2 Rockwell superficial hardness machines are used for the testing of very thin steel or thin surface layers. Loads of 15, 30, or 45 kgf are applied on a hardened steel ball or diamond penetrator, to cover the same range of hardness values as for the heavier loads. The superficial hardness scales are as follows:

Scale Symbol	Penetrator	Major Load, kgf	Minor Load, kgf
15T	1/16-in. steel ball	15	3
30T	1/16-in. steel ball	30	3
45T	1/16-in. steel ball	45	3
15N	Diamond brale	15	3
30N	Diamond brale	30	3
45N	Diamond brale	45	3

17.2 *Reporting Hardness*—In recording hardness values, the hardness number shall always precede the scale symbol, for example: 96 HRB, 40 HRC, 75 HR15N, or 77 HR30T.

17.3 *Test Blocks*—Machines should be checked to make certain they are in good order by means of standardized Rockwell test blocks.

17.4 *Detailed Procedure*—For detailed requirements of this test, reference shall be made to the latest revision of Test Methods E 18.

18. Portable Hardness Test

18.1 Although the use of the standard, stationary Brinell or Rockwell hardness tester is generally preferred, it is not always possible to perform the hardness test using such equipment due to the part size or location. In this event, hardness testing using portable equipment as described in Practice A 833 or Test Method E 110 shall be used.

CHARPY IMPACT TESTING

19. Summary

19.1 A Charpy V-notch impact test is a dynamic test in which a notched specimen is struck and broken by a single blow in a specially designed testing machine. The measured test values may be the energy absorbed, the percentage shear fracture, the lateral expansion opposite the notch, or a combination thereof.

19.2 Testing temperatures other than room (ambient) temperature often are specified in product or general requirement specifications (hereinafter referred to as the specification). Although the testing temperature is sometimes related to the expected service temperature, the two temperatures need not be identical.

20. Significance and Use

20.1 *Ductile vs. Brittle Behavior*—Body-centered-cubic or ferritic alloys exhibit a significant transition in behavior when impact tested over a range of temperatures. At temperatures above transition, impact specimens fracture by a ductile (usually microvoid coalescence) mechanism, absorbing relatively large amounts of energy. At lower temperatures, they fracture in a brittle (usually cleavage) manner absorbing less energy. Within the transition range, the fracture will generally be a mixture of areas of ductile fracture and brittle fracture.

20.2 The temperature range of the transition from one type of behavior to the other varies according to the material being tested. This transition behavior may be defined in various ways for specification purposes.

20.2.1 The specification may require a minimum test result for absorbed energy, fracture appearance, lateral expansion, or a combination thereof, at a specified test temperature.

20.2.2 The specification may require the determination of the transition temperature at which either the absorbed energy or fracture appearance attains a specified level when testing is performed over a range of temperatures.

20.3 Further information on the significance of impact testing appears in Annex A5.

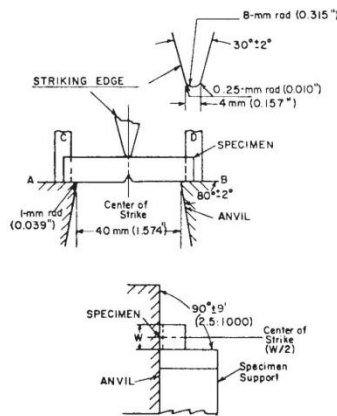
21. Apparatus

21.1 *Testing Machines:*

21.1.1 A Charpy impact machine is one in which a notched specimen is broken by a single blow of a freely swinging pendulum. The pendulum is released from a fixed height. Since the height to which the pendulum is raised prior to its swing, and the mass of the pendulum are known, the energy of the blow is predetermined. A means is provided to indicate the energy absorbed in breaking the specimen.

21.1.2 The other principal feature of the machine is a fixture (See Fig. 10) designed to support a test specimen as a simple

A 370 – 03a



All dimensional tolerances shall be ± 0.05 mm (0.002 in.) unless otherwise specified.

NOTE 1—A shall be parallel to B within 2:1000 and coplanar with B within 0.05 mm (0.002 in.).

NOTE 2—C shall be parallel to D within 20:1000 and coplanar with D within 0.125 mm (0.005 in.).

NOTE 3—Finish on unmarked parts shall be 4 μ m (125 μ in.).

FIG. 10 Charpy (Simple-Beam) Impact Test

beam at a precise location. The fixture is arranged so that the notched face of the specimen is vertical. The pendulum strikes the other vertical face directly opposite the notch. The dimensions of the specimen supports and striking edge shall conform to Fig. 10.

21.1.3 Charpy machines used for testing steel generally have capacities in the 220 to 300 ft-lbf (300 to 400 J) energy range. Sometimes machines of lesser capacity are used; however, the capacity of the machine should be substantially in excess of the absorbed energy of the specimens (see Test Methods E 23). The linear velocity at the point of impact should be in the range of 16 to 19 ft/s (4.9 to 5.8 m/s).

21.2 Temperature Media:

21.2.1 For testing at other than room temperature, it is necessary to condition the Charpy specimens in media at controlled temperatures.

21.2.2 Low temperature media usually are chilled fluids (such as water, ice plus water, dry ice plus organic solvents, or liquid nitrogen) or chilled gases.

21.2.3 Elevated temperature media are usually heated liquids such as mineral or silicone oils. Circulating air ovens may be used.

21.3 *Handling Equipment*—Tongs, especially adapted to fit the notch in the impact specimen, normally are used for removing the specimens from the medium and placing them on the anvil (refer to Test Methods E 23). In cases where the machine fixture does not provide for automatic centering of the test specimen, the tongs may be precision machined to provide centering.

22. Sampling and Number of Specimens

22.1 Sampling:

22.1.1 Test location and orientation should be addressed by the specifications. If not, for wrought products, the test location shall be the same as that for the tensile specimen and the orientation shall be longitudinal with the notch perpendicular to the major surface of the product being tested.

22.1.2 Number of Specimens.

22.1.2.1 A Charpy impact test consists of all specimens taken from a single test coupon or test location.

22.1.2.2 When the specification calls for a minimum average test result, three specimens shall be tested.

22.1.2.3 When the specification requires determination of a transition temperature, eight to twelve specimens are usually needed.

22.2 Type and Size:

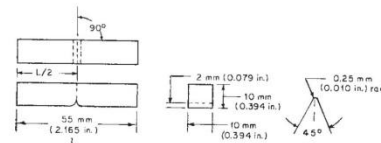
22.2.1 Use a standard full size Charpy V-notch specimen (Type A) as shown in Fig. 11, except as allowed in 22.2.2.

22.2.2 Subsize Specimens.

22.2.2.1 For flat material less than 7/16 in. (11 mm) thick, or when the absorbed energy is expected to exceed 80 % of full scale, use standard subsize test specimens.

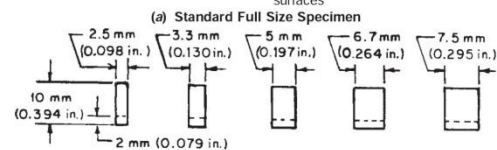
22.2.2.2 For tubular materials tested in the transverse direction, where the relationship between diameter and wall thickness does not permit a standard full size specimen, use standard subsize test specimens or standard size specimens containing outer diameter (OD) curvature as follows:

(1) Standard size specimens and subsize specimens may contain the original OD surface of the tubular product as shown



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90° ± 2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	± 0.075 mm (± 0.003 in.)
Length of specimen (L)	+ 0, - 2.5 mm (+ 0, - 0.100 in.)
Centering of notch (L/2)	± 1 mm (± 0.039 in.)
Angle of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Notch depth	± 0.025 mm (± 0.001 in.)
Finish requirements	2 μ m (63 μ in.) on notched surface and opposite face; 4 μ m (125 μ in.) on other two surfaces



NOTE 2—On subsize specimens, all dimensions and tolerances of the standard specimen remain constant with the exception of the width, which varies as shown above and for which the tolerance shall be ± 1 %.

(b) Standard Subsize Specimens

FIG. 11 Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimens

A 370 – 03a

in Fig. 12. All other dimensions shall comply with the requirements of Fig. 11.

NOTE 14—For materials with toughness levels in excess of about 50 ft-lbs, specimens containing the original OD surface may yield values in excess of those resulting from the use of conventional Charpy specimens.

22.2.2.3 If a standard full-size specimen cannot be prepared, the largest feasible standard subsize specimen shall be prepared. The specimens shall be machined so that the specimen does not include material nearer to the surface than 0.020 in. (0.5 mm).

22.2.2.4 Tolerances for standard subsize specimens are shown in Fig. 11. Standard subsize test specimen sizes are: 10 × 7.5 mm, 10 × 6.7 mm, 10 × 5 mm, 10 × 3.3 mm, and 10 × 2.5 mm.

22.2.2.5 Notch the narrow face of the standard subsize specimens so that the notch is perpendicular to the 10 mm wide face.

22.3 *Notch Preparation*—The machining of the notch is critical, as it has been demonstrated that extremely minor variations in notch radius and profile, or tool marks at the bottom of the notch may result in erratic test data. (See Annex A5).

23. Calibration

23.1 *Accuracy and Sensitivity*—Calibrate and adjust Charpy impact machines in accordance with the requirements of Test Methods E 23.

24. Conditioning—Temperature Control

24.1 When a specific test temperature is required by the specification or purchaser, control the temperature of the heating or cooling medium within ±2°F (1°C) because the effect of variations in temperature on Charpy test results can be very great.

NOTE 15—For some steels there may not be a need for this restricted temperature, for example, austenitic steels.

NOTE 16—Because the temperature of a testing laboratory often varies from 60 to 90°F (15 to 32°C) a test conducted at “room temperature” might be conducted at any temperature in this range.

25. Procedure

25.1 *Temperature:*

25.1.1 Condition the specimens to be broken by holding them in the medium at test temperature for at least 5 min in liquid media and 30 min in gaseous media.

25.1.2 Prior to each test, maintain the tongs for handling test specimens at the same temperature as the specimen so as not to affect the temperature at the notch.

25.2 Positioning and Breaking Specimens:

25.2.1 Carefully center the test specimen in the anvil and release the pendulum to break the specimen.

25.2.2 If the pendulum is not released within 5 s after removing the specimen from the conditioning medium, do not break the specimen. Return the specimen to the conditioning medium for the period required in 25.1.1.

25.3 *Recovering Specimens*—In the event that fracture appearance or lateral expansion must be determined, recover the matched pieces of each broken specimen before breaking the next specimen.

25.4 Individual Test Values:

25.4.1 *Impact energy*—Record the impact energy absorbed to the nearest ft-lbf (J).

25.4.2 Fracture Appearance:

25.4.2.1 Determine the percentage of shear fracture area by any of the following methods:

(1) Measure the length and width of the brittle portion of the fracture surface, as shown in Fig. 13 and determine the percent shear area from either Table 7 or Table 8 depending on the units of measurement.

(2) Compare the appearance of the fracture of the specimen with a fracture appearance chart as shown in Fig. 14.

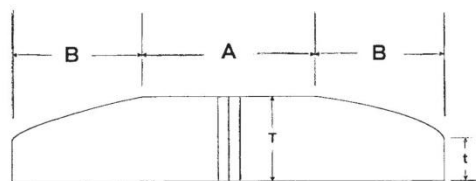
(3) Magnify the fracture surface and compare it to a precalibrated overlay chart or measure the percent shear fracture area by means of a planimeter.

(4) Photograph the fractured surface at a suitable magnification and measure the percent shear fracture area by means of a planimeter.

25.4.2.2 Determine the individual fracture appearance values to the nearest 5 % shear fracture and record the value.

25.4.3 Lateral Expansion:

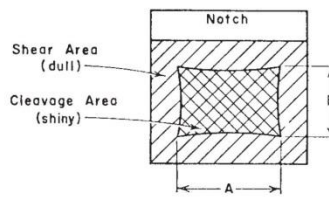
25.4.3.1 Lateral expansion is the increase in specimen width, measured in thousandths of an inch (mils), on the compression side, opposite the notch of the fractured Charpy V-notch specimen as shown in Fig. 15.



Dimension	Description	Requirement
A	Machined Surface	28 mm Minimum
B	Original OD Surface	13.5 mm Maximum
T	Specimen Thickness	Figure 11
t	End Thickness	1/2 T Minimum

FIG. 12 Tubular Impact Specimen Containing Original OD Surface

A 370 – 03a



NOTE 1—Measure average dimensions *A* and *B* to the nearest 0.02 in. or 0.5 mm.
NOTE 2—Determine the percent shear fracture using Table 7 or Table 8.

FIG. 13 Determination of Percent Shear Fracture

TABLE 7 Percent Shear for Measurements Made in Inches

NOTE 1—Since this table is set up for finite measurements or dimensions *A* and *B*, 100% shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , in.	Dimension <i>A</i> , in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0

TABLE 8 Percent Shear for Measurements Made in Millimetres

NOTE 1—Since this table is set up for finite measurements or dimensions *A* and *B*, 100% shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , mm	Dimension <i>A</i> , mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	91	91	90	89	89	88	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

25.4.3.2 Examine each specimen half to ascertain that the protrusions have not been damaged by contacting the anvil, machine mounting surface, and so forth. Discard such samples since they may cause erroneous readings.

25.4.3.3 Check the sides of the specimens perpendicular to the notch to ensure that no burrs were formed on the sides during impact testing. If burrs exist, remove them carefully by rubbing on emery cloth or similar abrasive surface, making sure that the protrusions being measured are not rubbed during the removal of the burr.

25.4.3.4 Measure the amount of expansion on each side of each half relative to the plane defined by the undeformed portion of the side of the specimen using a gage similar to that shown in Fig. 16 and Fig. 17.

25.4.3.5 Since the fracture path seldom bisects the point of maximum expansion on both sides of a specimen, the sum of the larger values measured for each side is the value of the test. Arrange the halves of one specimen so that compression sides are facing each other. Using the gage, measure the protrusion on each half specimen, ensuring that the same side of the

 A 370 – 03a

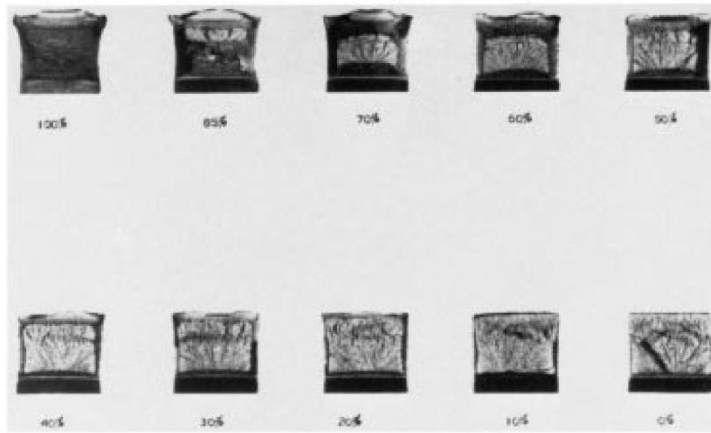


FIG. 14 Fracture Appearance Charts and Percent Shear Fracture Comparator



FIG. 15 Halves of Broken Charpy V-Notch Impact Specimen Joined for the Measurement of Lateral Expansion, Dimension A

specimen is measured. Measure the two broken halves individually. Repeat the procedure to measure the protrusions on the opposite side of the specimen halves. The larger of the two values for each side is the expansion of that side of the specimen.

25.4.3.6 Measure the individual lateral expansion values to the nearest mil (0.025 mm) and record the values.

25.4.3.7 With the exception described as follows, any specimen that does not separate into two pieces when struck by a single blow shall be reported as unbroken. If the specimen can

be separated by force applied by bare hands, the specimen may be considered as having been separated by the blow.

26. Interpretation of Test Result

26.1 When the acceptance criterion of any impact test is specified to be a minimum average value at a given temperature, the test result shall be the average (arithmetic mean) of the individual test values of three specimens from one test location.

26.1.1 When a minimum average test result is specified:

A 370 - 03a

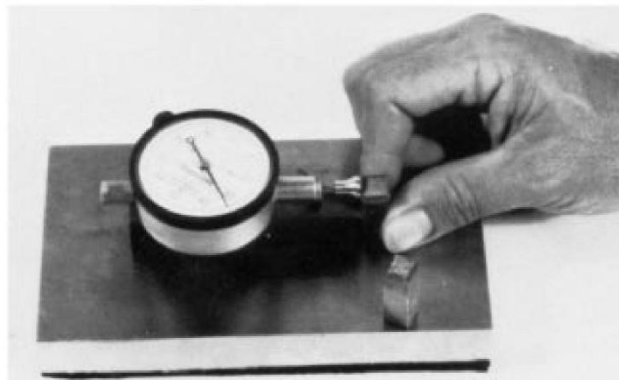


FIG. 16 Lateral Expansion Gauge for Charpy Impact Specimens

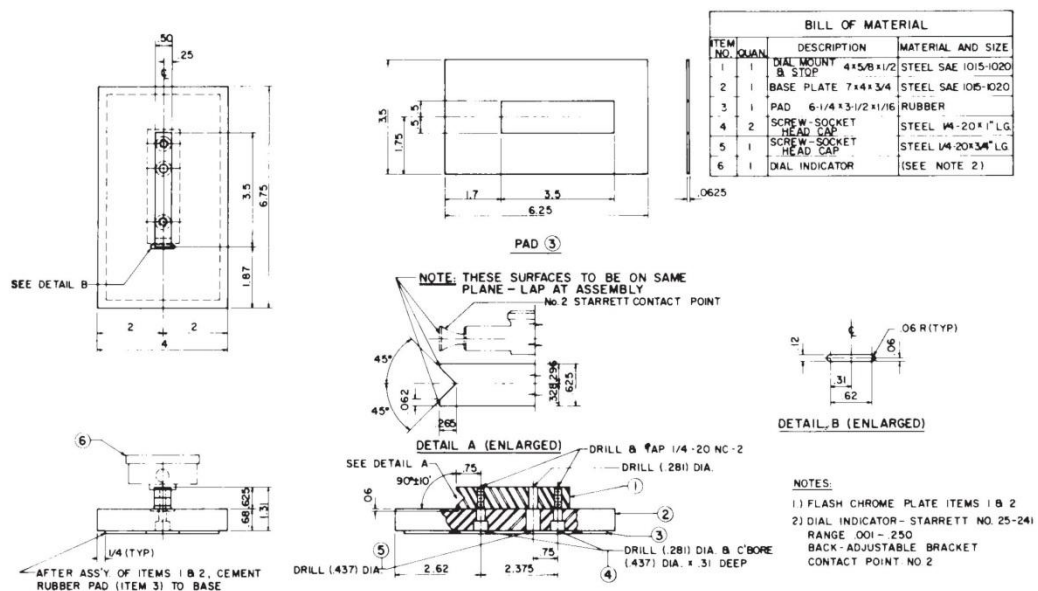


FIG. 17 Assembly and Details for Lateral Expansion Gauge

26.1.1.1 The test result is acceptable when all of the below are met:

- (1) The test result equals or exceeds the specified minimum average (given in the specification),
- (2) The individual test value for not more than one specimen measures less than the specified minimum average, and

(3) The individual test value for any specimen measures not less than two-thirds of the specified minimum average.

26.1.1.2 If the acceptance requirements of 26.1.1.1 are not met, perform one retest of three additional specimens from the same test location. Each individual test value of the retested specimens shall be equal to or greater than the specified minimum average value.

 A 370 – 03a

26.2 *Test Specifying a Minimum Transition Temperature:*

26.2.1 *Definition of Transition Temperature*—For specification purposes, the transition temperature is the temperature at which the designated material test value equals or exceeds a specified minimum test value.

26.2.2 *Determination of Transition Temperature:*

26.2.2.1 Break one specimen at each of a series of temperatures above and below the anticipated transition temperature using the procedures in Section 25. Record each test temperature to the nearest 1°F (0.5°C).

26.2.2.2 Plot the individual test results (ft-lbf or percent shear) as the ordinate versus the corresponding test temperature as the abscissa and construct a best-fit curve through the plotted data points.

26.2.2.3 If transition temperature is specified as the temperature at which a test value is achieved, determine the temperature at which the plotted curve intersects the specified test value by graphical interpolation (extrapolation is not permitted). Record this transition temperature to the nearest 5°F (3°C). If the tabulated test results clearly indicate a transition temperature lower than specified, it is not necessary to plot the data. Report the lowest test temperature for which test value exceeds the specified value.

26.2.2.4 Accept the test result if the determined transition temperature is equal to or lower than the specified value.

26.2.2.5 If the determined transition temperature is higher than the specified value, but not more than 20°F (12°C) higher than the specified value, test sufficient samples in accordance with Section 25 to plot two additional curves. Accept the test results if the temperatures determined from both additional tests are equal to or lower than the specified value.

26.3 When subsize specimens are permitted or necessary, or both, modify the specified test requirement according to Table 9 or test temperature according to ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Table UG-84.2, or both. Greater energies or lower test temperatures may be agreed upon by purchaser and supplier.

27. Records

27.1 The test record should contain the following information as appropriate:

27.1.1 Full description of material tested (that is, specification number, grade, class or type, size, heat number).

27.1.2 Specimen orientation with respect to the material axis.

27.1.3 Specimen size.

27.1.4 Test temperature and individual test value for each specimen broken, including initial tests and retests.

27.1.5 Test results.

27.1.6 Transition temperature and criterion for its determination, including initial tests and retests.

28. Report

28.1 The specification should designate the information to be reported.

29. Keywords

29.1 bend test; Brinell hardness; Charpy impact test; elongation; FATT (Fracture Appearance Transition Temperature); hardness test; portable hardness; reduction of area; Rockwell hardness; tensile strength; tension test; yield strength

TABLE 9 Charpy V-Notch Test Acceptance Criteria for Various Sub-Size Specimens

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		⅔ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		⅓ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

 A 370 – 03a

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. STEEL BAR PRODUCTS

A1.1 Scope

A1.1.1 This supplement delineates only those details which are peculiar to hot-rolled and cold-finished steel bars and are not covered in the general section of these test methods.

A1.2 Orientation of Test Specimens

A1.2.1 Carbon and alloy steel bars and bar-size shapes, due to their relatively small cross-sectional dimensions, are customarily tested in the longitudinal direction. In special cases where size permits and the fabrication or service of a part justifies testing in a transverse direction, the selection and location of test or tests are a matter of agreement between the manufacturer and the purchaser.

A1.3 Tension Test

A1.3.1 *Carbon Steel Bars*—Carbon steel bars are not commonly specified to tensile requirements in the as-rolled condition for sizes of rounds, squares, hexagons, and octagons under ½ in. (13 mm) in diameter or distance between parallel faces

nor for other bar-size sections, other than flats, less than 1 in.² (645 mm²) in cross-sectional area.

A1.3.2 *Alloy Steel Bars*—Alloy steel bars are usually not tested in the as-rolled condition.

A1.3.3 When tension tests are specified, the practice for selecting test specimens for hot-rolled and cold-finished steel bars of various sizes shall be in accordance with Table A1.1, unless otherwise specified in the product specification.

A1.4 Bend Test

A1.4.1 When bend tests are specified, the recommended practice for hot-rolled and cold-finished steel bars shall be in accordance with Table A1.2.

A1.5 Hardness Test

A1.5.1 *Hardness Tests on Bar Products*—flats, rounds, squares, hexagons and octagons—is conducted on the surface after a minimum removal of 0.015 in. to provide for accurate hardness penetration.

 **A 370 – 03a**

TABLE A1.1 Practices for Selecting Tension Test Specimens for Steel Bar Products

NOTE 1—For bar sections where it is difficult to determine the cross-sectional area by simple measurement, the area in square inches may be calculated by dividing the weight per linear inch of specimen in pounds by 0.2833 (weight of 1 in.³ of steel) or by dividing the weight per linear foot of specimen by 3.4 (weight of steel 1 in. square and 1 ft long).

Thickness, in. (mm)	Width, in. (mm)	Hot-Rolled Bars		Cold-Finished Bars
		Flats		
Under 5/16 (16)	Up to 1 1/2 (38), incl	Full section by 8-in. (203-mm) gage length (Fig. 4).		Mill reduced section to 2-in. (51-mm) gage length and approximately 25% less than test specimen width.
	Over 1 1/2 (38)	Full section, or mill to 1 1/2 in. (38 mm) wide by 8-in. (203-mm) gage length (Fig. 4).		Mill reduced section to 2-in. gage length and 1 1/2 in. wide.
5/16 to 1 1/2 (16 to 38), excl	Up to 1 1/2 (38), incl	Full section by 8-in. gage length or machine standard 1/2 by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from center of section (Fig. 5).		Mill reduced section to 2-in. (51-mm) gage length and approximately 25% less than test specimen width or machine standard 1/2 by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from center of section (Fig. 5).
	Over 1 1/2 (38)	Full section, or mill 1 1/2 in. (38 mm) width by 8-in. (203-mm) gage length (Fig. 4) or machine standard 1/2 by 2-in. gage (13 by 51-mm) gage length specimen from midway between edge and center of section (Fig. 5).		Mill reduced section to 2-in. gage length and 1 1/2 in. wide or machine standard 1/2 by 2-in. gage length specimen from midway between edge and center of section (Fig. 5).
1 1/2 (38) and over		Full section by 8-in. (203-mm) gage length, or machine standard 1/2 by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from midway between surface and center (Fig. 5).		Machine standard 1/2 by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from midway between surface and center (Fig. 5).
Rounds, Squares, Hexagons, and Octagons				
Diameter or Distance Between Parallel Faces, in. (mm)	Hot-Rolled Bars		Cold-Finished Bars	
Under 5/16	Full section by 8-in. (203-mm) gage length on machine to subsize specimen (Fig. 5).		Machine to sub-size specimen (Fig. 5).	
5/16 to 1 1/2 (16 to 38), excl	Full section by 8-in. (203-mm) gage length or machine standard 1/2 in. by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from center of section (Fig. 5).		Machine standard 1/2 in. by 2-in. gage length specimen from center of section (Fig. 5).	
1 1/2 (38) and over	Full section by 8-in. (203-mm) gage length or machine standard 1/2 in. by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from midway between surface and center of section (Fig. 5).		Machine standard 1/2 in. by 2-in. (13 by 51-mm) gage length specimen from midway between surface and center of section (Fig. 5).	
Other Bar-Size Sections				
All sizes	Full section by 8-in. (203-mm) gage length or prepare test specimen 1 1/2 in. (38 mm) wide (if possible) by 8-in. (203-mm) gage length.		Mill reduced section to 2-in. (51-mm) gage length and approximately 25% less than test specimen width.	

A 370 – 03a

TABLE A1.2 Recommended Practice for Selecting Bend Test Specimens for Steel Bar Products

NOTE 1—The length of all specimens is to be not less than 6 in. (150 mm).
NOTE 2—The edges of the specimen may be rounded to a radius not exceeding 1/16 in. (1.6 mm).

Flats		Recommended Size
Thickness, in. (mm)	Width, in. (mm)	
Up to 1/2 (13), incl	Up to 3/4 (19), incl Over 3/4 (19)	Full section. Full section or machine to not less than 3/4 in. (19 mm) in width by thickness of specimen.
Over 1/2 (13)	All	Full section or machine to 1 by 1/2 in. (25 by 13 mm) specimen from midway between center and surface.
Rounds, Squares, Hexagons, and Octagons		
Diameter or Distance Between Parallel Faces, in. (mm)		Recommended Size
Up to 1 1/2 (38), incl Over 1 1/2 (38)		Full section. Machine to 1 by 1/2-in. (25 by 13-mm) specimen from midway between center and surface.

A2. STEEL TUBULAR PRODUCTS

A2.1 Scope

A2.1.1 This supplement covers test specimens and test methods that are applicable to tubular products and are not covered in the general section of Test Methods and Definitions A 370.

A2.1.2 Tubular shapes covered by this specification include, round, square, rectangular, and special shapes.

A2.2 Tension Test

A2.2.1 Full-Size Longitudinal Test Specimens:

A2.2.1.1 As an alternative to the use of longitudinal strip test specimens or longitudinal round test specimens, tension test specimens of full-size tubular sections are used, provided that the testing equipment has sufficient capacity. Snug-fitting metal plugs should be inserted far enough in the end of such tubular specimens to permit the testing machine jaws to grip the specimens properly without crushing. A design that may be used for such plugs is shown in Fig. A2.1. The plugs shall not

extend into that part of the specimen on which the elongation is measured (Fig. A2.1). Care should be exercised to see that insofar as practicable, the load in such cases is applied axially. The length of the full-section specimen depends on the gage length prescribed for measuring the elongation.

A2.2.1.2 Unless otherwise required by the product specification, the gage length is 2 in. or 50 mm, except that for tubing having an outside diameter of 3/8 in. (9.5 mm) or less, it is customary for a gage length equal to four times the outside diameter to be used when elongation comparable to that obtainable with larger test specimens is required.

A2.2.1.3 To determine the cross-sectional area of the full-section specimen, measurements shall be recorded as the average or mean between the greatest and least measurements of the outside diameter and the average or mean wall thickness, to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) and the cross-sectional area is determined by the following equation:

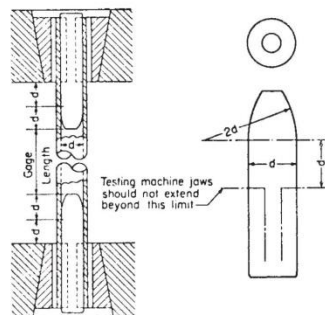


FIG. A2.1 Metal Plugs for Testing Tubular Specimens, Proper Location of Plugs in Specimen and of Specimen in Heads of Testing Machine

A 370 – 03a

$$A = 3.1416t(D - t) \quad (A2.1)$$

where:

- A = sectional area, in.²
- D = outside diameter, in., and
- t = thickness of tube wall, in.

NOTE A2.1—There exist other methods of cross-sectional area determination, such as by weighing of the specimens, which are equally accurate or appropriate for the purpose.

A2.2.2 Longitudinal Strip Test Specimens:

A2.2.2.1 As an alternative to the use of full-size longitudinal test specimens or longitudinal round test specimens, longitudinal strip test specimens, obtained from strips cut from the tubular product as shown in Fig. A2.2 and machined to the dimensions shown in Fig. A2.3 are used. For welded structural tubing, such test specimens shall be from a location at least 90° from the weld; for other welded tubular products, such test specimens shall be from a location approximately 90° from the weld. Unless otherwise required by the product specification, the gage length is 2 in. or 50 mm. The test specimens shall be tested using grips that are flat or have a surface contour corresponding to the curvature of the tubular product, or the ends of the test specimens shall be flattened without heating prior to the test specimens being tested using flat grips. The test specimen shown as specimen no. 4 in Fig. 3 shall be used, unless the capacity of the testing equipment or the dimensions and nature of the tubular product to be tested makes the use of specimen nos. 1, 2, or 3 necessary.

NOTE A2.2—An exact formula for calculating the cross-sectional area of specimens of the type shown in Fig. A2.3 taken from a circular tube is given in Test Methods E 8 or E 8M.

A2.2.2.2 The width should be measured at each end of the gage length to determine parallelism and also at the center. The thickness should be measured at the center and used with the center measurement of the width to determine the cross-sectional area. The center width dimension should be recorded to the nearest 0.005 in. (0.127 mm), and the thickness measurement to the nearest 0.001 in.

A2.2.3 Transverse Strip Test Specimens:

A2.2.3.1 In general, transverse tension tests are not recommended for tubular products, in sizes smaller than 8 in. in nominal diameter. When required, transverse tension test

specimens may be taken from rings cut from ends of tubes or pipe as shown in Fig. A2.4. Flattening of the specimen may be done either after separating it from the tube as in Fig. A2.4 (a), or before separating it as in Fig. A2.4 (b), and may be done hot or cold; but if the flattening is done cold, the specimen may subsequently be normalized. Specimens from tubes or pipe for which heat treatment is specified, after being flattened either hot or cold, shall be given the same treatment as the tubes or pipe. For tubes or pipe having a wall thickness of less than 3/4 in. (19 mm), the transverse test specimen shall be of the form and dimensions shown in Fig. A2.5 and either or both surfaces may be machined to secure uniform thickness. Specimens for transverse tension tests on welded steel tubes or pipe to determine strength of welds, shall be located perpendicular to the welded seams with the weld at about the middle of their length.

A2.2.3.2 The width should be measured at each end of the gage length to determine parallelism and also at the center. The thickness should be measured at the center and used with the center measurement of the width to determine the cross-sectional area. The center width dimension should be recorded to the nearest 0.005 in. (0.127 mm), and the thickness measurement to the nearest 0.001 in. (0.025 mm).

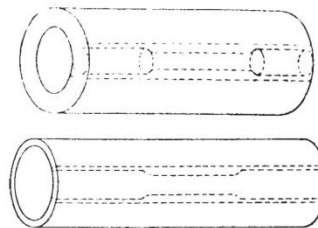
A2.2.4 Round Test Specimens:

A2.2.4.1 When provided for in the product specification, the round test specimen shown in Fig. 4 may be used.

A2.2.4.2 The diameter of the round test specimen is measured at the center of the specimen to the nearest 0.001 in. (0.025 mm).

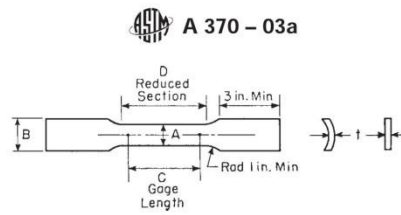
A2.2.4.3 Small-size specimens proportional to standard, as shown in Fig. 4, may be used when it is necessary to test material from which the standard specimen cannot be prepared. Other sizes of small-size specimens may be used. In any such small-size specimen, it is important that the gage length for measurement of elongation be four times the diameter of the specimen (see Note 4, Fig. 4). The elongation requirements for the round specimen 2-in. gage length in the product specification shall apply to the small-size specimens.

A2.2.4.4 For transverse specimens, the section from which the specimen is taken shall not be flattened or otherwise deformed.



NOTE 1—The edges of the blank for the specimen shall be cut parallel to each other.

FIG. A2.2 Location of Longitudinal Tension-Test Specimens in Rings Cut from Tubular Products



Specimen No.	DIMENSIONS			
	Dimensions, in.			
	A	B	C	D
1	$\frac{1}{2} \pm 0.015$	$\frac{1}{16}$ approximately	2 ± 0.005	$2\frac{1}{4}$ min
2	$\frac{3}{4} \pm 0.031$	1 approximately	2 ± 0.005	$2\frac{1}{4}$ min
3	1 ± 0.062	$1\frac{1}{2}$ approximately	4 ± 0.005	$4\frac{1}{2}$ min
4	$1\frac{1}{2} \pm \frac{1}{8}$	2 approximately	2 ± 0.005	$2\frac{1}{4}$ min
			4 ± 0.005	$4\frac{1}{2}$ min
			2 ± 0.010	$2\frac{1}{4}$ min
			4 ± 0.015	$4\frac{1}{2}$ min
			8 ± 0.020	9 min

NOTE 1—Cross-sectional area may be calculated by multiplying A and t.
 NOTE 2—The dimension t is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications.
 NOTE 3—The reduced section shall be parallel within 0.010 in. and may have a gradual taper in width from the ends toward the center, with the ends not more than 0.010 in. wider than the center.
 NOTE 4—The ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.10 in.
 NOTE 5—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.
 NOTE 6—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2A from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. If the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. A2.3 Dimensions and Tolerances for Longitudinal Strip Tension Test Specimens for Tubular Products

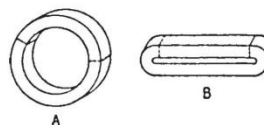


FIG. A2.4 Location of Transverse Tension Test Specimens in Ring Cut from Tubular Products.

A2.2.4.5 Longitudinal test specimens are obtained from strips cut from the tubular product as shown in Fig. A2.2.

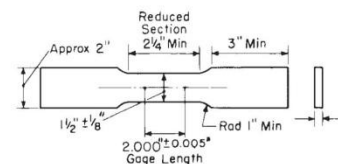
A2.3 Determination of Transverse Yield Strength, Hydraulic Ring-Expansion Method

A2.3.1 Hardness tests are made on the outside surface, inside surface, or wall cross-section depending upon product-specification limitation. Surface preparation may be necessary to obtain accurate hardness values.

A2.3.2 A testing machine and method for determining the transverse yield strength from an annular ring specimen, have been developed and described in A2.3.3-8.1.2.

A2.3.3 A diagrammatic vertical cross-sectional sketch of the testing machine is shown in Fig. A2.6.

A2.3.4 In determining the transverse yield strength on this machine, a short ring (commonly 3 in. (76 mm) in length) test specimen is used. After the large circular nut is removed from the machine, the wall thickness of the ring specimen is determined and the specimen is telescoped over the oil resistant rubber gasket. The nut is then replaced, but is not turned down



NOTE 1—The dimension t is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications.
 NOTE 2—The reduced section shall be parallel within 0.010 in. and may have a gradual taper in width from the ends toward the center, with the ends not more than 0.010 in. wider than the center.
 NOTE 3—The ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.10 in.
 NOTE 4—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.

FIG. A2.5 Transverse Tension Test Specimen Machined from Ring Cut from Tubular Products

tight against the specimen. A slight clearance is left between the nut and specimen for the purpose of permitting free radial

A 370 – 03a

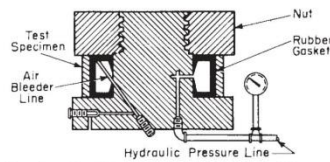


FIG. A2.6 Testing Machine for Determination of Transverse Yield Strength from Annular Ring Specimens

movement of the specimen as it is being tested. Oil under pressure is then admitted to the interior of the rubber gasket through the pressure line under the control of a suitable valve. An accurately calibrated pressure gage serves to measure oil pressure. Any air in the system is removed through the bleeder line. As the oil pressure is increased, the rubber gasket expands which in turn stresses the specimen circumferentially. As the pressure builds up, the lips of the rubber gasket act as a seal to prevent oil leakage. With continued increase in pressure, the ring specimen is subjected to a tension stress and elongates accordingly. The entire outside circumference of the ring specimen is considered as the gage length and the strain is measured with a suitable extensometer which will be described later. When the desired total strain or extension under load is reached on the extensometer, the oil pressure in pounds per square inch is read and by employing Barlow's formula, the unit yield strength is calculated. The yield strength, thus determined, is a true result since the test specimen has not been cold worked by flattening and closely approximates the same condition as the tubular section from which it is cut. Further, the test closely simulates service conditions in pipe lines. One testing machine unit may be used for several different sizes of pipe by the use of suitable rubber gaskets and adapters.

NOTE A2.3—Barlow's formula may be stated two ways:

$$(1) P = 2S\ell/D \quad (A2.2)$$

$$(2) S = PD/2\ell \quad (A2.3)$$

where:

P = internal hydrostatic pressure, psi,
 S = unit circumferential stress in the wall of the tube produced by the internal hydrostatic pressure, psi,
 t = thickness of the tube wall, in., and
 D = outside diameter of the tube, in.

A2.3.5 A roller chain type extensometer which has been found satisfactory for measuring the elongation of the ring specimen is shown in Fig. A2.7 and Fig. A2.8. Fig. A2.7 shows the extensometer in position, but unclamped, on a ring specimen. A small pin, through which the strain is transmitted to and measured by the dial gage, extends through the hollow threaded stud. When the extensometer is clamped, as shown in Fig. A2.8, the desired tension which is necessary to hold the instrument in place and to remove any slack, is exerted on the roller chain by the spring. Tension on the spring may be regulated as desired by the knurled thumb screw. By removing or adding rollers, the roller chain may be adapted for different sizes of tubular sections.

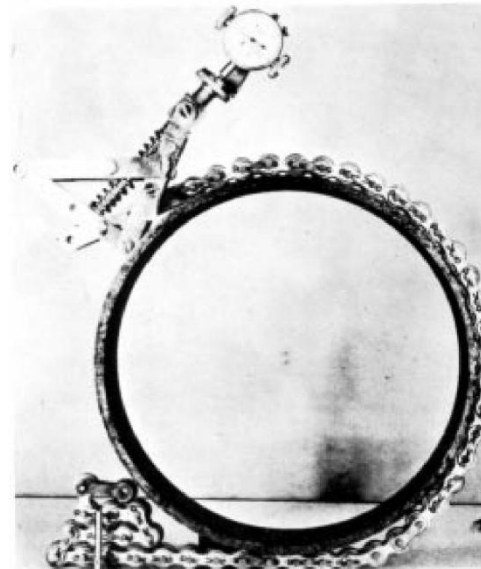



FIG. A2.7 Roller Chain Type Extensometer, Unclamped

A2.4 Hardness Tests

A2.4.1 Hardness tests are made either on the outside or the inside surfaces on the end of the tube as appropriate.

A2.4.2 The standard 3000-kgf Brinell load may cause too much deformation in a thin-walled tubular specimen. In this case the 500-kgf load shall be applied, or inside stiffening by means of an internal anvil should be used. Brinell testing shall not be applicable to tubular products less than 2 in. (51 mm) in outside diameter, or less than 0.200 in. (5.1 mm) in wall thickness.

A2.4.3 The Rockwell hardness tests are normally made on the inside surface, a flat on the outside surface, or on the wall cross-section depending upon the product limitation. Rockwell hardness tests are not performed on tubes smaller than $\frac{5}{16}$ in. (7.9 mm) in outside diameter, nor are they performed on the inside surface of tubes with less than $\frac{1}{4}$ in. (6.4 mm) inside diameter. Rockwell hardness tests are not performed on annealed tubes with walls less than 0.065 in. (1.65 mm) thick or cold worked or heat treated tubes with walls less than 0.049 in. (1.24 mm) thick. For tubes with wall thicknesses less than those permitting the regular Rockwell hardness test, the Superficial Rockwell test is sometimes substituted. Transverse Rockwell hardness readings can be made on tubes with a wall thickness of 0.187 in. (4.75 mm) or greater. The curvature and the wall thickness of the specimen impose limitations on the Rockwell hardness test. When a comparison is made between Rockwell determinations made on the outside surface and determinations made on the inside surface, adjustment of the readings will be required to compensate for the effect of

 A 370 – 03a

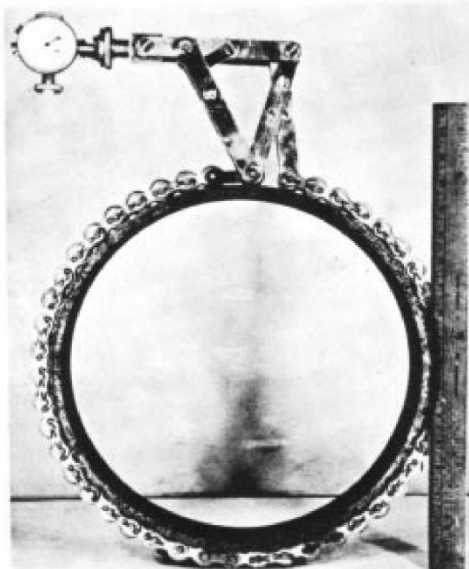


FIG. A2.8 Roller Chain Type Extensometer, Clamped

curvature. The Rockwell B scale is used on all materials having an expected hardness range of B0 to B100. The Rockwell C scale is used on material having an expected hardness range of C20 to C68.

A2.4.4 Superficial Rockwell hardness tests are normally performed on the outside surface whenever possible and whenever excessive spring back is not encountered. Otherwise, the tests may be performed on the inside. Superficial Rockwell hardness tests shall not be performed on tubes with an inside diameter of less than 1/4 in. (6.4 mm). The wall thickness limitations for the Superficial Rockwell hardness test are given in Table A2.1 and Table A2.2.

A2.4.5 When the outside diameter, inside diameter, or wall thickness precludes the obtaining of accurate hardness values, tubular products shall be specified to tensile properties and so tested.

A2.5 Manipulating Tests

A2.5.1 The following tests are made to prove ductility of certain tubular products:

A2.5.1.1 *Flattening Test*—The flattening test as commonly made on specimens cut from tubular products is conducted by subjecting rings from the tube or pipe to a prescribed degree of flattening between parallel plates (Fig. A2.4). The severity of the flattening test is measured by the distance between the parallel plates and is varied according to the dimensions of the tube or pipe. The flattening test specimen should not be less than 2 1/2 in. (63.5 mm) in length and should be flattened cold to the extent required by the applicable material specifications.

A2.5.1.2 *Reverse Flattening Test*—The reverse flattening test is designed primarily for application to electric-welded tubing for the detection of lack of penetration or overlaps resulting from flash removal in the weld. The specimen consists of a length of tubing approximately 4 in. (102 mm) long which is split longitudinally 90° on each side of the weld. The sample is then opened and flattened with the weld at the point of maximum bend (Fig. A2.9).

A2.5.1.3 *Crush Test*—The crush test, sometimes referred to as an upsetting test, is usually made on boiler and other pressure tubes, for evaluating ductility (Fig. A2.10). The specimen is a ring cut from the tube, usually about 2 1/2 in. (63.5 mm) long. It is placed on end and crushed endwise by hammer or press to the distance prescribed by the applicable material specifications.

A2.5.1.4 *Flange Test*—The flange test is intended to determine the ductility of boiler tubes and their ability to withstand the operation of bending into a tube sheet. The test is made on a ring cut from a tube, usually not less than 4 in. (100 mm) long and consists of having a flange turned over at right angles to the body of the tube to the width required by the applicable material specifications. The flaring tool and die block shown in Fig. A2.11 are recommended for use in making this test.

A2.5.1.5 *Flaring Test*—For certain types of pressure tubes, an alternate to the flange test is made. This test consists of driving a tapered mandrel having a slope of 1 in 10 as shown in Fig. A2.12 (a) or a 60° included angle as shown in Fig. A2.12 (b) into a section cut from the tube, approximately 4 in. (100 mm) in length, and thus expanding the specimen until the inside diameter has been increased to the extent required by the applicable material specifications.

A2.5.1.6 *Bend Test*—For pipe used for coiling in sizes 2 in. and under a bend test is made to determine its ductility and the soundness of weld. In this test a sufficient length of full-size pipe is bent cold through 90° around a cylindrical mandrel having a diameter 12 times the nominal diameter of the pipe. For close coiling, the pipe is bent cold through 180° around a mandrel having a diameter 8 times the nominal diameter of the pipe.

TABLE A2.1 Wall Thickness Limitations of Superficial Hardness Test on Annealed or Ductile Materials for Steel Tubular Products^A
(“T” Scale (1/16-in. Ball))

Wall Thickness, in. (mm)	Load, kgf
Over 0.050 (1.27)	45
Over 0.035 (0.89)	30
0.020 and over (0.51)	15

^A The heaviest load recommended for a given wall thickness is generally used.

A 370 – 03a

TABLE A2.2 Wall Thickness Limitations of Superficial Hardness Test on Cold Worked or Heat Treated Material for Steel Tubular Products^A
(*N° Scale (Diamond Penetrator))

Wall Thickness, in. (mm)	Load, kgf
Over 0.035 (0.89)	45
Over 0.025 (0.51)	30
0.015 and over (0.38)	15

^A The heaviest load recommended for a given wall thickness is generally used.

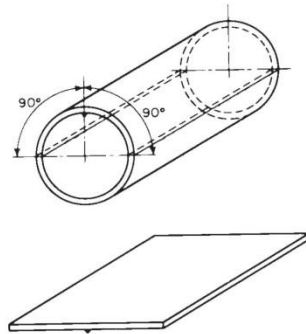


FIG. A2.9 Reverse Flattening Test

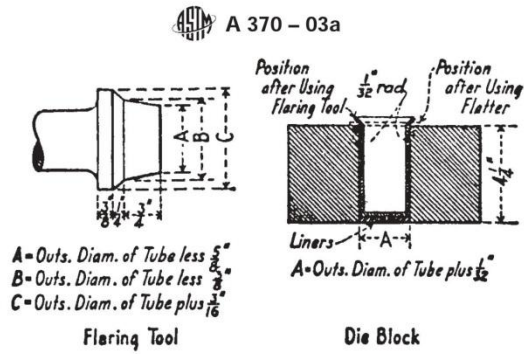
A2.5.1.7 Transverse Guided Bend Test of Welds—This bend test is used to determine the ductility of fusion welds. The specimens used are approximately 1½ in. (38 mm) wide, at least 6 in. (152 mm) in length with the weld at the center, and are machined in accordance with Fig. A2.13 for face and root bend tests and in accordance with Fig. A2.14 for side bend tests. The dimensions of the plunger shall be as shown in Fig. A2.15 and the other dimensions of the bending jig shall be substantially as given in this same figure. A test shall consist of a face bend specimen and a root bend specimen or two side bend specimens. A face bend test requires bending with the inside surface of the pipe against the plunger; a root bend test



FIG. A2.10 Crush Test Specimen

requires bending with the outside surface of the pipe against the plunger; and a side bend test requires bending so that one of the side surfaces becomes the convex surface of the bend specimen.

(a) Failure of the bend test depends upon the appearance of cracks in the area of the bend, of the nature and extent described in the product specifications.



NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.
 FIG. A2.11 Flaring Tool and Die Block for Flange Test

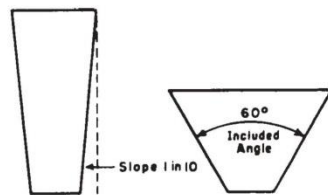
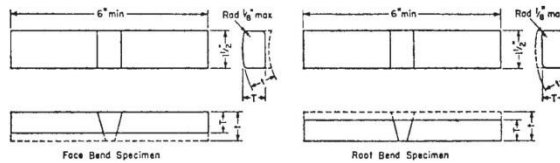


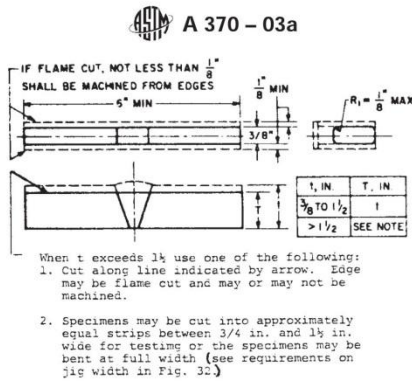
FIG. A2.12 Tapered Mandrels for Flaring Test



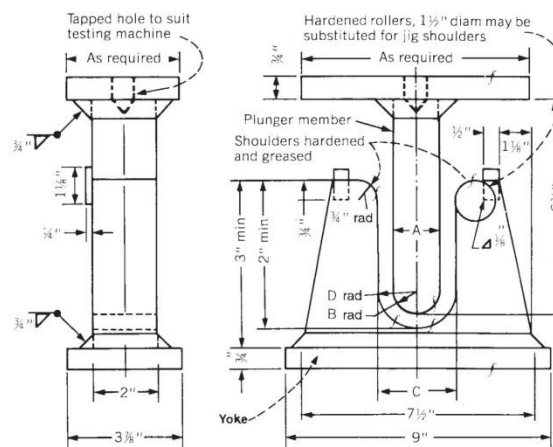
NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.

Pipe Wall Thickness (t), in.	Test Specimen Thickness, in.
Up to $\frac{3}{16}$, incl	t
Over $\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$

FIG. A2.13 Transverse Face- and Root-Bend Test Specimens



NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.
FIG. A2.14 Side-Bend Specimen for Ferrous Materials



NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.

Test Specimen Thickness, in.	A	B	C	D	Material
$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$2\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{16}$	Materials with a specified minimum tensile strength of 95 ksi or greater.
t	4t	2t	$6t + \frac{1}{8}$	$3t + \frac{1}{16}$	
$\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{8}$	$1\frac{11}{16}$	Materials with a specified minimum tensile strength of 95 ksi or greater.
t	$6\frac{1}{2} t$	$3\frac{1}{2} t$	$8\frac{1}{2} t + \frac{1}{8}$	$4\frac{1}{2} t + \frac{1}{16}$	

FIG. A2.15 Guided-Bend Test Jig

A3. STEEL FASTENERS

A3.1 Scope

A3.1.1 This supplement covers definitions and methods of testing peculiar to steel fasteners which are not covered in the general section of Test Methods and Definitions A 370. Stan-

ard tests required by the individual product specifications are to be performed as outlined in the general section of these methods.

 A 370 – 03a

A3.1.2 These tests are set up to facilitate production control testing and acceptance testing with certain more precise tests to be used for arbitration in case of disagreement over test results.

A3.2 Tension Tests

A3.2.1 It is preferred that bolts be tested full size, and it is customary, when so testing bolts to specify a minimum ultimate load in pounds, rather than a minimum ultimate strength in pounds per square inch. Three times the bolt nominal diameter has been established as the minimum bolt length subject to the tests described in the remainder of this section. Sections A3.2.1.1-A3.2.1.3 apply when testing bolts full size. Section A3.2.1.4 shall apply where the individual product specifications permit the use of machined specimens.

A3.2.1.1 *Proof Load*— Due to particular uses of certain classes of bolts it is desirable to be able to stress them, while in use, to a specified value without obtaining any permanent set. To be certain of obtaining this quality the proof load is specified. The proof load test consists of stressing the bolt with a specified load which the bolt must withstand without permanent set. An alternate test which determines yield strength of a full size bolt is also allowed. Either of the following Methods, 1 or 2, may be used but Method 1 shall be the arbitration method in case of any dispute as to acceptance of the bolts.

A3.2.1.2 *Proof Load Testing Long Bolts*—When full size tests are required, proof load Method 1 is to be limited in application to bolts whose length does not exceed 8 in. (203 mm) or 8 times the nominal diameter, whichever is greater. For bolts longer than 8 in. or 8 times the nominal diameter, whichever is greater, proof load Method 2 shall be used.

(a) *Method 1, Length Measurement*—The overall length of a straight bolt shall be measured at its true center line with an instrument capable of measuring changes in length of 0.0001 in. (0.0025 mm) with an accuracy of 0.0001 in. in any 0.001-in. (0.025-mm) range. The preferred method of measuring the length shall be between conical centers machined on the center line of the bolt, with mating centers on the measuring anvils.

The head or body of the bolt shall be marked so that it can be placed in the same position for all measurements. The bolt shall be assembled in the testing equipment as outlined in A3.2.1.4, and the proof load specified in the product specification shall be applied. Upon release of this load the length of the bolt shall be again measured and shall show no permanent elongation. A tolerance of ± 0.0005 in. (0.0127 mm) shall be allowed between the measurement made before loading and that made after loading. Variables, such as straightness and thread alignment (plus measurement error), may result in apparent elongation of the fasteners when the proof load is initially applied. In such cases, the fastener may be retested using a 3 percent greater load, and may be considered satisfactory if the length after this loading is the same as before this loading (within the 0.0005-in. tolerance for measurement error).

A3.2.1.3 *Proof Load-Time of Loading*—The proof load is to be maintained for a period of 10 s before release of load, when using Method 1.

(a) *Method 2, Yield Strength*—The bolt shall be assembled in the testing equipment as outlined in A3.2.1.4. As the load is applied, the total elongation of the bolt or any part of the bolt which includes the exposed six threads shall be measured and recorded to produce a load-strain or a stress-strain diagram. The load or stress at an offset equal to 0.2 percent of the length of bolt occupied by 6 full threads shall be determined by the method described in 13.2.1 of these methods, A 370. This load or stress shall not be less than that prescribed in the product specification.

A3.2.1.4 *Axial Tension Testing of Full Size Bolts*—Bolts are to be tested in a holder with the load axially applied between the head and a nut or suitable fixture (Fig. A3.1), either of which shall have sufficient thread engagement to develop the full strength of the bolt. The nut or fixture shall be assembled on the bolt leaving six complete bolt threads unengaged between the grips, except for heavy hexagon structural bolts which shall have four complete threads unengaged between the grips. To meet the requirements of this test there shall be a

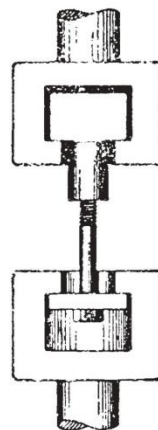


FIG. A3.1 Tension Testing Full-Size Bolt

A 370 – 03a

tensile failure in the body or threaded section with no failure at the junction of the body, and head. If it is necessary to record or report the tensile strength of bolts as psi values the stress area shall be calculated from the mean of the mean root and pitch diameters of Class 3 external threads as follows:

$$A_s = 0.7854 [D - (0.9743/n)]^2 \quad (A3.1)$$

where:

- A_s = stress area, in.²,
- D = nominal diameter, in., and
- n = number of threads per inch.

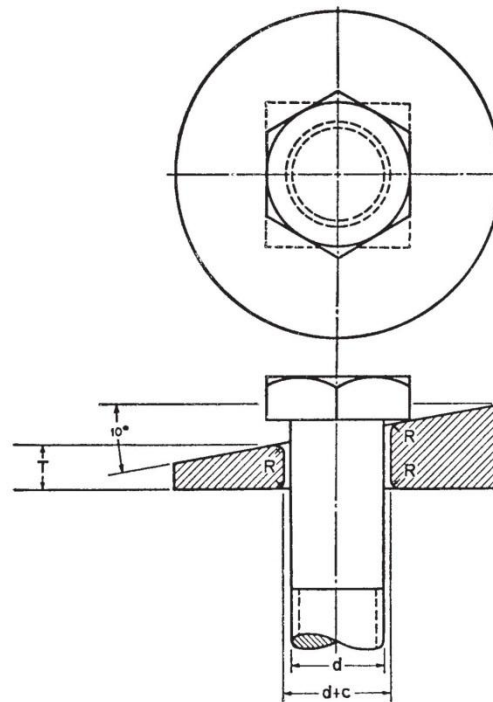
A3.2.1.5 Tension Testing of Full-Size Bolts with a Wedge—The purpose of this test is to obtain the tensile strength and demonstrate the “head quality” and ductility of a bolt with a standard head by subjecting it to eccentric loading. The ultimate load on the bolt shall be determined as described in A3.2.1.4, except that a 10° wedge shall be placed under the same bolt previously tested for the proof load (see A3.2.1.1). The bolt head shall be so placed that no corner of the hexagon or square takes a bearing load, that is, a flat of the head shall be aligned with the direction of uniform thickness of the wedge

(Fig. A3.2). The wedge shall have an included angle of 10° between its faces and shall have a thickness of one-half of the nominal bolt diameter at the short side of the hole. The hole in the wedge shall have the following clearance over the nominal size of the bolt, and its edges, top and bottom, shall be rounded to the following radius:

Nominal Bolt Size, in.	Clearance in Hole, in. (mm)	Radius on Corners of Hole, in. (mm)
¼ to ½	0.030 (0.76)	0.030 (0.76)
⅝ to ¾	0.050 (1.3)	0.060 (1.5)
⅞ to 1	0.063 (1.5)	0.060 (1.5)
1⅛ to 1¼	0.063 (1.5)	0.125 (3.2)
1⅝ to 1½	0.094 (2.4)	0.125 (3.2)

A3.2.1.6 Wedge Testing of HT Bolts Threaded to Head—For heat-treated bolts over 100 000 psi (690 MPa) minimum tensile strength and that are threaded 1 diameter and closer to the underside of the head, the wedge angle shall be 6° for sizes ¼ through ¾ in. (6.35 to 19.0 mm) and 4° for sizes over ¾ in.

A3.2.1.7 Tension Testing of Bolts Machined to Round Test Specimens:



- c = Clearance of wedge hole
- d = Diameter of bolt
- R = Radius
- T = Thickness of wedge at short side of hole equal to one-half diameter of bolt

FIG. A3.2 Wedge Test Detail

 **A 370 – 03a**

(a) (a) Bolts under 1½ in. (38 mm) in diameter which require machined tests shall preferably use a standard ½-in., (13-mm) round 2-in. (50-mm) gage length test specimen (Fig. 4); however, bolts of small cross-section that will not permit the taking of this standard test specimen shall use one of the small-size-specimens-proportional-to-standard (Fig. 4) and the specimen shall have a reduced section as large as possible. In all cases, the longitudinal axis of the specimen shall be concentric with the axis of the bolt; the head and threaded section of the bolt may be left intact, as in Fig. A3.3 and Fig. A3.4, or shaped to fit the holders or grips of the testing machine so that the load is applied axially. The gage length for measuring the elongation shall be four times the diameter of the specimen.

(b) (b) For bolts 1½ in. and over in diameter, a standard ½-in. round 2-in. gage length test specimen shall be turned from the bolt, having its axis midway between the center and outside surface of the body of the bolt as shown in Fig. A3.5.

(c) (c) Machined specimens are to be tested in tension to determine the properties prescribed by the product specifications. The methods of testing and determination of properties shall be in accordance with Section 13 of these test methods.

A3.3 Hardness Tests for Externally Threaded Fasteners

A3.3.1 When specified, externally threaded fasteners shall be hardness tested. Fasteners with hexagonal or square heads shall be Brinell or Rockwell hardness tested on the side or top of the head. Externally threaded fasteners with other type of heads and those without heads shall be Brinell or Rockwell hardness tested on one end. Due to possible distortion from the Brinell load, care should be taken that this test meets the requirements of Section 16 of these test methods. Where the Brinell hardness test is impractical, the Rockwell hardness test shall be substituted. Rockwell hardness test procedures shall conform to Section 18 of these test methods.

A3.3.2 In cases where a dispute exists between buyer and seller as to whether externally threaded fasteners meet or exceed the hardness limit of the product specification, for

purposes of arbitration, hardness may be taken on two transverse sections through a representative sample fastener selected at random. Hardness readings shall be taken at the locations shown in Fig. A3.6. All hardness values must conform with the hardness limit of the product specification in order for the fasteners represented by the sample to be considered in compliance. This provision for arbitration of a dispute shall not be used to accept clearly rejectable fasteners.

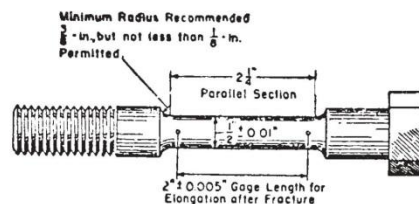
A3.4 Testing of Nuts

A3.4.1 *Proof Load*— A sample nut shall be assembled on a hardened threaded mandrel or on a bolt conforming to the particular specification. A load axial with the mandrel or bolt and equal to the specified proof load of the nut shall be applied. The nut shall resist this load without stripping or rupture. If the threads of the mandrel are damaged during the test the individual test shall be discarded. The mandrel shall be threaded to American National Standard Class 3 tolerance, except that the major diameter shall be the minimum major diameter with a tolerance of + 0.002 in. (0.051 mm).

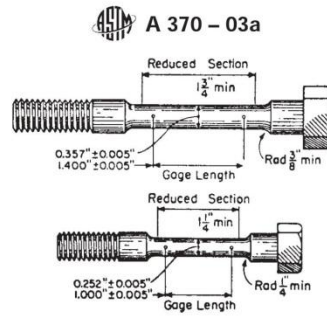
A3.4.2 *Hardness Test*— Rockwell hardness of nuts shall be determined on the top or bottom face of the nut. Brinell hardness shall be determined on the side of the nuts. Either method may be used at the option of the manufacturer, taking into account the size and grade of the nuts under test. When the standard Brinell hardness test results in deforming the nut it will be necessary to use a minor load or substitute a Rockwell hardness test.

A3.5 Bars Heat Treated or Cold Drawn for Use in the Manufacture of Studs, Nuts or Other Bolting Material

A3.5.1 When the bars, as received by the manufacturer, have been processed and proved to meet certain specified properties, it is not necessary to test the finished product when these properties have not been changed by the process of manufacture employed for the finished product.



NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.
FIG. A3.3 Tension Test Specimen for Bolt with Turned-Down Shank



NOTE 1—Metric equivalent: 1 in. = 25.4 mm.

FIG. A3.4 Examples of Small Size Specimens Proportional to Standard 2-in. Gage Length Specimen

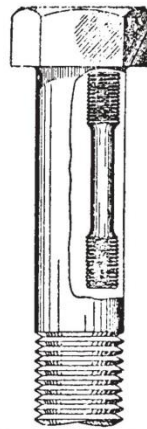
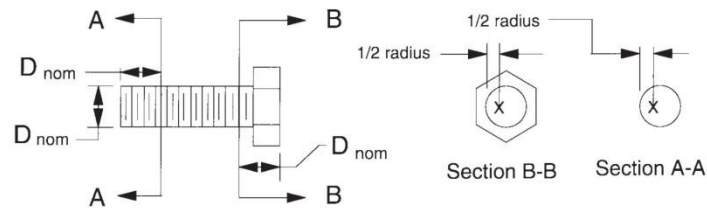


FIG. A3.5 Location of Standard Round 2-in. Gage Length Tension Test Specimen When Turned from Large Size Bolt



X=Location of Hardness Impressions

FIG. A3.6 Hardness Test Locations for Bolts in a Dispute

 A 370 – 03a

A4. ROUND WIRE PRODUCTS

A4.1 Scope

A4.1.1 This supplement covers the apparatus, specimens and methods of testing peculiar to steel wire products which are not covered in the general section of Test Methods A 370.

A4.2 Apparatus

A4.2.1 *Gripping Devices*—Grips of either the wedge or snubbing types as shown in Fig. A4.1 and Fig. A4.2 shall be used (Note A4.1). When using grips of either type, care shall be taken that the axis of the test specimen is located approximately at the center line of the head of the testing machine (Note A4.2). When using wedge grips the liners used behind the grips shall be of the proper thickness.

NOTE A4.1—Testing machines usually are equipped with wedge grips. These wedge grips, irrespective of the type of testing machine, may be referred to as the “usual type” of wedge grips. The use of fine (180 or 240) grit abrasive cloth in the “usual” wedge type grips, with the abrasive contacting the wire specimen, can be helpful in reducing specimen slipping and breakage at the grip edges at tensile loads up to about 1000 pounds. For tests of specimens of wire which are liable to be cut at the edges by the “usual type” of wedge grips, the snubbing type gripping device has proved satisfactory.

For testing round wire, the use of cylindrical seat in the wedge gripping device is optional.

NOTE A4.2—Any defect in a testing machine which may cause non-axial application of load should be corrected.

A4.2.2 *Pointed Micrometer*—A micrometer with a pointed spindle and anvil suitable for reading the dimensions of the wire specimen at the fractured ends to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) after breaking the specimen in the testing machine shall be used.

A4.3 Test Specimens

A4.3.1 Test specimens having the full cross-sectional area of the wire they represent shall be used. The standard gage length of the specimens shall be 10 in. (254 mm). However, if the determination of elongation values is not required, any convenient gage length is permissible. The total length of the specimens shall be at least equal to the gage length (10 in.) plus

twice the length of wire required for the full use of the grip employed. For example, depending upon the type of testing machine and grips used, the minimum total length of specimen may vary from 14 to 24 in. (360 to 610 mm) for a 10-in. gage length specimen.

A4.3.2 Any specimen breaking in the grips shall be discarded and a new specimen tested.

A4.4 Elongation

A4.4.1 In determining permanent elongation, the ends of the fractured specimen shall be carefully fitted together and the distance between the gage marks measured to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) with dividers and scale or other suitable device. The elongation is the increase in length of the gage length, expressed as a percentage of the original gage length. In recording elongation values, both the percentage increase and the original gage length shall be given.

A4.4.2 In determining total elongation (elastic plus plastic extension) autographic or extensometer methods may be employed.

A4.4.3 If fracture takes place outside of the middle third of the gage length, the elongation value obtained may not be representative of the material.

A4.5 Reduction of Area

A4.5.1 The ends of the fractured specimen shall be carefully fitted together and the dimensions of the smallest cross section measured to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) with a pointed micrometer. The difference between the area thus found and the area of the original cross section, expressed as a percentage of the original area, is the reduction of area.

A4.5.2 The reduction of area test is not recommended in wire diameters less than 0.092 in. (2.34 mm) due to the difficulties of measuring the reduced cross sections.

A4.6 Rockwell Hardness Test

A4.6.1 On heat-treated wire of diameter 0.100 in. (2.54 mm) and larger, the specimen shall be flattened on two parallel

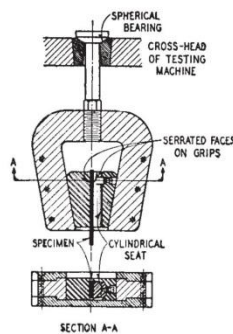


FIG. A4.1 Wedge-Type Gripping Device

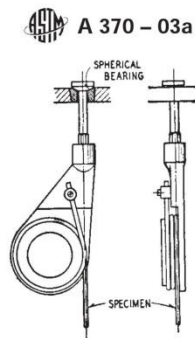


FIG. A4.2 Snubbing-Type Gripping Device

sides by grinding before testing. The hardness test is not recommended for any diameter of hard drawn wire or heat-treated wire less than 0.100 in. (2.54 mm) in diameter. For round wire, the tensile strength test is greatly preferred over the hardness test.

A4.7 Wrap Test

A4.7.1 This test is used as a means for testing the ductility of certain kinds of wire.

A4.7.2 The test consists of coiling the wire in a closely spaced helix tightly against a mandrel of a specified diameter for a required number of turns. (Unless other specified, the required number of turns shall be five.) The wrapping may be done by hand or a power device. The wrapping rate may not exceed 15 turns per min. The mandrel diameter shall be specified in the relevant wire product specification.

A4.7.3 The wire tested shall be considered to have failed if the wire fractures or if any longitudinal or transverse cracks

develop which can be seen by the unaided eye after the first complete turn. Wire which fails in the first turn shall be retested, as such fractures may be caused by bending the wire to a radius less than specified when the test starts.

A4.8 Coiling Test

A4.8.1 This test is used to determine if imperfections are present to the extent that they may cause cracking or splitting during spring coiling and spring extension. A coil of specified length is closed wound on an arbor of a specified diameter. The closed coil is then stretched to a specified permanent increase in length and examined for uniformity of pitch with no splits or fractures. The required arbor diameter, closed coil length, and permanent coil extended length increase may vary with wire diameter, properties, and type.

A5. NOTES ON SIGNIFICANCE OF NOTCHED-BAR IMPACT TESTING

A5.1 Notch Behavior

A5.1.1 The Charpy and Izod type tests bring out notch behavior (brittleness versus ductility) by applying a single overload of stress. The energy values determined are quantitative comparisons on a selected specimen but cannot be converted into energy values that would serve for engineering design calculations. The notch behavior indicated in an individual test applies only to the specimen size, notch geometry, and testing conditions involved and cannot be generalized to other sizes of specimens and conditions.

A5.1.2 The notch behavior of the face-centered cubic metals and alloys, a large group of nonferrous materials and the austenitic steels can be judged from their common tensile properties. If they are brittle in tension they will be brittle when notched, while if they are ductile in tension, they will be ductile when notched, except for unusually sharp or deep notches (much more severe than the standard Charpy or Izod specimens). Even low temperatures do not alter this characteristic of these materials. In contrast, the behavior of the ferritic steels under notch conditions cannot be predicted from their properties as revealed by the tension test. For the study of these

materials the Charpy and Izod type tests are accordingly very useful. Some metals that display normal ductility in the tension test may nevertheless break in brittle fashion when tested or when used in the notched condition. Notched conditions include restraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, or multiaxial stresses, and stress concentrations. It is in this field that the Charpy and Izod tests prove useful for determining the susceptibility of a steel to notch-brittle behavior though they cannot be directly used to appraise the serviceability of a structure.

A5.1.3 The testing machine itself must be sufficiently rigid or tests on high-strength low-energy materials will result in excessive elastic energy losses either upward through the pendulum shaft or downward through the base of the machine. If the anvil supports, the pendulum striking edge, or the machine foundation bolts are not securely fastened, tests on ductile materials in the range of 80 ft-lbf (108 J) may actually indicate values in excess of 90 to 100 ft-lbf (122 to 136 J).

A5.2 Notch Effect

A5.2.1 The notch results in a combination of multiaxial stresses associated with restraints to deformation in directions

 A 370 – 03a

perpendicular to the major stress, and a stress concentration at the base of the notch. A severely notched condition is generally not desirable, and it becomes of real concern in those cases in which it initiates a sudden and complete failure of the brittle type. Some metals can be deformed in a ductile manner even down to the low temperatures of liquid air, while others may crack. This difference in behavior can be best understood by considering the cohesive strength of a material (or the property that holds it together) and its relation to the yield point. In cases of brittle fracture, the cohesive strength is exceeded before significant plastic deformation occurs and the fracture appears crystalline. In cases of the ductile or shear type of failure, considerable deformation precedes the final fracture and the broken surface appears fibrous instead of crystalline. In intermediate cases the fracture comes after a moderate amount of deformation and is part crystalline and part fibrous in appearance.

A5.2.2 When a notched bar is loaded, there is a normal stress across the base of the notch which tends to initiate fracture. The property that keeps it from cleaving, or holds it together, is the "cohesive strength." The bar fractures when the normal stress exceeds the cohesive strength. When this occurs without the bar deforming it is the condition for brittle fracture.

A5.2.3 In testing, though not in service because of side effects, it happens more commonly that plastic deformation precedes fracture. In addition to the normal stress, the applied load also sets up shear stresses which are about 45° to the normal stress. The elastic behavior terminates as soon as the shear stress exceeds the shear strength of the material and deformation or plastic yielding sets in. This is the condition for ductile failure.

A5.2.4 This behavior, whether brittle or ductile, depends on whether the normal stress exceeds the cohesive strength before the shear stress exceeds the shear strength. Several important facts of notch behavior follow from this. If the notch is made sharper or more drastic, the normal stress at the root of the notch will be increased in relation to the shear stress and the bar will be more prone to brittle fracture (see Table A5.1). Also, as the speed of deformation increases, the shear strength increases and the likelihood of brittle fracture increases. On the other hand, by raising the temperature, leaving the notch and the speed of deformation the same, the shear strength is lowered and ductile behavior is promoted, leading to shear failure.

A5.2.5 Variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests. Tests on E 4340 steel specimens¹⁰ have shown the effect of dimensional variations on Charpy results (see Table A5.1).

A5.3 Size Effect

A5.3.1 Increasing either the width or the depth of the specimen tends to increase the volume of metal subject to distortion, and by this factor tends to increase the energy absorption when breaking the specimen. However, any increase in size, particularly in width, also tends to increase the degree of restraint and by tending to induce brittle fracture, may decrease the amount of energy absorbed. Where a standard-size specimen is on the verge of brittle fracture, this is particularly true, and a double-width specimen may actually require less energy for rupture than one of standard width.

A5.3.2 In studies of such effects where the size of the material precludes the use of the standard specimen, as for example when the material is 1/4-in. plate, subsize specimens are necessarily used. Such specimens (see Fig. 6 of Test Methods E 23) are based on the Type A specimen of Fig. 4 of Test Methods E 23.

A5.3.3 General correlation between the energy values obtained with specimens of different size or shape is not feasible, but limited correlations may be established for specification purposes on the basis of special studies of particular materials and particular specimens. On the other hand, in a study of the relative effect of process variations, evaluation by use of some arbitrarily selected specimen with some chosen notch will in most instances place the methods in their proper order.

A5.4 Effects of Testing Conditions

A5.4.1 The testing conditions also affect the notch behavior. So pronounced is the effect of temperature on the behavior of steel when notched that comparisons are frequently made by examining specimen fractures and by plotting energy value and fracture appearance versus temperature from tests of notched bars at a series of temperatures. When the test temperature has been carried low enough to start cleavage fracture, there may be an extremely sharp drop in impact value or there may be a relatively gradual falling off toward the lower temperatures. This drop in energy value starts when a specimen begins to

¹⁰ Fahey, N. H., "Effects of Variables in Charpy Impact Testing," *Materials Research & Standards*, Vol 1, No. 11, November, 1961, p. 872.

TABLE A5.1 Effect of Varying Notch Dimensions on Standard Specimens

	High-Energy Specimens, ft-lbf (J)	High-Energy Specimens, ft-lbf (J)	Low-Energy Specimens, ft-lbf (J)
Specimen with standard dimensions	76.0 ± 3.8 (103.0 ± 5.2)	44.5 ± 2.2 (60.3 ± 3.0)	12.5 ± 1.0 (16.9 ± 1.4)
Depth of notch, 0.084 in. (2.13 mm) ^A	72.2 (97.9)	41.3 (56.0)	11.4 (15.5)
Depth of notch, 0.0805 in. (2.04 mm) ^A	75.1 (101.8)	42.2 (57.2)	12.4 (16.8)
Depth of notch, 0.0775 in. (1.77 mm) ^A	76.8 (104.1)	45.3 (61.4)	12.7 (17.2)
Depth of notch, 0.074 in. (1.57 mm) ^A	79.6 (107.9)	46.0 (62.4)	12.8 (17.3)
Radius at base of notch, 0.005 in. (0.127 mm) ^B	72.3 (98.0)	41.7 (56.5)	10.8 (14.6)
Radius at base of notch, 0.015 in. (0.381 mm) ^B	80.0 (108.5)	47.4 (64.3)	15.8 (21.4)

^A Standard 0.079 ± 0.002 in. (2.00 ± 0.05 mm).

^B Standard 0.010 ± 0.001 in. (0.25 ± 0.025 mm).

 A 370 – 03a

exhibit some crystalline appearance in the fracture. The transition temperature at which this embrittling effect takes place varies considerably with the size of the part or test specimen and with the notch geometry.

A5.4.2 Some of the many definitions of transition temperature currently being used are: (1) the lowest temperature at which the specimen exhibits 100 % fibrous fracture, (2) the temperature where the fracture shows a 50 % crystalline and a 50 % fibrous appearance, (3) the temperature corresponding to the energy value 50 % of the difference between values obtained at 100 % and 0 % fibrous fracture, and (4) the temperature corresponding to a specific energy value.

A5.4.3 A problem peculiar to Charpy-type tests occurs when high-strength, low-energy specimens are tested at low temperatures. These specimens may not leave the machine in the direction of the pendulum swing but rather in a sidewise direction. To ensure that the broken halves of the specimens do not rebound off some component of the machine and contact the pendulum before it completes its swing, modifications may be necessary in older model machines. These modifications differ with machine design. Nevertheless the basic problem is the same in that provisions must be made to prevent rebounding of the fractured specimens into any part of the swinging pendulum. Where design permits, the broken specimens may be deflected out of the sides of the machine and yet in other designs it may be necessary to contain the broken specimens within a certain area until the pendulum passes through the anvils. Some low-energy high-strength steel specimens leave impact machines at speeds in excess of 50 ft (15.3 m)/s although they were struck by a pendulum traveling at speeds approximately 17 ft (5.2 m)/s. If the force exerted on the pendulum by the broken specimens is sufficient, the pendulum

will slow down and erroneously high energy values will be recorded. This problem accounts for many of the inconsistencies in Charpy results reported by various investigators within the 10 to 25-ft-lbf (14 to 34 J) range. The Apparatus Section (the paragraph regarding Specimen Clearance) of Test Methods E 23 discusses the two basic machine designs and a modification found to be satisfactory in minimizing jamming.

A5.5 Velocity of Straining

A5.5.1 Velocity of straining is likewise a variable that affects the notch behavior of steel. The impact test shows somewhat higher energy absorption values than the static tests above the transition temperature and yet, in some instances, the reverse is true below the transition temperature.

A5.6 Correlation with Service

A5.6.1 While Charpy or Izod tests may not directly predict the ductile or brittle behavior of steel as commonly used in large masses or as components of large structures, these tests can be used as acceptance tests of identity for different lots of the same steel or in choosing between different steels, when correlation with reliable service behavior has been established. It may be necessary to make the tests at properly chosen temperatures other than room temperature. In this, the service temperature or the transition temperature of full-scale specimens does not give the desired transition temperatures for Charpy or Izod tests since the size and notch geometry may be so different. Chemical analysis, tension, and hardness tests may not indicate the influence of some of the important processing factors that affect susceptibility to brittle fracture nor do they comprehend the effect of low temperatures in inducing brittle behavior.

A6. PROCEDURE FOR CONVERTING PERCENTAGE ELONGATION OF A STANDARD ROUND TENSION TEST SPECIMEN TO EQUIVALENT PERCENTAGE ELONGATION OF A STANDARD FLAT SPECIMEN

A6.1 Scope

A6.1.1 This method specifies a procedure for converting percentage elongation after fracture obtained in a standard 0.500-in. (12.7-mm) diameter by 2-in. (51-mm) gage length test specimen to standard flat test specimens 1/2 in. by 2 in. and 1 1/2 in. by 8 in. (38.1 by 203 mm).

A6.2 Basic Equation

A6.2.1 The conversion data in this method are based on an equation by Bertella,¹¹ and used by Oliver¹² and others. The relationship between elongations in the standard 0.500-in. diameter by 2.0-in. test specimen and other standard specimens can be calculated as follows:

$$e = e_o [4.47 (\sqrt{A})/L]^2 \quad (A6.1)$$

where:

e_o = percentage elongation after fracture on a standard test specimen having a 2-in. gage length and 0.500-in. diameter,

e = percentage elongation after fracture on a standard test specimen having a gage length L and a cross-sectional area A, and

a = constant characteristic of the test material.

A6.3 Application

A6.3.1 In applying the above equation the constant a is characteristic of the test material. The value $a = 0.4$ has been found to give satisfactory conversions for carbon, carbon-manganese, molybdenum, and chromium-molybdenum steels within the tensile strength range of 40 000 to 85 000 psi (275 to 585 MPa) and in the hot-rolled, in the hot-rolled and normalized, or in the annealed condition, with or without tempering. Note that the cold reduced and quenched and

¹¹ Bertella, C. A., *Giornale del Genio Civile*, Vol 60, 1922, p. 343.
¹² Oliver, D. A., *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 1928, p. 827.

A 370 – 03a

tempered states are excluded. For annealed austenitic stainless steels, the value $a = 0.127$ has been found to give satisfactory conversions.

A6.3.2 Table A6.1 has been calculated taking $a = 0.4$, with the standard 0.500-in. (12.7-mm) diameter by 2-in. (51-mm) gage length test specimen as the reference specimen. In the case of the subsize specimens 0.350 in. (8.89 mm) in diameter by 1.4-in. (35.6-mm) gage length, and 0.250-in. (6.35-mm) diameter by 1.0-in. (25.4-mm) gage length the factor in the equation is 4.51 instead of 4.47. The small error introduced by using Table A6.1 for the subsize specimens may be neglected. Table A6.2 for annealed austenitic steels has been calculated taking $a = 0.127$, with the standard 0.500-in. diameter by 2-in. gage length test specimen as the reference specimen.

TABLE A6.1 Carbon and Alloy Steels—Material Constant $a = 0.4$. Multiplication Factors for Converting Percent Elongation from 1/2-in. Diameter by 2-in. Gage Length Standard Tension Test Specimen to Standard 1/2 by 2-in. and 1 1/2 by 8-in. Flat Specimens

Thickness, in.	1/2 by 2-in. Specimen	1 1/2 by 8-in. Specimen	Thickness, in.	1 1/2 by 8-in. Specimen
0.025	0.574	...	0.800	0.822
0.030	0.596	...	0.850	0.832
0.035	0.614	...	0.900	0.841
0.040	0.631	...	0.950	0.850
0.045	0.646	...	1.000	0.859
0.050	0.660	...	1.125	0.880
0.055	0.672	...	1.250	0.898
0.060	0.684	...	1.375	0.916
0.065	0.695	...	1.500	0.932
0.070	0.706	...	1.625	0.947
0.075	0.715	...	1.750	0.961
0.080	0.725	...	1.875	0.974
0.085	0.733	...	2.000	0.987
0.090	0.742	0.531	2.125	0.999
0.100	0.758	0.542	2.250	1.010
0.110	0.772	0.553	2.375	1.021
0.120	0.786	0.562	2.500	1.032
0.130	0.799	0.571	2.625	1.042
0.140	0.810	0.580	2.750	1.052
0.150	0.821	0.588	2.875	1.061
0.160	0.832	0.596	3.000	1.070
0.170	0.843	0.603	3.125	1.079
0.180	0.852	0.610	3.250	1.088
0.190	0.862	0.616	3.375	1.096
0.200	0.870	0.623	3.500	1.104
0.225	0.891	0.638	3.625	1.112
0.250	0.910	0.651	3.750	1.119
0.275	0.928	0.664	3.875	1.127
0.300	0.944	0.675	4.000	1.134
0.325	0.959	0.686	...	...
0.350	0.973	0.696	...	...
0.375	0.987	0.706	...	...
0.400	1.000	0.715	...	...
0.425	1.012	0.724	...	...
0.450	1.024	0.732	...	...
0.475	1.035	0.740	...	...
0.500	1.045	0.748	...	...
0.525	1.056	0.755	...	...
0.550	1.066	0.762	...	...
0.575	1.075	0.770	...	...
0.600	1.084	0.776	...	...
0.625	1.093	0.782	...	...
0.650	1.101	0.788	...	...
0.675	1.110	...	...	...
0.700	1.118	0.800	...	...
0.725	1.126	...	...	...
0.750	1.134	0.811	...	...

TABLE A6.2 Annealed Austenitic Stainless Steels—Material Constant $a = 0.127$. Multiplication Factors for Converting Percent Elongation from 1/2-in. Diameter by 2-in. Gage Length Standard Tension Test Specimen to Standard 1/2 by 2-in. and 1 1/2 by 8-in. Flat Specimens

Thickness, in.	1/2 by 2-in. Specimen	1 1/2 by 8-in. Specimen	Thickness, in.	1 1/2 by 8-in. Specimen
0.025	0.839	...	0.800	0.940
0.030	0.848	...	0.850	0.943
0.035	0.857	...	0.900	0.947
0.040	0.864	...	0.950	0.950
0.045	0.870	...	1.000	0.953
0.050	0.876	...	1.125	0.960
0.055	0.882	...	1.250	0.966
0.060	0.886	...	1.375	0.972
0.065	0.891	...	1.500	0.978
0.070	0.895	...	1.625	0.983
0.075	0.899	...	1.750	0.987
0.080	0.903	...	1.875	0.992
0.085	0.906	...	2.000	0.996
0.090	0.909	0.818	2.125	1.000
0.095	0.913	0.821	2.250	1.003
0.100	0.916	0.823	2.375	1.007
0.110	0.921	0.828	2.500	1.010
0.120	0.926	0.833	2.625	1.013
0.130	0.931	0.837	2.750	1.016
0.140	0.935	0.841	2.875	1.019
0.150	0.940	0.845	3.000	1.022
0.160	0.943	0.848	3.125	1.024
0.170	0.947	0.852	3.250	1.027
0.180	0.950	0.855	3.375	1.029
0.190	0.954	0.858	3.500	1.032
0.200	0.957	0.860	3.625	1.034
0.225	0.964	0.867	3.750	1.036
0.250	0.970	0.873	3.875	1.038
0.275	0.976	0.878	4.000	1.041
0.300	0.982	0.883	...	...
0.325	0.987	0.887	...	...
0.350	0.991	0.892	...	...
0.375	0.996	0.895	...	...
0.400	1.000	0.899	...	...
0.425	1.004	0.903	...	...
0.450	1.007	0.906	...	...
0.475	1.011	0.909	...	...
0.500	1.014	0.912	...	...
0.525	1.017	0.915	...	...
0.550	1.020	0.917	...	...
0.575	1.023	0.920	...	...
0.600	1.026	0.922	...	...
0.625	1.029	0.925	...	...
0.650	1.031	0.927	...	...
0.675	1.034	...	...	...
0.700	1.036	0.932	...	...
0.725	1.038	...	...	...
0.750	1.041	0.936	...	...

A6.3.3 Elongation given for a standard 0.500-in. diameter by 2-in. gage length specimen may be converted to elongation for 1/2 in. by 2 in. or 1 1/2 in. by 8-in. (38.1 by 203-mm) flat specimens by multiplying by the indicated factor in Table A6.1 and Table A6.2.

A6.3.4 These elongation conversions shall not be used where the width to thickness ratio of the test piece exceeds 20, as in sheet specimens under 0.025 in. (0.635 mm) in thickness.

A6.3.5 While the conversions are considered to be reliable within the stated limitations and may generally be used in specification writing where it is desirable to show equivalent elongation requirements for the several standard ASTM tension

 A 370 – 03a

specimens covered in Test Methods A 370, consideration must be given to the metallurgical effects dependent on the thickness of the material as processed.

A7. METHOD OF TESTING MULTI-WIRE STRAND FOR PRESTRESSED CONCRETE

A7.1 Scope

A7.1.1 This method provides procedures for the tension testing of multi-wire strand for prestressed concrete. This method is intended for use in evaluating the strand properties prescribed in specifications for “prestressing steel strands.”

A7.2 General Precautions

A7.2.1 Premature failure of the test specimens may result if there is any appreciable notching, cutting, or bending of the specimen by the gripping devices of the testing machine.

A7.2.2 Errors in testing may result if the seven wires constituting the strand are not loaded uniformly.

A7.2.3 The mechanical properties of the strand may be materially affected by excessive heating during specimen preparation.

A7.2.4 These difficulties may be minimized by following the suggested methods of gripping described in A7.4.

A7.3 Gripping Devices

A7.3.1 The true mechanical properties of the strand are determined by a test in which fracture of the specimen occurs in the free span between the jaws of the testing machine. Therefore, it is desirable to establish a test procedure with suitable apparatus which will consistently produce such results. Due to inherent physical characteristics of individual machines, it is not practical to recommend a universal gripping procedure that is suitable for all testing machines. Therefore, it is necessary to determine which of the methods of gripping described in A7.3.2 to A7.3.8 is most suitable for the testing equipment available.

A7.3.2 *Standard V-Grips with Serrated Teeth (Note A7.1).*

A7.3.3 *Standard V-Grips with Serrated Teeth (Note A7.1), Using Cushioning Material*—In this method, some material is placed between the grips and the specimen to minimize the notching effect of the teeth. Among the materials which have been used are lead foil, aluminum foil, carborundum cloth, bra shims, etc. The type and thickness of material required is dependent on the shape, condition, and coarseness of the teeth.

A7.3.4 *Standard V-Grips with Serrated Teeth (Note A7.1), Using Special Preparation of the Gripped Portions of the Specimen*—One of the methods used is tinning, in which the gripped portions are cleaned, fluxed, and coated by multiple dips in molten tin alloy held just above the melting point. Another method of preparation is encasing the gripped portions in metal tubing or flexible conduit, using epoxy resin as the bonding agent. The encased portion should be approximately twice the length of lay of the strand.

A7.3.5 *Special Grips with Smooth, Semi-Cylindrical Grooves (Note A7.2)*—The grooves and the gripped portions of the specimen are coated with an abrasive slurry which holds the specimen in the smooth grooves, preventing slippage. The

slurry consists of abrasive such as Grade 3-F aluminum oxide and a carrier such as water or glycerin.

A7.3.6 *Standard Sockets of the Type Used for Wire Rope*—The gripped portions of the specimen are anchored in the sockets with zinc. The special procedures for socketing usually employed in the wire rope industry must be followed.

A7.3.7 *Dead-End Eye Splices*—These devices are available in sizes designed to fit each size of strand to be tested.

A7.3.8 *Chucking Devices*—Use of chucking devices of the type generally employed for applying tension to strands in casting beds is not recommended for testing purposes.

NOTE A7.1—The number of teeth should be approximately 15 to 30 per in., and the minimum effective gripping length should be approximately 4 in. (102 mm).

NOTE A7.2—The radius of curvature of the grooves is approximately the same as the radius of the strand being tested, and is located $\frac{1}{32}$ in. (0.79 mm) above the flat face of the grip. This prevents the two grips from closing tightly when the specimen is in place.

A7.4 Specimen Preparation

A7.4.1 If the molten-metal temperatures employed during hot-dip tinning or socketing with metallic material are too high, over approximately 700°F (370°C), the specimen may be heat affected with a subsequent loss of strength and ductility. Careful temperature controls should be maintained if such methods of specimen preparation are used.

A7.5 Procedure

A7.5.1 *Yield Strength*—For determining the yield strength use a Class B-1 extensometer (Note A7.3) as described in Practice E 83. Apply an initial load of 10 % of the expected minimum breaking strength to the specimen, then attach the extensometer and adjust it to a reading of 0.001 in./in. of gage length. Then increase the load until the extensometer indicates an extension of 1 %. Record the load for this extension as the yield strength. The extensometer may be removed from the specimen after the yield strength has been determined.

A7.5.2 *Elongation*—For determining the elongation use a Class D extensometer (Note A7.3), as described in Practice E 83, having a gage length of not less than 24 in. (610 mm) (Note A7.4). Apply an initial load of 10 % of the required minimum breaking strength to the specimen, then attach the extensometer (Note A7.3) and adjust it to a zero reading. The extensometer may be removed from the specimen prior to rupture after the specified minimum elongation has been exceeded. It is not necessary to determine the final elongation value.

A7.5.3 *Breaking Strength*—Determine the maximum load at which one or more wires of the strand are fractured. Record this load as the breaking strength of the strand.

 **A 370 – 03a**

NOTE A7.3—The yield-strength extensometer and the elongation extensometer may be the same instrument or two separate instruments. Two separate instruments are advisable since the more sensitive yield-strength extensometer, which could be damaged when the strand fractures, may be removed following the determination of yield strength. The elongation extensometer may be constructed with less sensitive parts or be constructed in such a way that little damage would result if fracture occurs while the extensometer is attached to the specimen.

NOTE A7.4—Specimens that break outside the extensometer or in the

jaws and yet meet the minimum specified values are considered as meeting the mechanical property requirements of the product specification, regardless of what procedure of gripping has been used. Specimens that break outside of the extensometer or in the jaws and do not meet the minimum specified values are subject to retest. Specimens that break between the jaws and the extensometer and do not meet the minimum specified values are subject to retest as provided in the applicable specification.

A8. ROUNDING OF TEST DATA

A8.1 Rounding

A8.1.1 An observed value or a calculated value shall be rounded off in accordance with the applicable product specification. In the absence of a specified procedure, the rounding-off method of Practice E 29 shall be used.

A8.1.1.1 Values shall be rounded up or rounded down as determined by the rules of Practice E 29.

A8.1.1.2 In the special case of rounding the number “5” when no additional numbers other than “0” follow the “5,” rounding shall be done in the direction of the specification limits if following Practice E 29 would cause rejection of material.

A8.1.2 Recommended levels for rounding reported values of test data are given in Table A8.1. These values are designed to provide uniformity in reporting and data storage, and should be used in all cases except where they conflict with specific requirements of a product specification.

NOTE A8.1—To minimize cumulative errors, whenever possible, values should be carried to at least one figure beyond that of the final (rounded) value during intervening calculations (such as calculation of stress from load and area measurements) with rounding occurring as the final operation. The precision may be less than that implied by the number of significant figures.

TABLE A8.1 Recommended Values for Rounding Test Data

Test Quantity	Test Data Range	Rounded Value ^A
Yield Point,	up to 50 000 psi, excl (up to 50 ksi)	100 psi (0.1 ksi)
Yield Strength,	50 000 to 100 000 psi, excl (50 to 100 ksi)	500 psi (0.5 ksi)
Tensile Strength	100 000 psi and above (100 ksi and above)	1000 psi (1.0 ksi)
	up to 500 MPa, excl	1 MPa
	500 to 1000 MPa, excl	5 MPa
	1000 MPa and above	10 MPa
Elongation	0 to 10 %, excl	0.5 %
	10 % and above	1 %
Reduction of Area	0 to 10 %, excl	0.5 %
	10 % and above	1 %
Impact Energy	0 to 240 ft·lbf (or 0 to 325 J)	1 ft·lbf (or 1 J) ^B
Brinell Hardness	all values	tabular value ^C
Rockwell Hardness	all scales	1 Rockwell Number

^A Round test data to the nearest integral multiple of the values in this column. If the data value is exactly midway between two rounded values, round in accordance with A8.1.1.2.

^B These units are not equivalent but the rounding occurs in the same numerical ranges for each. (1 ft·lbf = 1.356 J.)

^C Round the mean diameter of the Brinell impression to the nearest 0.05 mm and report the corresponding Brinell hardness number read from the table without further rounding.

A9. METHODS FOR TESTING STEEL REINFORCING BARS

A9.1 Scope

A9.1.1 This annex covers additional details specific to testing steel reinforcing bars for use in concrete reinforcement.

A9.2 Test Specimens

A9.2.1 All test specimens shall be the full section of the bar as rolled.

A9.3 Tension Testing

A9.3.1 *Test Specimen*— Specimens for tension tests shall be long enough to provide for an 8-in. (200-mm) gage length, a distance of at least two bar diameters between each gage mark and the grips, plus sufficient additional length to fill the grips completely leaving some excess length protruding beyond each grip.

 A 370 – 03a

A9.3.2 *Gripping Device*— The grips shall be shimmed so that no more than 1/2 in. (13 mm) of a grip protrudes from the head of the testing machine.

A9.3.3 *Gage Marks*— The 8-in. (200-mm) gage length shall be marked on the specimen using a preset 8-in. (200-mm) punch or, alternately, may be punch marked every 2 in. (50 mm) along the 8-in. (200-mm) gage length, on one of the longitudinal ribs, if present, or in clear spaces of the deformation pattern. The punch marks shall not be put on a transverse deformation. Light punch marks are desirable because deep marks severely indent the bar and may affect the results. A bullet-nose punch is desirable.

A9.3.4 The yield strength or yield point shall be determined by one of the following methods:

A9.3.4.1 Extension under load using an autographic diagram method or an extensometer as described in 13.1.2 and 13.1.3.

A9.3.4.2 By the drop of the beam or halt in the gage of the testing machine as described in 13.1.1 where the steel tested as a sharp-kneed or well-defined type of yield point.

A9.3.5 The unit stress determinations for yield and tensile strength on full-size specimens shall be based on the nominal bar area.

A9.4 Bend Testing

A9.4.1 Bend tests shall be made on specimens of sufficient length to ensure free bending and with apparatus which provides:

A9.4.1.1 Continuous and uniform application of force throughout the duration of the bending operation,

A9.4.1.2 Unrestricted movement of the specimen at points of contact with the apparatus and bending around a pin free to rotate, and

A9.4.1.3 Close wrapping of the specimen around the pin during the bending operation.

A9.4.2 Other acceptable more severe methods of bend testing, such as placing a specimen across two pins free to rotate and applying the bending force with a fix pin, may be used.

A9.4.3 When retesting is permitted by the product specification, the following shall apply:

A9.4.3.1 Sections of bar containing identifying roll marking shall not be used.

A9.4.3.2 Bars shall be so placed that longitudinal ribs lie in a plane at right angles to the plane of bending.

A10. PROCEDURE FOR USE AND CONTROL OF HEAT-CYCLE SIMULATION

A10.1 Purpose

A10.1.1 To ensure consistent and reproducible heat treatments of production forgings and the test specimens that represent them when the practice of heat-cycle simulation is used.

A10.2 Scope

A10.2.1 Generation and documentation of actual production time—temperature curves (MASTER CHARTS).

A10.2.2 Controls for duplicating the master cycle during heat treatment of production forgings. (Heat treating within the essential variables established during A1.2.1).

A10.2.3 Preparation of program charts for the simulator unit.

A10.2.4 Monitoring and inspection of the simulated cycle within the limits established by the ASME Code.

A10.2.5 Documentation and storage of all controls, inspections, charts, and curves.

A10.3 Referenced Documents

A10.3.1 *ASME Standards*¹³:
ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III, latest edition.

ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII, Division 2, latest edition.

A10.4 Terminology

A10.4.1 *Definitions*:

A10.4.1.1 *master chart*—a record of the heat treatment received from a forging essentially identical to the production forgings that it will represent. It is a chart of time and temperature showing the output from thermocouples imbedded in the forging at the designated test immersion and test location or locations.

A10.4.1.2 *program chart*—the metallized sheet used to program the simulator unit. Time-temperature data from the master chart are manually transferred to the program chart.

A10.4.1.3 *simulator chart*—a record of the heat treatment that a test specimen had received in the simulator unit. It is a chart of time and temperature and can be compared directly to the master chart for accuracy of duplication.

A10.4.1.4 *simulator cycle*—one continuous heat treatment of a set of specimens in the simulator unit. The cycle includes heating from ambient, holding at temperature, and cooling. For example, a simulated austenitize and quench of a set of specimens would be one cycle; a simulated temper of the same specimens would be another cycle.


A10.5 Procedure

A10.5.1 *Production Master Charts*:

A10.5.1.1 Thermocouples shall be imbedded in each forging from which a master chart is obtained. Temperature shall be monitored by a recorder with resolution sufficient to clearly define all aspects of the heating, holding, and cooling process. All charts are to be clearly identified with all pertinent information and identification required for maintaining permanent records.

A10.5.1.2 Thermocouples shall be imbedded 180° apart if the material specification requires test locations 180° apart.

¹³ Available from American Society of Mechanical Engineers (ASME), ASME International Headquarters, Three Park Ave., New York, NY 10016-5900.

 **A 370 – 03a**

A10.5.1.3 One master chart (or two if required in accordance with A10.5.3.1) shall be produced to represent essentially identical forgings (same size and shape). Any change in size or geometry (exceeding rough machining tolerances) of a forging will necessitate that a new master cooling curve be developed.

A10.5.1.4 If more than one curve is required per master forging (180° apart) and a difference in cooling rate is achieved, then the most conservative curve shall be used as the master curve.

A10.5.2 Reproducibility of Heat Treatment Parameters on Production Forgings:

A10.5.2.1 All information pertaining to the quench and temper of the master forging shall be recorded on an appropriate permanent record, similar to the one shown in Table A10.1.

A10.5.2.2 All information pertaining to the quench and temper of the production forgings shall be appropriately recorded, preferably on a form similar to that used in A10.5.2.1. Quench records of production forgings shall be retained for future reference. The quench and temper record of the master forging shall be retained as a permanent record.

A10.5.2.3 A copy of the master forging record shall be stored with the heat treatment record of the production forging.

A10.5.2.4 The essential variables, as set forth on the heat treat record, shall be controlled within the given parameters on the production forging.

A10.5.2.5 The temperature of the quenching medium prior to quenching each production forging shall be equal to or lower than the temperature of the quenching medium prior to quenching the master forging.

A10.5.2.6 The time elapsed from opening the furnace door to quench for the production forging shall not exceed that elapsed for the master forging.

A10.5.2.7 If the time parameter is exceeded in opening the furnace door to beginning of quench, the forging shall be placed back into the furnace and brought back up to equalization temperature.

A10.5.2.8 All forgings represented by the same master forging shall be quenched with like orientation to the surface of the quench bath.

A10.5.2.9 All production forgings shall be quenched in the same quench tank, with the same agitation as the master forging.

A10.5.2.10 **Uniformity of Heat Treat Parameters—**(1) The difference in actual heat treating temperature between production forgings and the master forging used to establish the simulator cycle for them shall not exceed $\pm 25^\circ\text{F}$ ($\pm 14^\circ\text{C}$) for the quench cycle. (2) The tempering temperature of the production forgings shall not fall below the actual tempering temperature of the master forging. (3) At least one contact surface thermocouple shall be placed on each forging in a production load. Temperature shall be recorded for all surface thermocouples on a Time Temperature Recorder and such records shall be retained as permanent documentation.

A10.5.3 Heat-Cycle Simulation:

A10.5.3.1 Program charts shall be made from the data recorded on the master chart. All test specimens shall be given the same heating rate above, the AC1, the same holding time and the same cooling rate as the production forgings.

A10.5.3.2 The heating cycle above the AC1, a portion of the holding cycle, and the cooling portion of the master chart shall be duplicated and the allowable limits on temperature and time, as specified in (a)–(c), shall be established for verification of the adequacy of the simulated heat treatment.

(a) *Heat Cycle Simulation of Test Coupon Heat Treatment for Quenched and Tempered Forgings and Bars*—If cooling rate data for the forgings and bars and cooling rate control devices for the test specimens are available, the test specimens may be heat-treated in the device.

TABLE A10.1 Heat-Treat Record-Essential Variables

	Master Forging	Production Forging 1	Production Forging 2	Production Forging 3	Production Forging 4	Production Forging 5
Program chart number						
Time at temperature and actual temperature of heat treatment						
Method of cooling						
Forging thickness						
Thermocouple immersion						
Beneath buffer (yes/no)						
Forging number						
Product						
Material						
Thermocouple location—0 deg						
Thermocouple location—180 deg						
Quench tank No.						
Date of heat treatment						
Furnace number						
Cycle number						
Heat treater						
Starting quench medium temperature						
Time from furnace to quench						
Heating rate above 1000°F (538°C)						
Temperature upon removal from quench after 5 min						
Orientation of forging in quench						

 A 370 – 03a

(b) The test coupons shall be heated to substantially the same maximum temperature as the forgings or bars. The test coupons shall be cooled at a rate similar to and no faster than the cooling rate representative of the test locations and shall be within 25°F (14°C) and 20 s at all temperatures after cooling begins. The test coupons shall be subsequently heat treated in accordance with the thermal treatments below the critical temperature including tempering and simulated post weld heat treatment.

(c) *Simulated Post Weld Heat Treatment of Test Specimens* (for ferritic steel forgings and bars)—Except for carbon steel (P Number 1, Section IX of the Code) forgings and bars with a nominal thickness or diameter of 2 in. (51 mm) or less, the test specimens shall be given a heat treatment to simulate any thermal treatments below the critical temperature that the forgings and bars may receive during fabrication. The simulated heat treatment shall utilize temperatures, times, and cooling rates as specified on the order. The total time at temperature(s) for the test material shall be at least 80 % of the total time at temperature(s) to which the forgings and bars are subjected during postweld heat treatment. The total time at temperature(s) for the test specimens may be performed in a single cycle.

A10.5.3.3 Prior to heat treatment in the simulator unit, test specimens shall be machined to standard sizes that have been determined to allow adequately for subsequent removal of decarb and oxidation.

A10.5.3.4 At least one thermocouple per specimen shall be used for continuous recording of temperature on an independent external temperature-monitoring source. Due to the sensitivity and design peculiarities of the heating chamber of certain equipment, it is mandatory that the hot junctions of control and monitoring thermocouples always be placed in the same relative position with respect to the heating source (generally infrared lamps).

A10.5.3.5 Each individual specimen shall be identified, and such identification shall be clearly shown on the simulator chart and simulator cycle record.

A10.5.3.6 The simulator chart shall be compared to the master chart for accurate reproduction of simulated quench in

accordance with A10.5.3.2(a). If any one specimen is not heat treated within the acceptable limits of temperature and time, such specimen shall be discarded and replaced by a newly machined specimen. Documentation of such action and reasons for deviation from the master chart shall be shown on the simulator chart, and on the corresponding nonconformance report.

A10.5.4 *Reheat Treatment and Retesting:*

A10.5.4.1 In the event of a test failure, retesting shall be handled in accordance with rules set forth by the material specification.

A10.5.4.2 If retesting is permissible, a new test specimen shall be heat treated the same as previously. The production forging that it represents will have received the same heat treatment. If the test passes, the forging shall be acceptable. If it fails, the forging shall be rejected or shall be subject to reheat treatment if permissible.

A10.5.4.3 If reheat treatment is permissible, proceed as follows: (1) Reheat treatment same as original heat treatment (time, temperature, cooling rate): Using new test specimens from an area as close as possible to the original specimens, repeat the austenitize and quench cycles twice, followed by the tempering cycle (double quench and temper). The production forging shall be given the identical double quench and temper as its test specimens above. (2) Reheat treatment using a new heat treatment practice. Any change in time, temperature, or cooling rate shall constitute a new heat treatment practice. A new master curve shall be produced and the simulation and testing shall proceed as originally set forth.

A10.5.4.4 In summation, each test specimen and its corresponding forging shall receive identical heat treatment or heat treatment; otherwise the testing shall be invalid.

A10.5.5 *Storage, Recall, and Documentation of Heat-Cycle Simulation Data*—All records pertaining to heat-cycle simulation shall be maintained and held for a period of 10 years or as designed by the customer. Information shall be so organized that all practices can be verified by adequate documented records.

SUMMARY OF CHANGES

Committee A01 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A 370 – 03) that may impact the use of this standard. (Approved Oct. 1, 2003.)

(1) Tensile testing section amended to allow automated tensile testing/elongation measurement as described in Test Methods E 8.

 **A 370 – 03a**

Committee A01 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A 370 – 02^{e1}) that may impact the use of this standard. (Approved June 10, 2003.)

(I) Clarification of Section 13.2.1–Offset Method.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO N°7: NORMA ASTM E 23.



Designation: E23 – 07a^{e1}

An American National Standard

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{e1} Note—Editorial changes made throughout in September 2007.

1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see [Annex A1](#)) verifying Charpy impact machines (see [Annex A2](#)), optional test specimen configurations (see [Annex A3](#)), pre-cracking Charpy V-notch specimens (see [Annex A4](#)), designation of test specimen orientation (see [Annex A5](#)), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see [Annex A6](#)). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see [Appendix X1](#)), methods of measuring the center of strike (see [Appendix X2](#)).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-320\text{ }^{\circ}\text{F}$, 77 K).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

[B925](#) Practices for Production and Preparation of Powder Metallurgy (PM) Test Specimens

[E177](#) Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.07 on Impact Testing.

Current edition approved June 1, 2007. Published July 2007. Originally approved in 1933. Last previous edition approved 2007 as E23 – 07. DOI: 10.1520/E0023-07AE01.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

[E399](#) Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials

[E604](#) Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials

[E691](#) Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

[E1313](#) Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals (Discontinued 2000)³

3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), a set of anvils, and specimen supports on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in [Appendix X1](#).

5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

6. Apparatus

6.1 *General Requirements:*

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

³ Withdrawn. The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

E23 – 07a^{e1}

6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in **Annex A1**.

6.2 Inspection and Verification

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in **A2.2** and **A2.3**. The items listed in **A2.2** must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines indirectly, using verification specimens, are given in **A2.4**. Charpy impact machines must be verified directly and indirectly annually.

7. Test Specimens

7.1 Configuration and Orientation:

7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification. Specimen orientation should be designated according to the terminology given in **Annex A5**.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen

may not be equally satisfactory for soft nonferrous metals and hardened steels; therefore, many types of specimens are recognized. In general, sharper and deeper notches are required to distinguish differences in very ductile materials or when using low testing velocities.

7.1.3 The specimens shown in **Figs. 1 and 2** are those most widely used and most generally satisfactory. They are particularly suitable for ferrous metals, excepting cast iron.⁴

7.1.4 The specimen commonly found suitable for die-cast alloys is shown in **Fig. 3**.

7.1.5 The specimens commonly found suitable for Powder Metallurgy (P/M) materials are shown in **Figs. 4 and 5**. P/M impact test specimens shall be produced following the procedure in **Practice B925**. The impact test results of these materials are affected by specimen orientation. Therefore,

⁴ Report of Subcommittee XV on Impact Testing of Committee A-3 on Cast Iron, Proceedings, ASTM, Vol 33 Part 1, 1933.

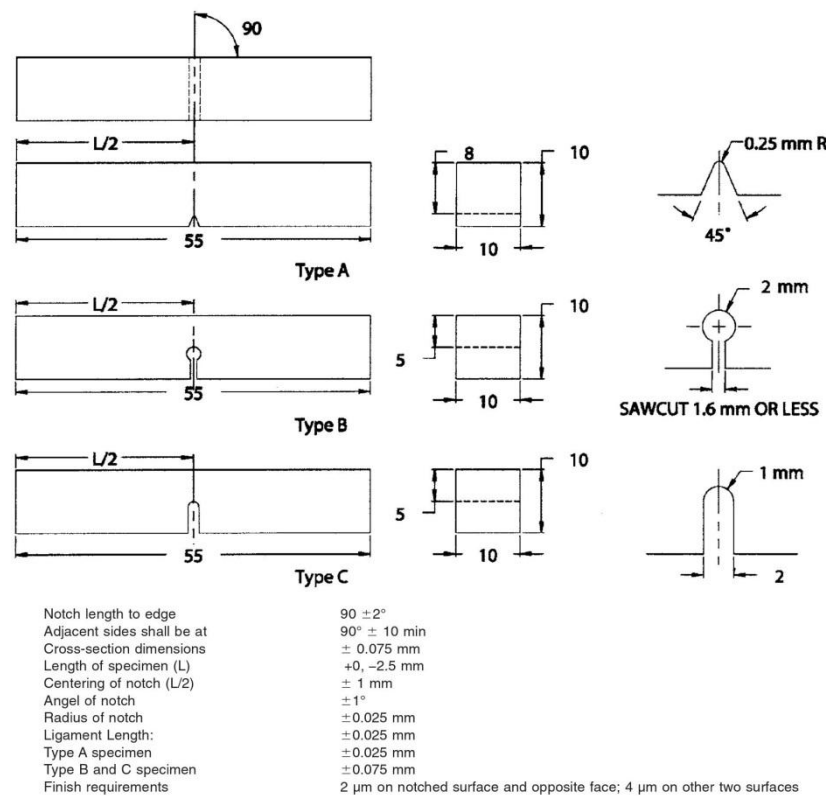
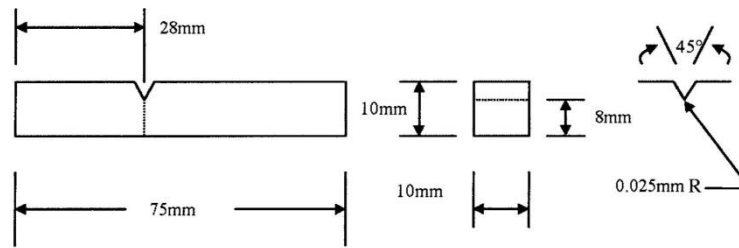


FIG. 1 Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, Types A, B, and C

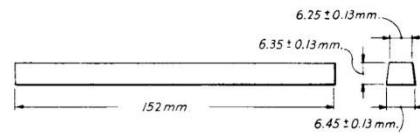
 E23 – 07a^{e1}



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	$90 \pm 2^\circ$
Cross-section dimensions	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Length of specimen	$+0, -2.5 \text{ mm}$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Ligament Length	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10 \text{ min}$
Finish requirements	$2 \mu\text{m}$ on notched surface and opposite face; $4 \mu\text{m}$ on other two surfaces

FIG. 2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen, Type D

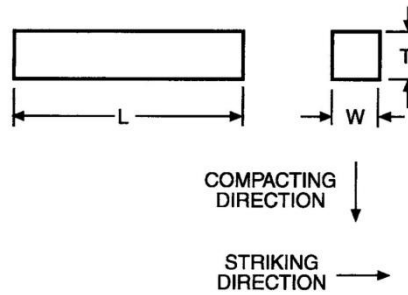


NOTE 1—Two Izod specimens may be cut from this bar.

NOTE 2—Blow shall be struck on narrowest face.

FIG. 3 Izod Impact Test Bar for Die Castings Alloys

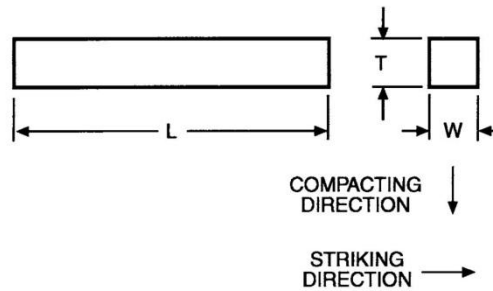
ASTM E23 - 07a^{e1}



	Dimensions	
	mm	in.
L- Overall Length	55.0 ± 1.0	2.16 ± 0.04
W-Width	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005
T-Thickness	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005

NOTE 1—Adjacent sides shall be 90° ± 10 min.

FIG. 4 Unnotched Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimen for P/M Structural Materials



	Dimensions	
	mm	in.
L- Overall Length	75.0 ± 1.5†	2.95 ± 0.06
W-Width	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005
T-Thickness	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005

NOTE 1—Adjacent sides shall be 90° ± 10 min.
† Editorially corrected in August 2007.

FIG. 5 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen for P/M Structural Materials

unless otherwise specified, the position of the specimen in the machine shall be such that the pendulum will strike a surface that is parallel to the compacting direction. For P/M materials the impact test results are reported as unnotched absorbed impact energy.


7.1.6 Sub-size and supplementary specimen recommendations are given in Annex A3.

7.2 Specimen Machining:

7.2.1 When heat-treated materials are being evaluated, the specimen shall be finish machined, including notching, after the final heat treatment, unless it can be demonstrated that the impact properties of specimens machined before heat treatment are identical to those machined after heat treatment.

7.2.2 Notches shall be smoothly machined but polishing has proven generally unnecessary. However, since variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests, adhering to the tolerances given in Fig. 1 is necessary (Appendix X1.2 illustrates the effects from varying notch dimensions on Type A specimens). In keyhole specimens, the round hole shall be carefully drilled with a slow feed rate. The slot may be cut by any feasible method, but care must be exercised in cutting the slot to ensure that the surface of the drilled hole opposite the slot is not damaged.

7.2.3 Identification marks shall only be placed in the following locations on specimens: either of the 10-mm square ends; the side of the specimen that faces up when the specimen

 E23 – 07a^{e1}

is positioned in the anvils (see **Note 1**); or the side of the specimen opposite the notch. No markings, on any side of the specimen, shall be within 15 mm of the center line of the notch. An electrostatic pencil may be used for identification purposes, but caution must be taken to avoid excessive heat.

NOTE 1—Careful consideration should be given before placing identification marks on the side of the specimen to be placed up when positioned in the anvils. If the test operator is not careful, the specimen may be placed in the machine with the identification marking resting on the specimen supports. Under these circumstances, the absorbed energy value obtained may be unreliable.

8. Procedure

8.1 Preparation of the Apparatus:

8.1.1 Perform a routine procedure for checking impact machines at the beginning of each day, each shift, or just prior to testing on a machine used intermittently. It is recommended that the results of these routine checks be kept in a log book for the machine. After the testing machine has been ascertained to comply with **Annex A1** and **Annex A2**, carry out the routine check as follows:

8.1.1.1 Visually examine the striker and anvils for obvious damage and wear.

8.1.1.2 Check the zero position of the machine by using the following procedure: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to near the maximum capacity of the range being used, release the pendulum, and read the indicated value. The pointer should indicate zero on machines reading directly in energy. On machines reading in degrees, the reading should correspond to zero on the conversion chart furnished by the machine manufacturer.

NOTE 2—On machines that do not compensate for windage and friction losses, the pointer will not indicate zero. In this case, the indicated values, when converted to energy, shall be corrected for frictional losses that are assumed to be proportional to the arc of swing.

8.1.1.3 To ensure that friction and windage losses are within allowable tolerances, the following procedure is recommended: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to the negative side of zero, release the pendulum and allow it to cycle five times (a forward and a backward swing together count as one swing), prior to the sixth forward swing, set the pointer to between 5 and 10 % of the scale capacity of the dial, after the sixth forward swing (eleven half swings), record the value indicated by the pointer, convert the reading to energy (if necessary), divide it by 11 (half swings), then divide by the maximum scale value being used and multiply it by 100 to get the percent friction. The result, friction and windage loss, shall not exceed 0.4 % of scale range capacity being tested and should not change by more than 10 % of friction measurements previously made on the machine. If the friction and windage loss value does exceed 0.4 % or is significantly different from previous measurements, check the indicating mechanism, the latch height, and the bearings for wear and damage. However, if the machine has not been used recently, let the pendulum swing for 50 to 100 cycles, and repeat the friction test before undertaking repairs to the machine.

8.2 Test Temperature Considerations:

8.2.1 The temperature of testing affects the impact properties of most materials. For materials with a body centered cubic

structure, a transition in fracture mode occurs over a temperature range that depends on the chemical composition and microstructure of the material. Test temperatures may be chosen to characterize material behavior at fixed values, or over a range of temperatures to characterize the transition region, lower shelf, or upper shelf behavior, or all of these. The choice of test temperature is the responsibility of the user of this test method and will depend on the specific application. For tests performed at room temperature, a temperature of $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ($68 \pm 9^\circ\text{F}$) is recommended.

8.2.2 The temperature of a specimen can change significantly during the interval it is removed from the temperature conditioning environment, transferred to the impact machine, and the fracture event is completed (see **Note 5**). When using a heating or cooling medium near its boiling point, use data from the references in **Note 5** or calibration data with thermocouples to confirm that the specimen is within the stated temperature tolerances when the striker contacts the specimen. If excessive adiabatic heating is expected, monitor the specimen temperature near the notch during fracture.

8.2.3 Verify temperature-measuring equipment at least every six months. If liquid-in-glass thermometers are used, an initial verification shall be sufficient, however, the device shall be inspected for problems, such as the separation of liquid, at least twice annually.

8.2.4 Hold the specimen at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) in the temperature conditioning environment (see **8.2.4.1** and **8.2.4.2**). Any method of heating or cooling or transferring the specimen to the anvils may be used provided the temperature of the specimen immediately prior to fracture is essentially the same as the holding temperature (see **Note 5**). The maximum change in the temperature of the specimen allowed for the interval between the temperature conditioning treatment and impact is not specified here, because it is dependent on the material being tested and the application. The user of nontraditional or lesser used temperature conditioning and transfer methods (or sample sizes) shall show that the temperature change for the specimen prior to impact is comparable to or less than the temperature change for a standard size specimen of the same material that has been thermally conditioned in a commonly used medium (oil, air, nitrogen, acetone, methanol), and transferred for impact within 5 seconds (see **Note 5**). Three temperature conditioning and transfer methods used in the past are: liquid bath thermal conditioning and transfer to the specimen supports with centering tongs; furnace thermal conditioning and robotic transfer to the specimen supports; placement of the specimen on the supports followed by in situ heating and cooling.

8.2.4.1 For liquid bath cooling or heating use a suitable container, which has a grid or another type of specimen positioning fixture. Cover the specimens, when immersed, with at least 25 mm (1 in.) of the liquid, and position so that the notch area is not closer than 25 mm (1 in.) to the sides or bottom of the container, and no part of the specimen is in contact with the container. Place the device used to measure the temperature of the bath in the center of a group of the specimens. Agitate the bath and hold at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$). Thermally condition the specimens for

ASTM E23 - 07a^{e1}

at least 5 min before testing, unless a shorter thermal conditioning time can be shown to be valid by measurements with thermocouples. Leave the mechanism (tongs, for example) used to handle the specimens in the bath for at least 5 min before testing, and return the mechanism to the bath between tests.

8.2.4.2 When using a gas medium, position the specimens so that the gas circulates around them and hold the gas at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) for at least 30 min. Leave the mechanism used to remove the specimen from the medium in the medium except when handling the specimens.

NOTE 3—Temperatures up to $+260^\circ\text{C}$ ($+500^\circ\text{F}$) may be obtained with certain oils, but “flash-point” temperatures must be carefully observed.

NOTE 4—For testing at temperatures down to -196°C (-320°F , 77°K), standard testing procedures have been found to be adequate for most metals.

NOTE 5—A study has shown that a specimen heated to 100°C in water can cool 10°C in the 5 s allowed for transfer to the specimen supports (1)⁵. Other studies, using cooling media that are above their boiling points at room temperature have also shown large changes in specimen temperature during the transfer of specimens to the machine anvils. In addition, some materials change temperature dramatically during impact testing at cryogenic temperatures due to adiabatic heating (2).

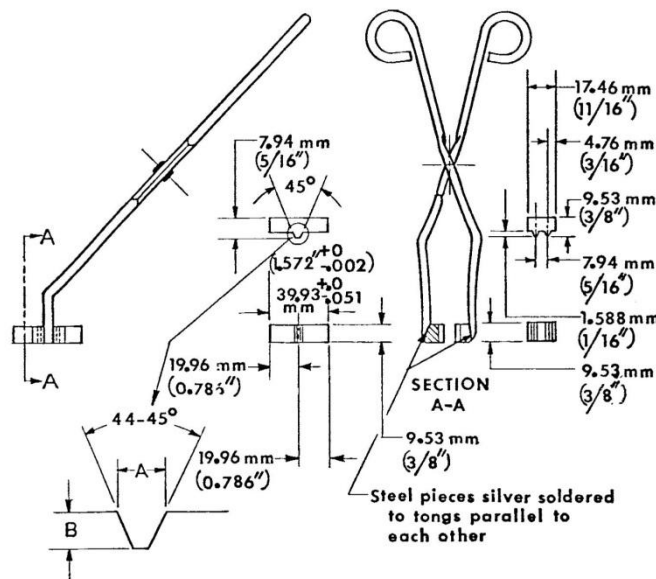
⁵ The boldface numbers given in parentheses refer to a list of references at the end of the text.

8.3 Charpy Test Procedure:

8.3.1 The Charpy test procedure may be summarized as follows: the test specimen is thermally conditioned and positioned on the specimen supports against the anvils; the pendulum is released without vibration, and the specimen is impacted by the striker. Information is obtained from the machine and from the broken specimen.

8.3.2 To position a test specimen in the machine, it is recommended that self-centering tongs similar to those shown in Fig. 6 be used (see A1.10.1). The tongs illustrated in Fig. 6 are for centering V-notch specimens. If keyhole specimens are used, modification of the tong design may be necessary. If an end-centering device is used, caution must be taken to ensure that low-energy high-strength specimens will not rebound off this device into the pendulum and cause erroneously high recorded values. Many such devices are permanent fixtures of machines, and if the clearance between the end of a specimen in the test position and the centering device is not approximately 13 mm (0.5 in.), the broken specimens may rebound into the pendulum.

8.3.3 To conduct the test, prepare the machine by raising the pendulum to the latched position, set the energy indicator at the maximum scale reading, or initialize the digital display, or both, position the specimen on the anvils, and release the pendulum. If a liquid bath or gas medium is being used for



NOTE 1—Unless otherwise shown, permissible variation shall be ± 1 mm (0.04 in.).

Specimen Depth, mm (in.)	Base Width (A), mm (in.)	Height (B), mm (in.)
10 (0.394)	1.60 to 1.70 (0.063 to 0.067)	1.52 to 1.65 (0.060 to 0.065)
5 (0.197)	0.74 to 0.80 (0.029 to 0.033)	0.69 to 0.81 (0.027 to 0.032)
3 (0.118)	0.45 to 0.51 (0.016 to 0.020)	0.36 to 0.48 (0.014 to 0.019)

FIG. 6 Centering Tongs for V-Notch Charpy Specimens

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011 6
Downloaded/printed by
Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM E23 – 07a^{e1}

thermal conditioning, perform the following sequence in less than 5 s (for standard $10 \times 10 \times 55$ mm ($0.394 \times 0.394 \times 2.165$ in.)) specimens, see 8.2.4). Remove the test specimen from its cooling (or heating) medium with centering tongs that have been temperature conditioned with the test specimen, place the specimen in the test position, and, release the pendulum smoothly. If a test specimen has been removed from the temperature conditioning bath and it is questionable that the test can be conducted within the 5 s time frame, return the specimen to the bath for the time required in 8.2 before testing.

8.3.3.1 If a fractured impact specimen does not separate into two pieces, report it as unbroken (see 9.2.2 for separation instructions). Unbroken specimens with absorbed energies of less than 80 % of the machine capacity may be averaged with values from broken specimens. If the individual values are not listed, report the percent of unbroken specimens with the average. If the absorbed energy exceeds 80 % of the machine capacity and the specimen passes completely between the anvils, report the value as approximate (see 10.1) do not average it with other values. If an unbroken specimen does not pass between the machine anvils, (for example, it stops the pendulum), the result shall be reported as exceeding the machine capacity. A specimen shall never be struck more than once.

8.3.3.2 If a specimen jams in the machine, disregard the results and check the machine thoroughly for damage or misalignment, which would affect its calibration.

8.3.3.3 To prevent recording an erroneous value, caused by jarring the indicator when locking the pendulum in its upright (ready) position, read the value for each test from the indicator prior to locking the pendulum for the next test.

8.4 Izod Test Procedure:

8.4.1 The Izod test procedure may be summarized as follows: the test specimen is positioned in the specimen-holding fixture and the pendulum is released without vibration. Information is obtained from the machine and from the broken specimen. The details are described as follows:

8.4.2 Testing at temperatures other than room temperature is difficult because the specimen-holding fixture for Izod specimens is often part of the base of the machine and cannot be readily cooled (or heated). Consequently, Izod testing is not recommended at other than room temperature.

8.4.3 Clamp the specimen firmly in the support vise so that the centerline of the notch is in the plane of the top of the vise within 0.125 mm (0.005 in.). Set the energy indicator at the maximum scale reading, and release the pendulum smoothly. Sections 8.3.3.1-8.3.3.3 inclusively, also apply when testing Izod specimens.

9. Information Obtainable from Impact Tests

9.1 The absorbed energy shall be taken as the difference between the energy in the striking member at the instant of impact with the specimen and the energy remaining after breaking the specimen. This value is determined by the machine's scale reading which has been corrected for windage and friction losses.

NOTE 6—Alternative means for energy measurement are acceptable provided the accuracy of such methods can be demonstrated. Methods

used in the past include optical encoders and strain gaged strikers.

9.2 Lateral expansion measurement methods must take into account the fact that the fracture path seldom bisects the point of maximum expansion on both sides of a specimen. One half of a broken specimen may include the maximum expansion for both sides, one side only, or neither. Therefore, the expansion on each side of each specimen half must be measured relative to the plane defined by the undeformed portion on the side of the specimen, as shown in Fig. 7. For example, if A_1 is greater than A_2 , and A_3 is less than A_4 , then the lateral expansion is the sum of $A_1 + A_4$.

9.2.1 Before making any expansion measurements, it is essential that the two specimen halves are visually examined for burrs that may have formed during impact testing; if the burrs will influence the lateral expansion measurements, they must be removed (by rubbing on emery cloth or any other suitable method), making sure that the protrusions to be measured are not rubbed during the removal of the burr. Then, examine each fracture surface to ascertain that the protrusions have not been damaged by contacting an anvil, a machine mounting surface, etc. Lateral expansion shall not be measured on a specimen with this type of damage.

9.2.2 Lateral expansion measurements shall be reported as follows. The lateral expansion of an unbroken specimen can be reported as broken if the specimen can be separated by pushing the hinged halves together once and then pulling them apart without further fatiguing the specimen, and the lateral expansion measured for the unbroken specimen (prior to bending) is equal to or greater than that measured for the separated halves. In the case where a specimen cannot be separated into two halves, the lateral expansion can be measured as long as the shear lips can be accessed without interference from the hinged ligament that has been deformed during testing. The specimen should be reported as unbroken.

9.2.3 Lateral expansion may be measured easily by using a gage like the one shown in Fig. 8 (assembly and details shown in Fig. 9). Using this type of gage the measurement is made with the following procedure: orient the specimen halves so that the compression sides are facing each another, take one half of the fractured specimen and press it against the anvil and

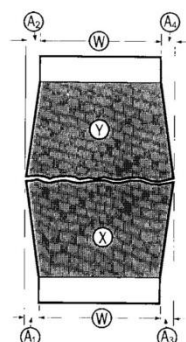


FIG. 7 Halves of Broken Charpy V-Notch Impact Specimen Illustrating the Measurement of Lateral Expansion, Dimensions A_1 , A_2 , A_3 , A_4 and Original Width, Dimension W

ASTM E23 - 07a^{e1}

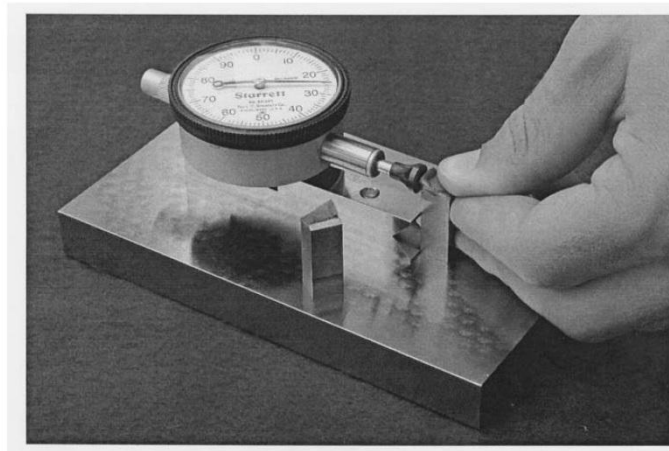


FIG. 8 Lateral Expansion Gauge for Charpy Impact Specimens

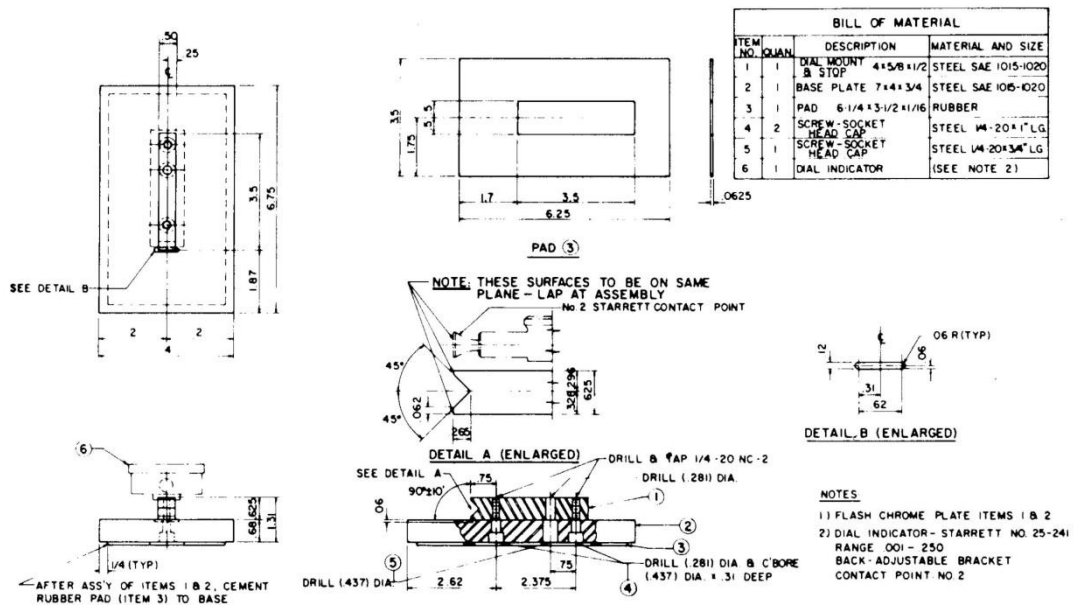


FIG. 9 Assembly and Details for Lateral Expansion Gauge

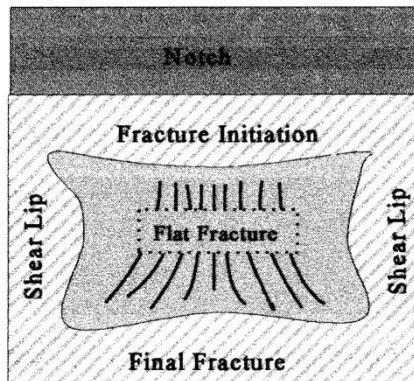
dial gage plunger and record the reading, make a similar measurement on the other half (same side) of the fractured specimen and disregard the lower of the two values, do the same for the other side of the fractured specimen, report the sum of the maximum expansions for the 2 sides as the lateral expansion for the specimen.

9.3 The percentage of shear fracture on the fracture surfaces of impact specimens may be determined using a variety

of methods. The acceptable methods are defined in Annex A6. For each method, the user must distinguish between regions formed by ductile stable crack growth mechanisms, and regions formed by brittle fast crack propagation (unstable crack growth mechanisms). The typical zones of fracture appearance are shown in Fig. 10, where the "flat fracture" region is the region in which unstable crack growth occurs on a microsecond time scale.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011 8
Downloaded/printed by
Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM E23 – 07a^{e1}



NOTE 1—The shear of ductile fracture regions on the fracture surface include the fracture initiation region, the two shear lips, and the region of final fracture. The flat or radial fracture region is a region of less ductile unstable crack growth.

FIG. 10 Determination of Percent Shear Fracture

The percent shear area on the fracture surface of a Charpy impact specimen is typically calculated as the difference between the total fractured area and the area of flat fracture. The measurement methods described here provide estimates for the area of the macroscopically flat fracture region (directly or indirectly), but do not consider details of the fracture mode for this “flat” region of unstable fracture. The flat fracture region could be 100 percent cleavage, a mixture of cleavage and ductile-dimple fracture morphologies, or other combinations of ductile-brittle fracture morphologies. Estimates of ductility within the unstable crack growth region are beyond the scope of these methods.

10. Report

10.1 Absorbed energy values above 80 % of the scale range are inaccurate and shall be reported as approximate. Ideally an impact test would be conducted at a constant impact velocity. In a pendulum-type test, the velocity decreases as the fracture progresses. For specimens that have impact energies approaching 80 % of the capacity of the pendulum, the velocity of the pendulum decreases (to about 45 % of the initial velocity) during fracture to the point that accurate impact energies are no longer obtained.

10.2 For commercial acceptance testing, report the following information (for each specimen tested):

10.2.1 Specimen type (and size if not the full-size specimen),

10.2.2 Test temperature,
10.2.3 Absorbed energy, and
10.2.4 Any other contractual requirements.

10.3 For other than commercial acceptance testing the following information is often reported in addition to the information in 10.2:

10.3.1 Lateral expansion,
10.3.2 Unbroken specimens,
10.3.3 Fracture appearance (% shear, See Note A6.1),
10.3.4 Specimen orientation, and
10.3.5 Specimen location.

NOTE 7—A recommended format for computerization of notched bar impact test data is available in Practice E1313.

NOTE 8—When the test temperature is specified as room temperature, report the actual temperature.

11. Precision and Bias

11.1 An Interlaboratory study used CVN specimens of low energy and of high energy to find sources of variation in the CVN absorbed energy. Data from 29 laboratories were included with each laboratory testing one set of five specimens of each energy level. Except being limited to only two energy levels (by availability of reference specimens), Practice E691 was followed for the design and analysis of the data, the details are given in ASTM Research Report NO. RR:E28-1014.⁶

11.2 Precision—The Precision information given below (in units of J and ft-lbf) is for the average CVN absorbed energy of five test determinations at each laboratory for each material.

Material	Low Energy		High Energy	
	J	ft-lbf	J	ft-lbf
Absorbed Energy	15.9	11.7	96.2	71.0
95 % Repeatability Limit	2.4	1.7	8.3	6.1
95 % Reproducibility Limits	2.7	2.0	9.2	6.8

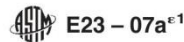
The terms repeatability and reproducibility limit are used as defined in Practice E177. The respective standard deviations among test results may be obtained by dividing the above limits by 2.8.

11.3 Bias—Bias cannot be defined for CVN absorbed energy. The physical simplicity of the pendulum design is complicated by complex energy loss mechanisms within the machine and the specimen. Therefore, there is no absolute standard to which the measured values can be compared.

12. Keywords

12.1 Charpy test; fracture appearance; Izod test; impact test; notched specimens; pendulum machine

⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: E28-1014.



E23 – 07a^{e1}

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. GENERAL REQUIREMENTS FOR IMPACT MACHINES

A1.1 *The machine frame* shall be equipped with a bubble level or a machined surface suitable for establishing levelness of the axis of pendulum bearings or, alternatively, the levelness of the axis of rotation of the pendulum may be measured directly. The machine shall be level to within 3:1000 and securely bolted to a concrete floor not less than 150 mm (6 in.) thick or, when this is not practical, the machine shall be bolted to a foundation having a mass not less than 40 times that of the pendulum. The bolts shall be tightened as specified by the machine manufacturer.

A1.2 *A scale or digital display*, graduated in degrees or energy, on which readings can be estimated in increments of 0.25 % of the energy range or less shall be furnished for the machine.

A1.2.1 The scales and digital displays may be compensated for windage and pendulum friction. The error in the scale reading at any point shall not exceed 0.2 % of the range or 0.4 % of the reading, whichever is larger. (See A2.3.8.)

A1.3 *The total friction and windage losses* of the machine during the swing in the striking direction shall not exceed 0.75 % of the scale range capacity, and pendulum energy loss from friction in the indicating mechanism shall not exceed 0.25 % of scale range capacity. See A2.3.8 for friction and windage loss calculations.

A1.4 *The position of the pendulum*, when hanging freely, shall be such that the striker is within 2.5 mm (0.10 in.) from the test specimen. When the indicator has been positioned to read zero energy in a free swing, it shall read within 0.2 % of scale range when the striker of the pendulum is held against the test specimen. The plane of swing of the pendulum shall be perpendicular to the transverse axis of the Charpy specimen anvils or Izod vise within 3:1000.

A1.5 *Transverse play of the pendulum* at the striker shall not exceed 0.75 mm (0.030 in.) under a transverse force of 4 % of the effective weight of the pendulum applied at the center of strike. Radial play of the pendulum bearings shall not exceed 0.075 mm (0.003 in.).

A1.6 *The impact velocity* (tangential velocity) of the pendulum at the center of the strike shall not be less than 3 nor more than 6 m/s (not less than 10 nor more than 20 ft/s).

A1.7 *The height of the center of strike* in the latched position, above its free hanging position, shall be within 0.4 % of the range capacity divided by the supporting force, measured as described in A2.3.5.1 If windage and friction are compensated for by increasing the height of drop, the height of drop may be increased by not more than 1 %.

A1.8 *The mechanism for releasing the pendulum* from its

initial position shall operate freely and permit release of the pendulum without initial impulse, retardation, or side vibration. If the same lever used to release the pendulum is also used to engage the brake, means shall be provided for preventing the brake from being accidentally engaged.

A1.9 *Specimen clearance* is needed to ensure satisfactory results when testing materials of different strengths and compositions. The test specimen shall exit the machine with a minimum of interference. Pendulums used on Charpy machines are of three basic designs, as shown in Fig. A1.1.

A1.9.1 When using a C-type pendulum or a compound pendulum, the broken specimen will not rebound into the pendulum and slow it down if the clearance at the end of the specimen is at least 13 mm (0.5 in.) or if the specimen is deflected out of the machine by some arrangement such as that shown in Fig. A1.1.

A1.9.2 When using the U-type pendulum, means shall be provided to prevent the broken specimen from rebounding against the pendulum (see Fig. A1.1). In most U-type pendulum machines, steel shrouds should be designed and installed to the following requirements: (a) have a thickness of approximately 1.5 mm (0.06 in.), (b) have a minimum hardness of 45 HRC, (c) have a radius of less than 1.5 mm (0.06 in.) at the underside corners, and (d) be so positioned that the clearance between them and the pendulum overhang (both top and sides) does not exceed 1.5 mm (0.06 in.).

NOTE A1.1—In machines where the opening within the pendulum permits clearance between the ends of a specimen (resting on the specimen supports) and the shrouds, and this clearance is at least 13 mm (0.5 in.), the requirements (a) and (d) need not apply.

A1.10 *Charpy Apparatus:*

A1.10.1 Means shall be provided (see Fig. A1.2) to locate and support the test specimen against two anvil blocks in such a position that the center of the notch can be located within 0.25 mm (0.010 in.) of the midpoint between the anvils (see 8.3.2).

A1.10.2 The supports and striker shall be of the forms and dimensions shown in Fig. A1.2. Other dimensions of the pendulum and supports should be such as to minimize interference between the pendulum and broken specimens.

A1.10.3 The center line of the striker shall advance in the plane that is within 0.40 mm (0.016 in.) of the midpoint between the supporting edges of the anvils. The striker shall be perpendicular to the longitudinal axis of the specimen within 5:1000. The striker shall be parallel within 1:1000 to the face of a perfectly square test specimen held against the anvils.

A1.11 *Izod Apparatus:*

A1.11.1 Means shall be provided (see Fig. A1.3) for clamping the specimen in such a position that the face of the specimen is parallel to the striker within 1:1000. The edges of

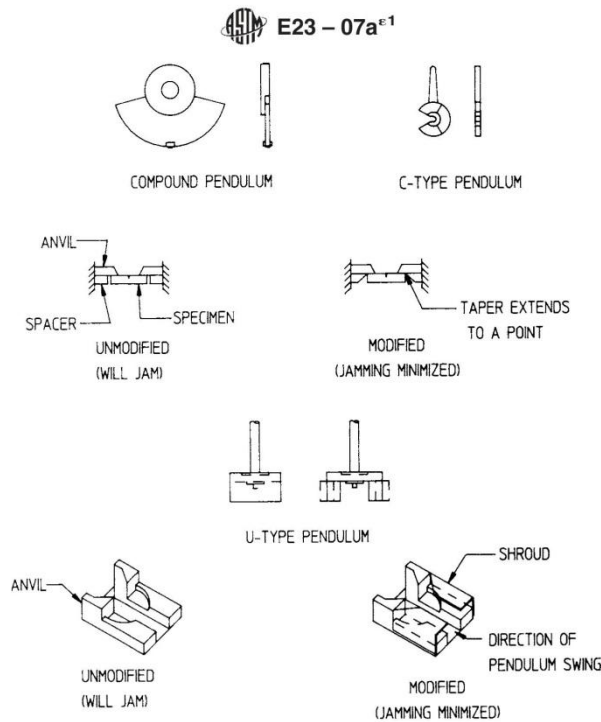


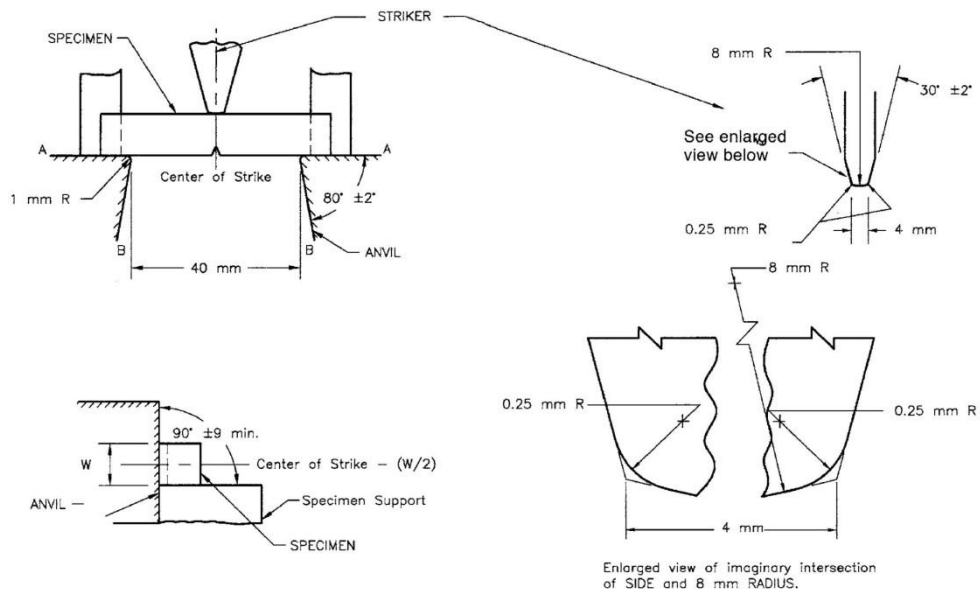
FIG. A1.1 Typical Pendulums and Anvils for Charpy Machines, Shown with Modifications to Minimize Jamming

the clamping surfaces shall be sharp angles of $90 \pm 1^\circ$ with radii less than 0.40 mm (0.016 in.). The clamping surfaces shall be smooth with a $2 \mu\text{m}$ (63 $\mu\text{in.}$) finish or better, and shall clamp the specimen firmly at the notch with the clamping force applied in the direction of impact. For rectangular specimens, the clamping surfaces shall be flat and parallel within 0.025

mm (0.001in.). For cylindrical specimens, the clamping surfaces shall be contoured to match the specimen and each surface shall contact a minimum of $\pi/2$ rad (90°) of the specimen circumference.

A1.11.2 The dimensions of the striker and its position relative to the specimen clamps shall be as shown in Fig. A1.3.

ASTM E23 - 07a^{e1}

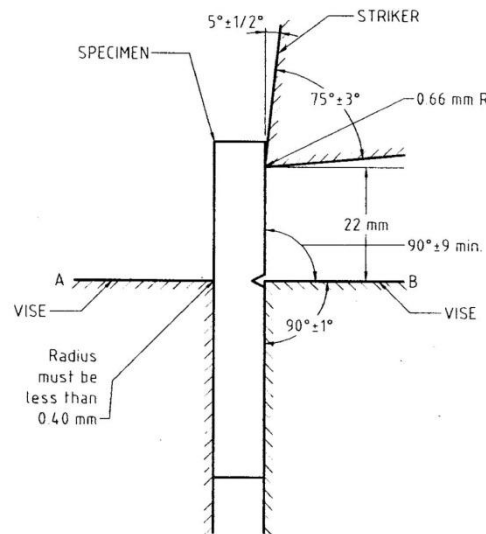


Note 1—Anvils shall be manufactured with a surface finish of 0.1 μ m or better on surfaces A and B above the anvil supports when mounted on the machine.
 Note 2—Striker shall be manufactured with a surface finish of 0.1 μ m or better along the front radius and along both sides.
 Note 3—All dimensional tolerances shall be ± 0.05 mm unless otherwise specified.

FIG. A1.2 Charpy Striker

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011 12
 Downloaded/printed by
 Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM E23 - 07a^{e1}



NOTE 1—All dimensional tolerances shall be ± 0.05 mm unless otherwise specified.

NOTE 2—The clamping surfaces of A and B shall be flat and parallel within 0.025 mm.

NOTE 3—Surface finish on striker and vise shall be $2 \mu\text{m}$.

NOTE 4—Striker width must be greater than that of the specimen being tested.

FIG. A1.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test

A2. VERIFICATION OF PENDULUM IMPACT MACHINES


A2.1 *The verification of impact machines has two parts:* direct verification, which consists of inspecting the machine to ensure that the requirements of this annex and [Annex A1](#) are met, and indirect verification, which entails the testing of verification specimens.

A2.1.1 Izod machines are verified by direct verification annually.

A2.1.2 Charpy machines shall be verified directly and indirectly annually. Data is valid only when produced within 365 days following the date of the most recent successful verification test. Charpy machines shall also be verified immediately after replacing parts that may affect the measured energy, after making repairs or adjustments, after they have been moved, or whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval. These restrictions include cases where parts, which may affect the measured energy, are removed from the machine and then reinstalled without modification (with the exception of when the striker or anvils are removed to permit use of a different striker or set of anvils and then are reinstalled, see [A2.1.3](#)). It

is not intended that parts not subjected to wear (such as pendulum and scale linearity) are to be directly verified each year unless a problem is evident. Only the items cited in [A2.2](#) are required to be inspected annually. Other parts of the machine shall be directly verified at least once, when the machine is new, or when parts are replaced.

A2.1.3 Charpy machines do not require immediate indirect verification after removal and replacement of the striker or anvils, or both, that were on the machine when it was verified provided the following safeguards are implemented: (1) an organizational procedure for the change is developed and followed, (2) high-strength low-energy quality control specimens, (See [A2.4.1.1](#) for guidance in breaking energy range for these specimens), are tested prior to removal and immediately after installation of the previously verified striker or anvils, or both within the 365 day verification period, (3) the results of the before and after tests of the quality control specimens are within 1.4 Joules (1.0 ft-lbf) of each other, (4) the results of the comparisons are kept in a log book, and (5) before reattachment, the striker and anvils are visually inspected for wear and

 E23 – 07a^{e1}

dimensionally verified to assure that they meet the required tolerances of Fig. A1.2. The use of certified impact verification specimens is not required and internal quality control specimens are permitted.

A2.2 Direct Verification of Parts Requiring Annual Inspection:

A2.2.1 Inspect the specimen supports, anvils, and striker and replace any of these parts that show signs of wear. A straight edge or radius gage can be used to discern differences between the used and unused portions of these parts to help identify a worn condition (see Note A2.1).

NOTE A2.1—To measure the anvil or striker radii, the recommended procedure is to make a replica (casting) of the region of interest and measure cross sections of the replica. This can be done with the anvils and striker in place on the machine or removed from the machine. Make a dam with cardboard and tape surrounding the region of interest, then pour a low-shrinkage casting compound into the dam (silicon rubber casting compounds work well). Allow the casting to cure, remove the dam, and slice cross sections through the region of interest with a razor. Use these cross sections to make radii measurements on optical comparators or other instruments.

A2.2.2 Ensure the bolts that attach the anvils and striker to the machine are tightened to the manufacturer's specifications.

A2.2.3 Verify that the shrouds, if applicable, are properly installed (see A1.9.2).

A2.2.4 The pendulum release mechanism, which releases the pendulum from its initial position, shall comply with A1.8.

A2.2.5 Check the level of the machine in both directions (see A1.1).

A2.2.6 Check that the foundation bolts are tightened to the manufacturer's specifications.

NOTE A2.2—Expansion bolts or fasteners with driven in inserts shall not be used for foundations. These fasteners will work loose and/or tighten up against the bottom of the machine indicating a false high torque value when the bolts are tightened.

A2.2.7 Check the indicator zero and the friction loss of the machine as described in 8.1.

A2.3 Direct Verification of Parts to be Verified at Least Once:

A2.3.1 Charpy anvils and supports or Izod vises shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3.

NOTE A2.3—The impact machine will be inaccurate to the extent that some energy is used in deformation or movement of its component parts or of the machine as a whole; this energy will be registered as used in fracturing the specimen.

A2.3.2 The striker shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3. The mounting surfaces must be clean and free of defects that would prevent a good fit. Check that the striker complies with A1.10.3 (for Charpy tests) or A1.11.1 (for Izod tests).

A2.3.3 The pendulum alignment shall comply with A1.4 and A1.5. If the side play in the pendulum or the radial play in the bearings exceeds the specified limits, adjust or replace the bearings.

A2.3.4 Determine the Center of Strike—For Charpy machines the center of strike of the pendulum is determined using a half-width specimen (10 × 5 × 55 mm) in the test position. With the striker in contact with the specimen, a line marked along the top edge of the specimen on the striker will indicate the center of strike. For Izod machines, the center of strike may be considered to be the contact line when the pendulum is brought into contact with a specimen in the normal testing position.

A2.3.5 Determine the Potential Energy—The following procedure shall be used when the center of strike of the pendulum is coincident with the radial line from the centerline of the pendulum bearings (herein called the axis of rotation) to the center of gravity (see Appendix X2). If the center of strike is more than 1.0 mm (0.04 in.) from this line, suitable corrections in elevation of the center of strike must be made in A2.3.8.1 and A2.3.9, so that elevations set or measured correspond to what they would be if the center of strike were on this line. The potential energy of the system is equal to the height from which the pendulum falls, as determined in A2.3.5.2, times the supporting force, as determined in A2.3.5.1.

A2.3.5.1 To measure the supporting force, support the pendulum horizontally to within 15:1000 with two supports, one at the bearings (or center of rotation) and the other at the center of strike on the striker (see Fig. A2.1). Then arrange the support at the striker to react upon some suitable weighing device such as a platform scale or balance, and determine the weight to within 0.4 %. Take care to minimize friction at either point of support. Make contact with the striker through a round rod crossing the center of strike. The supporting force is the scale reading minus the weights of the supporting rod and any shims that may be used to maintain the pendulum in a horizontal position.

A2.3.5.2 Determine the height of pendulum drop for compliance with the requirement of A1.7. On Charpy machines determine the height from the top edge of a half-width (or center of a full-width) specimen to the elevated position of the center of strike to 0.1 %. On Izod machines determine the height from a distance 22.66 mm (0.892 in.) above the vise to the release position of the center of strike to 0.1 %. The height may be determined by direct measurement of the elevation of the center of strike or by calculation from the change in angle of the pendulum using the following formulas (see Fig. A2.1):

$$h = S(1 - \cos(\beta)) \quad (A2.1)$$

$$h_1 = S(1 - \cos(\alpha)) \quad (A2.2)$$

where

h = initial elevation of the striker, m (ft),

S = length of the pendulum distance to the center of strike, m (ft),

β = angle of fall,

h_1 = height of rise, m (ft), and

α = angle of rise.

A2.3.6 Determine the impact velocity, $[v]$, of the machine, neglecting friction, by means of the following equation:

E23 – 07a^{e1}

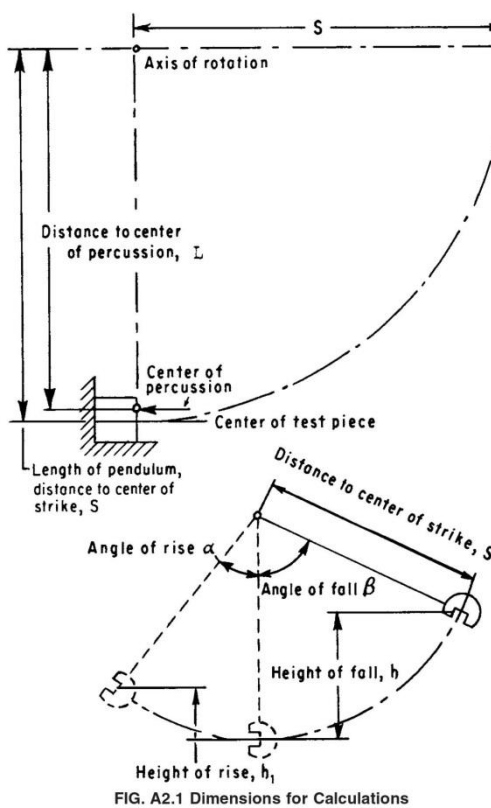


FIG. A2.1 Dimensions for Calculations

$$v = \sqrt{2gh} \quad (A2.3)$$

where:

v = velocity, m/s (ft/s),

g = acceleration of gravity, 9.81 m/s² (32.2 ft/s²), and

h = initial elevation of the striker, m (ft).

A2.3.7 The center of percussion shall be at a point within 1 % of the distance from the axis of rotation to the center of strike in the specimen, to ensure that minimum force is transmitted to the point of rotation. Determine the location of the center of percussion as follows:

A2.3.7.1 Using a stop watch or some other suitable time-measuring device, capable of measuring time to within 0.2 s, swing the pendulum through a total angle not greater than 15° and record the time for 100 complete cycles (to and fro). The period of the pendulum then, is the time for 100 cycles divided by 100.

A2.3.7.2 Determine the center of percussion by means of the following equation:

$$L = \frac{gp^2}{4\pi^2} \quad (A2.4)$$

where:

L = distance from the axis to the center of percussion, m (ft),

g = local gravitational acceleration (accuracy of one part in one thousand), m/s² (ft/s²),

π = 3.1416, and

p = period of a complete swing (to and fro), s.

A2.3.8 *Determination of the Friction Losses*—The energy loss from friction and windage of the pendulum and friction in the recording mechanism, if not corrected, will be included in the energy loss attributed to breaking the specimen and can result in erroneously high measurements of absorbed energy. For machines recording in degrees, frictional losses are usually not compensated for by the machine manufacturer, whereas in machines recording directly in energy, they are usually compensated for by increasing the starting height of the pendulum. Determine energy losses from friction as follows:

A2.3.8.1 Without a specimen in the machine, and with the indicator at the maximum energy reading, release the pendulum from its starting position and record the energy value indicated. This value should indicate zero energy if frictional losses have been corrected by the manufacturer. Now raise the pendulum slowly until it just contacts the indicator at the value obtained in the free swing. Secure the pendulum at this height and determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen rest supports within 0.1 % (see A2.3.5). Determine the supporting force as in A2.3.5.1 and multiply by this vertical distance. The difference in this value and the initial potential energy is the total energy loss in the pendulum and indicator combined. Without resetting the pointer, repeatedly release the pendulum from its initial position until the pointer shows no further movement. The energy loss determined by the final position of the pointer is that due to the pendulum alone. The frictional loss in the indicator alone is then the difference between the combined indicator and pendulum losses and those due to the pendulum alone.

A2.3.9 The indicating mechanism accuracy shall be checked to ensure that it is recording accurately over the entire range (see A1.2.1). Check it at graduation marks corresponding to approximately 0, 10, 20, 30, 50, and 70 % of each range. With the striker marked to indicate the center of strike, lift the pendulum and set it in a position where the indicator reads, for example, 13 J (10 ft-lbf). Secure the pendulum at this height and determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen supports within 0.1 % (see A2.3.5). Determine the residual energy by multiplying the height of the center of strike by the supporting force, as described in A2.3.5.1. Increase this value by the total frictional and windage losses for a free swing (see A2.3.8.1) multiplied by the ratio of the angle of swing of the pendulum from the latch to the energy value being evaluated to the angle of swing of the pendulum from the latch to the zero energy reading. Subtract the sum of the residual energy and proportional frictional and windage loss from the potential energy at the latched position (see A2.3.5). The indicator shall agree with the energy calculated within the limits of A1.2.1. Make similar calculations at other points of the scale. The

E23 – 07a^{e1}

indicating mechanism shall not overshoot or drop back with the pendulum. Make test swings from various heights to check visually the operation of the pointer over several portions of the scale.

NOTE A2.4—Indicators that indicate in degrees shall be checked using the above procedure. Degree readings from the scale shall be converted to energy readings using the conversion formula or table normally used in testing. In this way the formula or table can also be checked for windage and friction corrections.

A2.4 Indirect Verification:

A2.4.1 Indirect verification requires the testing of specimens with certified values to verify the accuracy of Charpy impact machines.

A2.4.1.1 Verification specimens with certified values are produced at low (13 to 20 J), high (88 to 136 J), and super-high (176 to 244 J) energy levels. To meet the verification requirements, the average value determined for a set of verification specimens at each energy level tested shall correspond to the certified values of the verification specimens within 1.4 J (1.0 ft-lbf) or 5.0 %, whichever is greater.

A2.4.1.2 Other sources of verification specimens⁷ may be used provided their reference value has been established on the three reference machines owned, maintained, and operated by NIST in Boulder, CO.

A2.4.2 The verified range of a Charpy impact machine is described with reference to the lowest and highest energy specimens tested on the machine. These values are determined from tests on sets of verification specimens at two or more levels of absorbed energy, except in the case where a Charpy machine has a maximum capacity that is too low for two energy levels to be tested. In this case, one level of absorbed energy can be used for indirect verification.

A2.4.3 Determine the usable range of the impact testing machine prior to testing verification specimens. The usable range of an impact machine is dependent upon the resolution of the scale or readout device at the low end and the capacity of the machine at the high end.

A2.4.3.1 The resolution of the scale or readout device establishes the lower limit of the usable range for the machine. The lower limit is equal to 25 times the resolution of the scale or readout device at 15 J (11 ft-lbf).

NOTE A2.5—On analog scales, the resolution is the smallest change in energy that can be discerned on the scale. This is usually 1/4 to 1/5 of the difference between 2 adjacent marks on the scale at the 15 J (11 ft-lbf) energy level.

NOTE A2.6—Digital readouts usually incorporate devices, such as digital encoders, with a fixed discrete angular resolution. The resolution of these types of readout devices is the smallest change in energy that can be consistently measured at 15 J. The resolution of these types of devices is

⁷ Some sources for verification specimens maybe listed in the ASTM International Equipment Directory, www.astm.org.

usually not a change in the last digit shown on the display because resolution is a function of the angular position of the pendulum and changes throughout the swing. For devices which incorporate a verification mode in which a live readout of absorbed energy is available, the pendulum may be moved slowly in the area of 15 J to observe the smallest change in the readout device (the resolution).

A2.4.3.2 The upper limit of the usable range of the machine is equal to 80 % of the capacity of the machine.

A2.4.4 Only verification specimens that are within the usable range of the impact machine shall be tested. To verify the machine over its full usable range, test the lowest and highest energy levels of verification specimens commercially available that are within the machines' usable range. If the ratio of the highest and lowest certified values tested is greater than four, testing of a third set of intermediate energy specimens is required (if the specimens are commercially available).

NOTE A2.7—Use the upper bound of the energy range given for the low, high, and super-high verification specimens (20, 136, and 245 J respectively) to determine the highest energy level verification specimens that can be tested. Alternately, use the lower bound of the energy range given for the verification specimens to determine the minimum energy level for testing.

A2.4.4.1 If the low energy verification specimens were not tested (tested only high and super-high), the lower limit of the verified range shall be one half the energy of the lowest energy verification set tested.

NOTE A2.8—For example, if the certified value of the high energy specimens tested was 100 J, the lower limit would be 50 J.

A2.4.4.2 If the highest energy verification specimens available for a given Charpy machine capacity have not been tested, the upper value of the verified range shall be 1.5 times the certified value of the highest energy specimens tested.

NOTE A2.9—For example, if the machine being tested has a maximum capacity of 325 J (240 ft-lbf) and only low and high energy verification specimens were tested, the upper bound of the verified range would be 150 J (100 J * 1.5 = 150 J), assuming that the high energy samples tested had a certified value of 100 J. To verify this machine over its full range, low, high, and super-high verification specimens would have to be tested, because super-high verification specimens can be tested on a machine with a 325 J capacity (80 % of 325 J is 260 J, and the certified value of super-high specimens never exceed 260 J). See Table A2.1.

TABLE A2.1 Verified Ranges for Various Machine Capacities and Verification Specimens Tested^A

Machine Capacity J	Resolution J	Usable Range J	Verification Specimens Tested			Verified Range J
			Low	High	Super-high	
80	0.10	2.5 to 64	X	...	...	2.5 to 64
160	0.20	5.0 to 128	X	X	...	5.0 to 128
325	0.25	6.25 to 260	X	X	X	6.25 to 260
400	0.30	7.5 to 320	...	X	X	50 to 320
400	0.15	3.75 to 320	X	X	...	3.75 to 150
400	0.15	3.75 to 320	X	X	X	3.75 to 320

^AIn these examples, the high energy verification specimens are assumed to have a certified value of 100 J.

ASTM E23 – 07a^{e1}

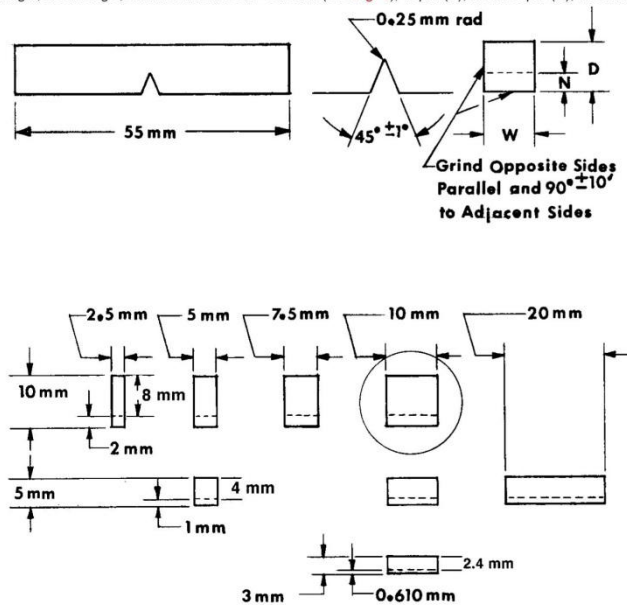
A3. ADDITIONAL IMPACT TEST SPECIMEN CONFIGURATIONS

A3.1 *Sub-Size Specimen*—When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimens shown in Figs. 1 and 2, smaller specimens may be used, but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (X1.3). When Charpy specimens other than the standard are necessary or specified, it is recommended that they be selected from Fig. A3.1.

A3.2 *Supplementary Specimens*—For economy in preparation of test specimens, special specimens of round or rectangular cross section are sometimes used for cantilever beam test.

These are shown as Specimens X, Y, and Z in Figs. A3.2 and A3.3. Specimen Z is sometimes called the Philpot specimen, after the name of the original designer. For hard materials, the machining of the flat surface struck by the pendulum is sometimes omitted. Types Y and Z require a different vise from that shown in Fig. A1.3, each half of the vise having a semi-cylindrical recess that closely fits the clamped portion of the specimen. As previously stated, the results cannot be reliably compared with those obtained using specimens of other sizes or shapes.

On sub-size specimens the length, notch angle, and notch radius are constant (see Fig. 1); depth (D), notch depth (N), and width (W) vary as indicated below.



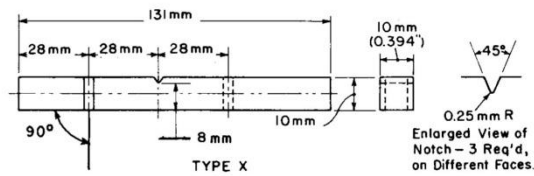
NOTE 1—Circled specimen is the standard specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—Permissible variations shall be as follows:

Cross-section dimensions	± 1 % or ± 0.075 mm, whichever is smaller
Radius of notch	± 0.025 mm
Ligament length	± 0.025 mm
Finish requirements	2 μm on notched surface and opposite face; 4 μm on other two surfaces

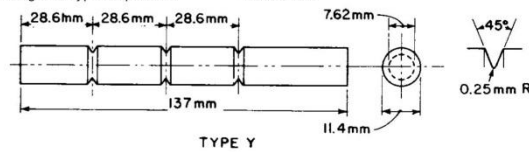
FIG. A3.1 Non-Standard Charpy (Simple-Beam) (Type A) Impact Test Specimens

ASTM E23 - 07a^{e1}



NOTE 1—Permissible variations for type X specimens shall be as follows:

Notch length to edge	$90 \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10 \text{ min}$
Ligament length of Type X specimen	$\pm 0.025 \text{ mm}$

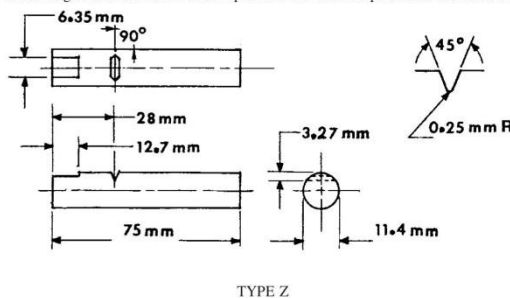


NOTE 2—Permissible variations for both specimens shall be as follows:

Cross-section dimensions	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Lengthwise dimensions	$+0, -2.5 \text{ mm}$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Notch diameter of Type Y specimen	$\pm 0.025 \text{ mm}$

FIG. A3.2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimens, Types X and Y

The flat shall be parallel to the longitudinal centerline of the specimen and shall be parallel to the bottom of the notch within 2:1000.



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to longitudinal centerline	$90 \pm 2^\circ$
Cross-section dimensions	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Length of specimen	$+0, -2.5 \text{ mm}$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Notch depth	$\pm 0.025 \text{ mm}$

FIG. A3.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen (Philpot), Type Z

ASTM E23 – 07a^{e1}

A4. PRECRACKING CHARPY V-NOTCH IMPACT SPECIMENS

A4.1 Scope

A4.1.1 This annex describes the procedure for the fatigue precracking of standard Charpy V-notch (CVN) impact specimens. The annex provides information on applications of precracked Charpy impact testing and fatigue-precracking procedures.

A4.2 Significance and Use

A4.2.1 Section 4 also applies to precracked Charpy V-notch impact specimens.

A4.2.2 It has been found that fatigue-precracked CVN specimens generally result in better correlations with other impact toughness tests such as Test Method E604 and with fracture toughness tests such as Test Method E399 than the standard V-notch specimens (3,4,5,6,7,8). Also, the sharper notch yields more conservative estimations of the notched impact toughness and the transition temperature of the material (9,10).

A4.3 Apparatus

A4.3.1 The equipment for fatigue cracking shall be such that the stress distribution is symmetrical through the specimen thickness; otherwise, the crack will not grow uniformly. The

stress distribution shall also be symmetrical about the plane of the prospective crack; otherwise the crack will deviate unduly from that plane and the test result will be significantly affected.

A4.3.2 The recommended fixture to be used is shown in Fig. A4.1. The nominal span between support rollers shall be $4D \pm 0.2D$, where D is the depth of the specimen. The diameter of the rollers shall be between $D/2$ and D . The radius of the ram shall be between $D/8$ and D . This fixture is designed to minimize frictional effects by allowing the support rollers to rotate and move apart slightly as the specimen is loaded, thus permitting rolling contact. The rollers are initially positioned against stops that set the span length and are held in place by low-tension springs (such as rubber bands). Fixtures, rolls, and ram should be made of high hardness (greater than 40 HRC) steels.

A4.4 Test Specimens

A4.4.1 The dimensions of the precracked Charpy specimen are essentially those of type-A shown in Fig. 1. The notch depth plus the fatigue crack extension length shall be designated as N as shown in Fig. A4.2. When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimen, smaller specimens may be made by reducing the

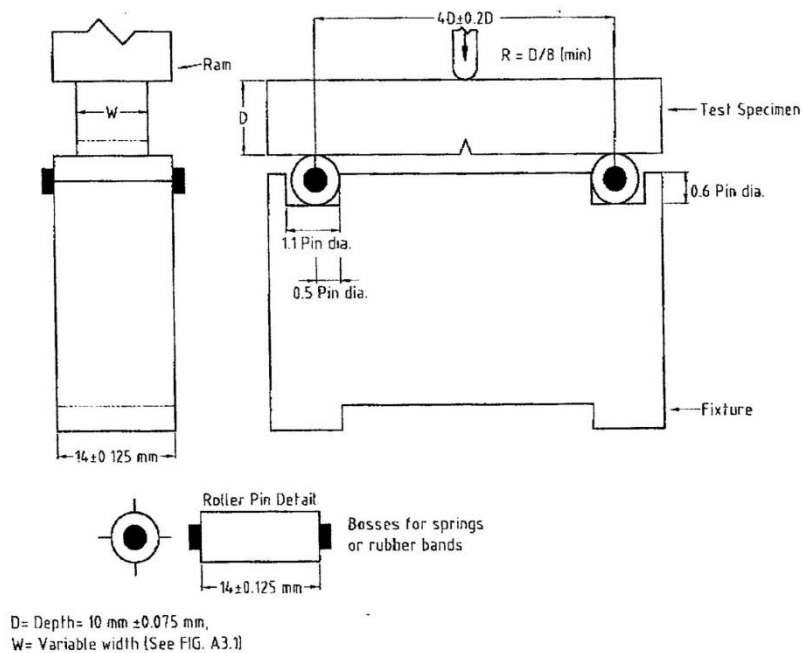


FIG. A4.1 Fatigue Precracking-Fixture Design

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011 19
Downloaded/printed by
Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

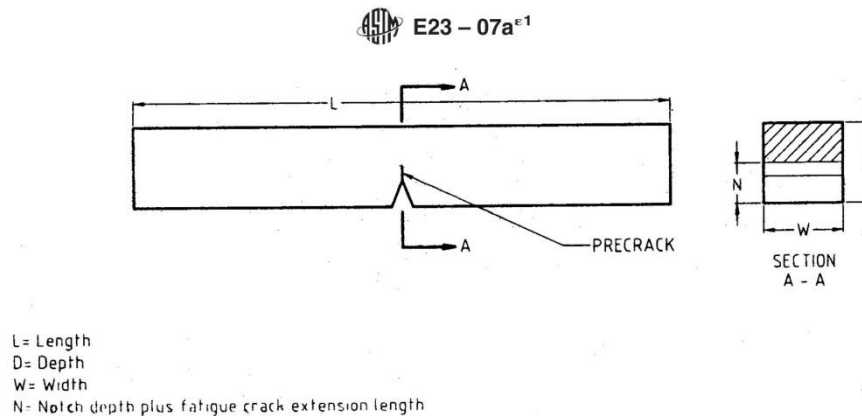


FIG. A4.2 Charpy (Simple-Beam, type A) Impact Test Specimen

width; but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (see X1.3).

A4.4.2 The fatigue precracking is to be done with the material in the same heat-treated condition as that in which it will be impact tested. No intermediate treatments between fatigue precracking and testing are allowed.

A4.4.3 Because of the relatively blunt machined V-notch in the Charpy impact specimen, fatigue crack initiation can be difficult. Early crack initiation can be promoted by pressing or milling a sharper radius into the V-notch. Care must be taken to ensure that excessive deformation at the crack tip is avoided.

A4.4.4 It is advisable to mark two pencil lines on each side of the specimen normal to the anticipated paths of the surface traces of the fatigue crack. The first line should indicate the point at which approximately two-thirds of the crack extension has been accomplished. At this point, the stress intensity applied to the specimen should be reduced. The second line should indicate the point of maximum crack extension. At this point, fatigue precracking should be terminated.

A4.5 Fatigue Precracking Procedure


A4.5.1 Set up the test fixture so that the line of action of the applied load shall pass midway between the support roll center within 1 mm. Measure the span to within 1 % of the nominal length. Locate the specimen with the crack tip midway between the rolls within 1 mm of the span, and square to the roll axes within 2°.

A4.5.2 Select the initial loads used during precracking so that the remaining ligament remains undamaged by excessive plasticity. If the load cycle is maintained constant, the maximum K (stress intensity) and the K range will increase with crack length; care must be taken to ensure that the maximum K value is not exceeded to prevent excessive plastic deformation at the crack tip. This is done by continually shedding the load as the fatigue crack extends. The maximum load to be used at any instant can be calculated from Eq A4.1 and A4.2 while the minimum load should be kept at 10 % of the maximum. Eq A4.1 relates the maximum load to a stress intensity (K) value

for the material that will ensure an acceptable plastic-zone size at the crack tip. It is also advisable to check this maximum load to ensure that it is below the limit load for the material using Eq A4.2. When the most advanced crack trace has almost reached the first scribed line corresponding to approximately two-thirds of the final crack length, reduce the maximum load so that $0.6 K_{max}$ is not exceeded.

A4.5.3 Fatigue cycling is begun, usually with a sinusoidal waveform and near to the highest practical frequency. There is no known marked frequency effect on fatigue precrack formation up to at least 100 Hz in the absence of adverse environments; however, frequencies of 15 to 30 Hz are typically used. Carefully monitor the crack growth optically. A low-power magnifying glass is useful in this regard. If crack growth is not observed on one side when appreciable growth is observed on the first, stop fatigue cycling to determine the cause and remedy for the behavior. Simply turning the specimen around in relation to the fixture will often solve the problem. When the most advanced crack trace has reached the halfway mark, turn the specimen around in relation to the fixture and complete the fatigue cycling. Continue fatigue cycling until the surface traces on both sides of the specimen indicate that the desired overall length of notch plus crack is reached. The fatigue crack should extend at least 1 mm beyond the tip of the V-notch but no more than 3 mm. A fatigue crack extension of approximately 2 mm is recommended.

A4.5.4 When fatigue cracking is conducted at a temperature T_1 and testing will be conducted at a different temperature T_2 , and $T_1 > T_2$, the maximum stress intensity must not exceed 60 % of the K_{max} of the material at temperature T_1 multiplied by the ratio of the yield stresses of the material at the temperatures T_1 and T_2 , respectively. Control of the plastic-zone size during fatigue cracking is important when the fatigue cracking is done at room temperature and the test is conducted at lower temperatures. In this case, the maximum stress intensity at room temperature must be kept to low values so that the plastic-zone size corresponding to the maximum stress intensity at low temperatures is smaller.

 E23 – 07a^{e1}

A4.6 Calculation

A4.6.1 Specimens shall be precracked in fatigue at load values that will not exceed a maximum stress intensity, K_{max} , or three-point bend specimens use:

$$P_{max} = [K_{max} * W * D^{3/2}] / [S * f(N/D)] \quad (A4.1)$$

where:

- P_{max} = maximum load to be applied during precracking,
- K_{max} = maximum stress intensity = $\sigma_{ys} * (2 * \pi * r_y)^{1/2}$,
where r_y = is the radius of the induced plastic zone size which should be less than or equal to 0.5 mm,
- D = specimen depth,
- W = specimen width,
- S = span, and
- $f(N/D)$ = geometrical factor (see Table A4.1).

A4.6.2 See the appropriate section of Test Method E399 for the $f(N/D)$ calculation. Table A4.1 contains calculated values for $f(N/D)$ for CVN precracking. Eq A4.2 should be used to ensure that the loads used in fatigue cracking are well below the calculated limit load for the material.

$$P_L = (4/3) * [D * (D - N)^2 * \sigma_{ys}] / S \quad (A4.2)$$

where:

- P_L = limit load for the material.

A4.7 Crack Length Measurement

A4.7.1 After fracture, measure the initial notch plus fatigue crack length, N , to the nearest 1 % at the following three positions: at the center of the crack front and midway between the center and the intersection of the crack front with the specimen surfaces. Use the average of these three measurements as the crack length.

A4.7.2 If the difference between any two of the crack length measurements exceeds 10 % of the average, or if part of the crack front is closer to the machine notch root than 5 % of the average, the specimen should be discarded. Also, if the length of either surface trace of the crack is less than 80 % of the average crack length, the specimen should be discarded.

A4.8 Report

A4.8.1 Report the following information for each specimen tested: type of specimen used (and size if not the standard size),

TABLE A4.1 Calculations of f(N/D)

N (mm)	D (mm)	N/D	f(N/D)
2.00	10.00	0.20	1.17
2.10	10.00	0.21	1.21
2.20	10.00	0.22	1.24
2.30	10.00	0.23	1.27
2.40	10.00	0.24	1.31
2.50	10.00	0.25	1.34
2.60	10.00	0.26	1.37
2.70	10.00	0.27	1.41
2.80	10.00	0.28	1.45
2.90	10.00	0.29	1.48
3.00	10.00	0.30	1.52
3.10	10.00	0.31	1.56
3.20	10.00	0.32	1.60
3.30	10.00	0.33	1.64
3.40	10.00	0.34	1.69
3.50	10.00	0.35	1.73
3.60	10.00	0.36	1.78
3.70	10.00	0.37	1.83
3.80	10.00	0.38	1.88
3.90	10.00	0.39	1.93
4.00	10.00	0.40	1.98
4.10	10.00	0.41	2.04
4.20	10.00	0.42	2.10
4.30	10.00	0.43	2.16
4.40	10.00	0.44	2.22
4.50	10.00	0.45	2.29
4.60	10.00	0.46	2.35
4.70	10.00	0.47	2.43
4.80	10.00	0.48	2.50
4.90	10.00	0.49	2.58
5.00	10.00	0.50	2.66

test temperatures, and energy absorption. Report the average precrack length in addition to these Test Method E23 requirements.

A4.8.2 The following information may be provided as supplementary information: lateral expansion, fracture appearance, and also, it would probably be useful to report energy absorption normalized in some manner.

A5. SPECIMEN ORIENTATION

A5.1 Designation of Specimen Axis:

A5.1.1 The L-axis is coincident with the main direction of grain flow due to processing. This axis is usually referred to as the longitudinal direction (see Fig. A5.1, Fig. A5.2, and Fig. A5.3).

A5.1.2 The S-axis is coincident with the direction of the main working force. This axis is usually referred to as the short-transverse-direction.

A5.1.3 The T-axis is normal to the L- and S-axes. This axis is usually referred to as the transverse direction.

A5.1.4 Specimens parallel to the surface of wrought products, processed with the same degree of homogenous deformation along the L- and T axes may be called T specimens.

A5.1.5 Specimens normal to the uniform grain flow of wrought products (or grain growth in cast products), whose grain flow is exclusively in one direction, so that T- and S specimens are equivalent, may be called S specimens.

A5.2 Designation of Notch Orientation:

ASTM E23 – 07a^{e1}

A5.2.1 The notch orientation is designated by the direction in which fracture propagates. This letter is separated from the specimen-axis designation by a hyphen. In unique cases (Fig. A5.3), when fracture propagates across two planes, two letters are required to designate notch orientation.

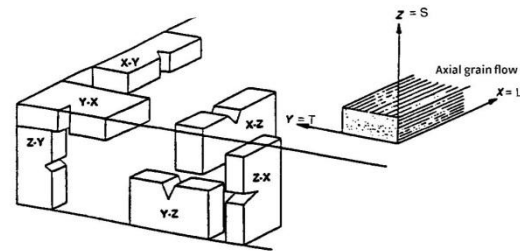


FIG. A5.1 Fracture Planes Along Principal Axes

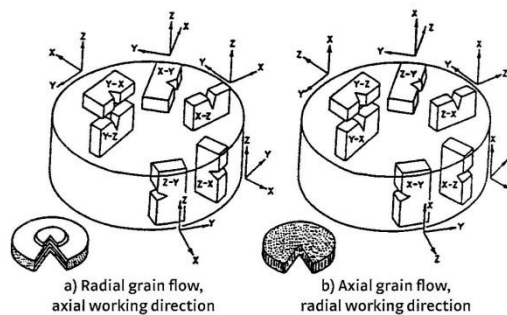


FIG. A5.2 Fracture Planes—Cylindrical Sections

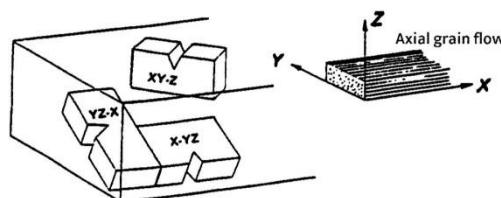



FIG. A5.3 Fracture Planes not Along Principal Axes

A6. DETERMINATION OF THE PROPORTION OF SHEAR FRACTURE SURFACE

A6.1 These fracture-appearance methods are based on the concept that 100% shear (ductile) fracture occurs above the transition-temperature range and cleavage (brittle) fracture occurs below the range. This concept appears to be appropriate, at least for body-centered-cubic iron-based alloys that undergo a distinct ductile to brittle transition, but interpretation is complicated in materials that exhibit mixed mode fracture during unstable crack growth. In the transition-temperature

range, fracture is initiated at the root of the notch by fibrous tearing. A short distance from the notch, unstable crack growth occurs as the fracture mechanism changes to cleavage or mixed mode mechanism, which often results in distinct radial markings in the central portion of the specimen (indicative of fast, unstable fracture). After several microseconds the unstable crack growth arrests. Final fracture occurs at the remaining ligament and at the sides of the specimen in a ductile manner.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011
Downloaded/printed by
Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

 E23 – 07a^{e1}

As shear-lips are formed at the sides of the specimen, the plastic hinge at the remaining ligament ruptures. In the ideal case, a “picture frame” of fibrous (ductile) fracture surrounds a relatively flat area of cleavage (brittle) fracture.

The five methods used below may be used to determine the percentage of ductile fracture on the surface of impact specimens. It is recommended that the user qualitatively characterize the fracture mode of the flat fracture zone, and provide a description of how the shear measurements were made. The accuracy of the methods are grouped in order of increasing precision. In the case where a specimen does not separate into two halves during the impact test and the fracture occurs without any evidence of cleavage (brittle) fracture, the percent shear fracture can be considered to be 100% and the specimen should be reported as unbroken.

NOTE A6.1—Round robin data (five U.S. companies, 1990) estimates of the percent shear for five quenched and tempered 8219 steels and four microalloyed 1040 steels indicated the following: (1) results using method A6.1.1 systematically underestimated the percent shear (compared with

method A6.1.4), (2) the error using method A6.1.2 was random and, (3) The typical variation in independent measurements using method A6.1.4 was on the order of 5 to 10 % for microalloyed 1040 steels.

A6.1.1 Measure the length and width of the flat fracture region of the fracture surface, as shown in Fig. 10, and determine the percent shear from either Table A6.1 or Table A6.2 depending on the units of measurement.

A6.1.2 Compare the appearance of the fracture of the specimen with a fracture appearance chart such as that shown in Fig. A6.1.

A6.1.3 Magnify the fracture surface and compare it to a precalibrated overlay chart or measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

A6.1.4 Photograph the fracture surface at a suitable magnification and measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

A6.1.5 Capture a digital image of the fracture surface and measure the percent shear fracture using image analysis software.

TABLE A6.1 Percent Shear for Measurements Made in Millimetres

NOTE 1—100 % shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

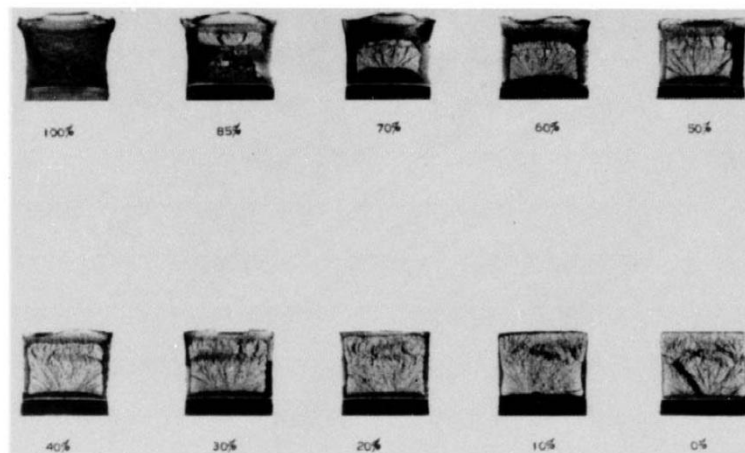
Dimension <i>B</i> , mm	Dimension <i>A</i> , mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

E23 – 07a^{e1}

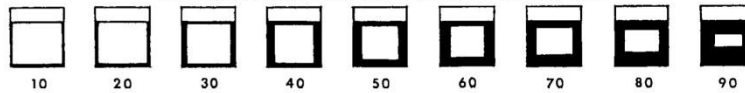
TABLE A6.2 Percent Shear for Measurements Made in Inches

NOTE 1—100 % shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , in.	Dimension <i>A</i> , in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0



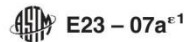
(a) Fracture Appearance Charts and Percent Shear Fracture Comparator



(b) Guide for Estimating Fracture Appearance

FIG. A6.1 Fracture Appearance

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Jun 2 12:30:03 EDT 2011 24
 Downloaded/printed by
 Universidade de Sao Paulo pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.



E23 – 07a^{e1}

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

XI. NOTES ON SIGNIFICANCE OF NOTCHED-BAR IMPACT TESTING

X1.1 Notch Behavior:

X1.1.1 The Charpy V-notch (CVN) impact test has been used extensively in mechanical testing of steel products, in research, and in procurement specifications for over three decades. Where correlations with fracture mechanics parameters are available, it is possible to specify CVN toughness values that would ensure elastic-plastic or plastic behavior for fracture of fatigue cracked specimens subjected to minimum operating temperatures and maximum in service rates of loading.

X1.1.2 The notch behavior of the face-centered cubic metals and alloys, a large group of nonferrous materials and the austenitic steels can be judged from their common tensile properties. If they are brittle in tension, they will be brittle when notched, while if they are ductile in tension they will be ductile when notched, except for unusually sharp or deep notches (much more severe than the standard Charpy or Izod specimens). Even low temperatures do not alter this characteristic of these materials. In contrast, the behavior of the ferritic steels under notch conditions cannot be predicted from their properties as revealed by the tension test. For the study of these materials the Charpy and Izod type tests are accordingly very useful. Some metals that display normal ductility in the tension test may nevertheless break in brittle fashion when tested or when used in the notched condition. Notched conditions include constraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, or multi axial stresses, and stress concentrations. It is in this field that the Charpy and Izod tests prove useful for determining the susceptibility of a steel to notch-brittle behavior though they cannot be directly used to appraise the serviceability of a structure.

X1.2 Notch Effect:

X1.2.1 The notch results in a combination of multi axial stresses associated with restraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, and a stress concentration at the base of the notch. A severely notched condition is generally not desirable, and it becomes of real concern in those cases in

which it initiates a sudden and complete failure of the brittle type. Some metals can be deformed in a ductile manner even down to very low temperatures, while others may crack. This difference in behavior can be best understood by considering the cohesive strength of a material (or the property that holds it together) and its relation to the yield point. In cases of brittle fracture, the cohesive strength is exceeded before significant plastic deformation occurs and the fracture appears crystalline. In cases of the ductile or shear type of failure, considerable deformation precedes the final fracture and the broken surface appears fibrous instead of crystalline. In intermediate cases, the fracture comes after a moderate amount of deformation and is part crystalline and part fibrous in appearance.

X1.2.2 When a notched bar is loaded, there is a normal stress across the base of the notch which tends to initiate fracture. The property that keeps it from cleaving, or holds it together, is the "cohesive strength". The bar fractures when the normal stress exceeds the cohesive strength. When this occurs without the bar deforming it is the condition for brittle fracture.

X1.2.3 In testing, though not in service because of side effects, it happens more commonly that plastic deformation precedes fracture. In addition to the normal stress, the applied load also sets up shear stresses which are about 45° to the normal stress. The elastic behavior terminates as soon as the shear stress exceeds the shear strength of the material and deformation or plastic yielding sets in. This is the condition for ductile failure.


X1.2.4 This behavior, whether brittle or ductile, depends on whether the normal stress exceeds the cohesive strength before the shear stress exceeds the shear strength. Several important facts of notch behavior follow from this. If the notch is made sharper or more drastic, the normal stress at the root of the notch will be increased in relation to the shear stress and the bar will be more prone to brittle fracture (see Table X1.1). Also, as the speed of deformation increases, the shear strength increases and the likelihood of brittle fracture increases. On the other hand, by raising the temperature, leaving the notch and

TABLE X1.1 Effect of Varying Notch Dimensions on Standard Specimens

	High-Energy Specimens, J (ft.lbf)	Medium-Energy Specimens, J (ft.lbf)	Low-Energy Specimens, J (ft.lbf)
Specimen with standard dimensions	103.0 ± 5.2 (76.0 ± 3.8)	60.3 ± 3.0 (44.5 ± 2.2)	16.9 ± 1.4 (12.5 ± 1.0)
Depth of notch, 2.13 mm (0.084 in.) ^A	97.9 (72.2)	56.0 (41.3)	15.5 (11.4)
Depth of notch, 2.04 mm (0.0805 in.) ^A	101.8 (75.1)	57.2 (42.2)	16.8 (12.4)
Depth of notch, 1.97 mm (0.0775 in.) ^A	104.1 (76.8)	61.4 (45.3)	17.2 (12.7)
Depth of notch, 1.88 mm (0.074 in.) ^A	107.9 (79.6)	62.4 (46.0)	17.4 (12.8)
Radius at base of notch 0.13 mm (0.005 in.) ^B	98.0 (72.3)	56.5 (41.7)	14.6 (10.8)
Radius at base of notch 0.38 mm (0.015 in.) ^B	108.5 (80.0)	64.3 (47.4)	21.4 (15.8)

^AStandard 2.0 ± 0.025 mm (0.079 ± 0.001 in.).

^BStandard 0.25 ± 0.025 mm (0.010 ± 0.001 in.).

 E23 – 07a^{e1}

the speed of deformation the same, the shear strength is lowered and ductile behavior is promoted, leading to shear failure.

X1.2.5 Variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests. Tests on E4340 steel specimens⁵ have shown the effect of dimensional variations on Charpy results (see Table X1.1).

X1.3 *Size Effect:*

X1.3.1 Increasing either the width or the depth of the specimen tends to increase the volume of metal subject to distortion, and by this factor tends to increase the energy absorption when breaking the specimen. However, any increase in size, particularly in width, also tends to increase the degree of constraint and by tending to induce brittle fracture, may decrease the amount of energy absorbed. Where a standard-size specimen is on the verge of brittle fracture, this is particularly true, and a double width specimen may actually require less energy for rupture than one of standard width.

X1.3.2 In studies of such effects where the size of the material precludes the use of the standard specimen, for example when the material is 6.35-mm (0.25-in.) plate, subsize specimens are used. Such specimens (Fig. A3.1) are based on the Type A specimen of Fig. 1.

X1.3.3 General correlation between the energy values obtained with specimens of different size or shape is not feasible, but limited correlations may be established for specification purposes on the basis of special studies of particular materials and particular specimens. On the other hand, in a study of the relative effect of process variations, evaluation by use of some arbitrarily selected specimen with some chosen notch will in most instances place the methods in their proper order.

X1.4 *Temperature Effect:*

X1.4.1 The testing conditions also affect the notch behavior. So pronounced is the effect of temperature on the behavior of steel when notched that comparisons are frequently made by examining specimen fractures and by plotting energy value and fracture appearance versus temperature from tests of notched bars at a series of temperatures. When the test temperature has been carried low enough to start cleavage fracture, there may be an extremely sharp drop in absorbed energy or there may be a relatively gradual falling off toward the lower temperatures. This drop in energy value starts when a specimen begins to exhibit some crystalline appearance in the fracture. The transition temperature at which this embrittling effect takes place varies considerably with the size of the part or test specimen and with the notch geometry.

X1.5 *Testing Machine:*

X1.5.1 The testing machine itself must be sufficiently rigid or tests on high-strength low-energy materials will result in excessive elastic energy losses either upward through the pendulum shaft or downward through the base of the machine.

If the anvil supports, the striker, or the machine foundation bolts are not securely fastened, tests on ductile materials in the range from 108 J (80 ft-lbf) may actually indicate values in excess of 122 to 136 J (90 to 100 ft-lbf)

X1.5.2 A problem peculiar to Charpy-type tests occurs when high-strength, low-energy specimens are tested at low temperatures. These specimens may not leave the machine in the direction of the pendulum swing but rather in a sidewise direction. To ensure that the broken halves of the specimens do not rebound off some component of the machine and contact the pendulum before it completes its swing, modifications may be necessary in older model machines. These modifications differ with machine design. Nevertheless the basic problem is the same in that provisions must be made to prevent rebounding of the fractured specimens into any part of the swinging pendulum. Where design permits, the broken specimens may be deflected out of the sides of the machine and yet in other designs it may be necessary to contain the broken specimens within a certain area until the pendulum passes through the anvils. Some low-energy high-strength steel specimens leave impact machines at speeds in excess of 15.2 m/s (50 ft/s) although they were struck by a pendulum traveling at speeds approximately 5.2 m/s (17 ft/s). If the force exerted on the pendulum by the broken specimens is sufficient, the pendulum will slow down and erroneously high energy values will result. This problem accounts for many of the inconsistencies in Charpy results reported by various investigators within the 14 to 34 J (10 to 25 ft-lb) range. Figure A1.1 illustrates a modification found to be satisfactory in minimizing jamming.

X1.6 *Velocity of Straining:*

X1.6.1 Velocity of straining is likewise a variable that affects the notch behavior of steel. The impact test shows somewhat higher energy absorption values than the static tests above the transition temperature and yet, in some instances, the reverse is true below the transition temperature.

X1.7 *Correlation with Service:*

X1.7.1 While Charpy or Izod tests may not directly predict the ductile or brittle behavior of steel as commonly used in large masses or as components of large structures, these tests can be used as acceptance tests or tests of identity for different lots of the same steel or in choosing between different steels, when correlation with reliable service behavior has been established. It may be necessary to make the tests at properly chosen temperatures other than room temperature. In this, the service temperature or the transition temperature of full-scale specimens does not give the desired transition temperatures for Charpy or Izod tests since the size and notch geometry may be so different. Chemical analysis, tension, and hardness tests may not indicate the influence of some of the important processing factors that affect susceptibility to brittle fracture nor do they comprehend the effect of low temperatures in inducing brittle behavior.

E23 – 07a^{e1}

X2. SUGGESTED METHODS OF MEASUREMENT

X2.1 Position of the Center of Strike Relative to the Center of Gravity:

X2.1.1 Since the center of strike can only be marked on an assembled machine, only the methods applicable to an assembled machine are described as follows:

X2.1.1.1 The fundamental fact on which all the methods are based is that when the friction forces are negligible, the center of gravity is vertically below the axis of rotation of a pendulum supported by the bearings only, (herein referred to as a free hanging pendulum). Paragraph A1.3 limits the friction forces in impact machines to a negligible value. The required measurements may be made using specialized instruments such as transits, clinometers, or cathometers. However, simple instruments have been used as described in the following to make measurements of sufficient accuracy.

X2.1.1.2 Suspend a plumb bob from the frame. The plumb line should appear visually to be in the plane of swing of the striking edge.

X2.1.1.3 Place a massive object on the base close to the latch side of the pendulum. Adjust the position of this object so that when back lighted, a minimal gap is visible between it and the pendulum. (See Fig. X2.1.)

X2.1.1.4 With a scale or depth gage pressed lightly against the striking edge at the center of strike, measure the horizontal distance between the plumb line and striking edge. (The dimension B in Fig. X2.1.)

X2.1.1.5 Similarly, measure the distance in a horizontal plane through the axis of rotation from the plumb line to the clamp block or enlarged end of the pendulum stem. (Dimension A in Fig. X2.1.)

X2.1.1.6 Use a depth gage to measure the radial distance from the surface contacted in measuring A to a machined surface of the shaft which connects the pendulum to the bearings in the machine frame. (Dimension C in Fig. X2.1.)

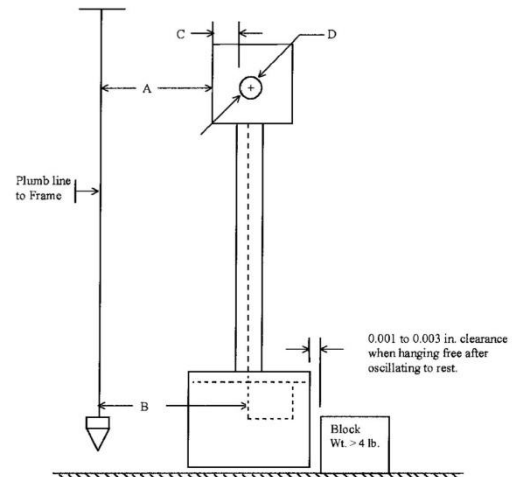


FIG. X2.1 Measurement of Deviation of Center of Strike from Vertical Plane through Axis of Rotation when Pendulum is Hanging Free

X2.1.1.7 Use an outside caliper or micrometer to measure the diameter of the shaft at the same location contacted in measuring C. (Dimension D in Fig. X2.1.)

X2.1.1.8 Substitute the measured dimensions in the equation

$$X = A + C + D/2 - B \quad (X2.1)$$

where:

X = deviation of the center of strike from a line from the center of rotation through the center of gravity.

X3. INSTRUCTIONS FOR TESTING NON-STANDARD SPECIMENS

X3.1 When testing non-standard size specimens (see Fig. A3.1), the specimen support height should be changed to ensure that the center of strike is maintained (see A2.3.4 and A2.3.7 for instructions). To comply with this change, new specimen supports can be manufactured or shims may be added to the specimen supports in a secure manner so that they do not interfere with the test.

X3.2 In order to maintain the center of strike requirements, the following procedure should be used when testing a non-standard specimen. The height of the specimen supports should be changed to ensure that the centerline of the non-standard

specimen will coincide with the centerline of the standard specimen. Higher specimen supports should be used when testing a sub-size specimen and lower specimen supports should be used when testing an oversized specimen.

X3.3 Determine the nominal height of the non-standard specimen. When testing sub-size specimens, subtract this value from the standard height specimens (10 mm). Divide this value by two. This amount shall be added to the standard specimen support height. For oversize specimens, the result of the subtraction is a negative number. Therefore, the thickness of the supports shall be reduced by the amount calculated.

 E23 – 07a^{e1}

REFERENCES

- (1) Nanstad, R. K., Swain, R. L. and Berggren, R. G., "Influence of Thermal Conditioning Media on Charpy Specimen Test Temperature," *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, ASTM, 1990.
- (2) Tobler R. L. Et al., "Charpy Impact Tests Near Absolute Zero," *Journal of Testing and Evaluation*, Vol 19, 1 1992.
- (3) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and Tetelman, A. S., "Radiation Effects on the Metallurgical Fracture Parameters and Fracture Toughness of Pressure Vessel Steels," *Irradiation Effects on Structural Alloys for Nuclear Reactor Applications, ASTM STP 484*, ASTM, 1970, pp. 20-41.
- (4) Sovak, J. F., "Correlation of Data from Standard and Precracked Charpy Specimens with Fracture Toughness Data for HY-130, A517-F, and HY-80 Steel," *Journal of Testing and Evaluation*, JTEVA, Vol 10, No. 3, May 1982, pp. 102-114.
- (5) Succop, G. and Brown, W. F., Jr., "Estimation of K_{Ic} from Slow Bend Precracked Charpy Specimen Strength Ratios," *Developments in Fracture Mechanics Test Methods Standardization, ASTM STP 632*, W. F. Brown, Jr., and J. G. Kaufman, Eds., ASTM, 1977, pp. 179-192.
- (6) Tauscher, S., "The Correlation of Fracture Toughness with Charpy V-notch Impact Test Data," Army Armament Research and Development Command, Technical Report ARLCB-TR-81012, 1981.
- (7) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and A. S. Tetelman, "Use of the Precracked Charpy Specimen in Fracture Toughness Testing," *Fracture Prevention and Control*, pp. 255-282.
- (8) Barsom, J. M. and Rolfe, S. T., "Correlations Between K_{Ic} and Charpy V-notch Test Results in the Transition-Temperature Range," *Impact Testing of Metals, ASTM STP 466*, ASTM, 1970, pp. 281-302.
- (9) Mikalac, S., Vassilaros, M. G., and H. C. Rogers, "Precracking and Strain Rate Effects on HSLA-100 Steel Charpy Specimens," *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, J. M. Holt, Ed., ASTM, 1990.
- (10) Sharkey, R. L. and Stone, D. H., "A Comparison of Charpy V-notch, Dynamic Tear, and Precracked Charpy Impact Transition-Temperature Curves for AAR Grades of Cast Steel."

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

ANEXO N°7: NORMA ASTM E 18.



Designation: E 18 – 03^{ε1}

An American National Standard

Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials^{1,2}

This standard is issued under the fixed designation E 18; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{ε1} NOTE—Table 15 was editorially revised in June 2004.

1. Scope*

1.1 These test methods cover the determination of the Rockwell hardness and the Rockwell superficial hardness of metallic materials, including test methods for the verification of machines for Rockwell hardness testing (Part B) and the calibration of standardized hardness test blocks (Part C).

1.2 Values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. SI units are provided for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* (See Note 6.)

NOTE 1—The National Institute of Standards and Technology (NIST) maintains the national Rockwell hardness standards for the United States. In June 1998, NIST released new Rockwell C scale (HRC) test blocks as Standard Reference Materials (SRMs). The blocks were calibrated using NIST's primary reference standardizing machine. The major benefit of the NIST standards is that their HRC levels are in line with the other industrialized countries around the world. The NIST HRC levels establish the hardness of materials slightly harder than the historical standards used in the United States for the past 75 years. The revision of E 18 requires that all performance verifications of Rockwell hardness indenters and hardness machines must be made using test blocks calibrated traceable to the Rockwell standards maintained by NIST. This can be accomplished through the use of commercial test blocks calibrated traceable to the NIST standards or by directly using the NIST SRMs. This requirement will apply only to the Rockwell scale(s) for which NIST supplies primary reference test blocks

NOTE 2—In previous editions of this standard, ball indenters were required to be of hard steel. Beginning with this edition, tungsten-carbide balls are also allowed. This change is a first step in a planned future transition to eliminate steel balls and allow only the use of tungsten carbide balls. The elimination of steel ball indenters is scheduled to occur

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.06 on Indentation Hardness Testing.

Current edition approved June 10, 2003. Published August 2003. Originally approved in 1932. Last previous edition approved in 2002 as E 18 – 02.

² In this test method, the term Rockwell refers to an internationally recognized type of indentation hardness test as defined in Section 3, and not to the hardness testing equipment of a particular manufacturer.

in about two years. The use of tungsten carbide balls will provide an improvement to the Rockwell hardness test because of the tendency of steel balls to flatten with use, which results in an erroneously elevated hardness value. In addition, NIST is planning to standardize the HRB scale using tungsten-carbide balls. As a result of this change, this edition also requires that when a ball indenter is used, the Rockwell hardness value must be reported with the scale designation followed by the letter "S" to indicate the use of a steel ball or the letter "W" to indicate the use of a tungsten carbide ball. The user is cautioned that Rockwell hardness tests comparing the use of steel and tungsten carbide balls have been shown to give different results. For example, depending on the material tested and its hardness level, Rockwell B scale tests using a tungsten carbide ball indenter have given results up to one Rockwell point lower than when a steel ball indenter is used.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³
- B 19 Specification for Cartridge Brass Sheet, Strip, Plate, Bar, and Disks (Blanks)⁴
- B 36/B36 M Specification for Brass Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar⁴
- B 96 Specification for Copper-Silicon Alloy Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar for General Purposes and Pressure Vessels⁴
- B 97 Specification for Copper-Silicon Alloy Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar for General Purposes⁵
- B 103/B 103 M Specification for Phosphor Bronze Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar⁴
- B 121/B 121 M Specification for Leaded Brass Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar⁴
- B 122/B 122 M Specification for Copper-Nickel-Tin Alloy, Copper-Nickel-Zinc Alloy (Nickel Silver), and Copper-Nickel Alloy Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar⁴
- B 130 Specification for Commercial Bronze Strip for Bullet Jackets⁴
- B 134 Specification for Brass Wire⁴

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.01.

⁵ Discontinued, see 1981 Annual Book of ASTM Standards, Part 6.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

ASTM E 18 – 03^{ε1}

- B 152 Specification for Copper Sheet, Strip, Plate, and Rolled Bar⁴
- B 291 Specification for Copper-Zinc-Manganese Alloy (Manganese Brass) Sheet and Strip⁴
- B 370 Specification for Copper Sheet and Strip for Building Construction⁴
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁶
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁷
- E 140 Hardness Conversion Tables for Metals⁶

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *calibration*—determination of the values of the significant parameters by comparison with values indicated by a reference instrument or by a set of reference standards.

3.1.2 *Rockwell hardness number, HR*—a number derived from the net increase in the depth of indentation as the force on an indenter is increased from a specified preliminary test force to a specified total test force and then returned to the preliminary test force.

3.1.2.1 *Discussion—Indenters*—Indenters for the Rockwell hardness test include a diamond spheroconical indenter and ball indenters (steel or tungsten carbide) of several specified diameters.

3.1.2.2 *Discussion*—Rockwell hardness numbers are always quoted with a scale symbol representing the indenter and forces used. The hardness number is followed by the symbol HR and the scale designation. When a ball indenter is used, the scale designation is followed by the letter “S” to indicate the use of a steel ball or the letter “W” to indicate the use of a tungsten carbide ball.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

3.1.2.3 *Examples*—64 HRC = Rockwell hardness number of 64 on Rockwell C scale. 81 HR30N = Rockwell superficial hardness number of 81 on Rockwell 30N scale. 72 HRBW = Rockwell hardness number of 72 on the Rockwell B scale measured using a tungsten carbide ball indenter.

3.1.3 *Rockwell hardness test*—an indentation hardness test using a verified machine to force a diamond spheroconical indenter (diamond indenter), or a ball indenter (steel or tungsten carbide) under specified conditions, into the surface of the material under test in two operations, and to measure the difference in depth of the indentation under the specified conditions of preliminary and total test forces (minor and major loads, respectively).

3.1.4 *Rockwell superficial hardness test*—same as the Rockwell hardness test except that smaller preliminary and total test forces are used.

3.1.5 *verification*—checking or testing to assure conformance with the specification.

4. Significance and Use

4.1 The Rockwell hardness test is an empirical indentation hardness test. Rockwell hardness tests provide useful information about metallic materials. This information may correlate to tensile strength, wear resistance, ductility, and other physical characteristics of metallic materials, and may be useful in quality control and selection of materials.

4.2 Rockwell hardness testing at a specific location on a part may not represent the physical characteristics of the whole part or end product.

4.3 Rockwell hardness tests are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments, and have been used extensively in industry for this purpose.

4.4 Performance verifications of Rockwell hardness indenters and hardness machines shall be made using test blocks calibrated traceable to the Rockwell standards maintained by NIST when primary reference test blocks are available from NIST for the specific Rockwell scale.

A. GENERAL DESCRIPTION AND TEST PROCEDURE FOR ROCKWELL HARDNESS AND ROCKWELL SUPERFICIAL HARDNESS TESTS

5. Principles of Test and Apparatus

5.1 *General Principles*—The general principles of the Rockwell hardness test are illustrated in Fig. 1 (diamond indenter) and Fig. 2 (ball indenters) and the accompanying Table 1 and Table 2. In the case of the Rockwell superficial test the general principles are illustrated in Fig. 3 (diamond indenter) and Fig. 4 (ball indenter) and the accompanying Table 3 and Table 4.

5.1.1 See *Equipment Manufacturer’s Instruction Manual* for a description of the machine’s characteristics, limitations, and respective operating procedures. Typical applications of the various hardness scales are shown in Tables 5 and 6. Rockwell hardness values are usually determined and reported in accordance with one of these standard scales. An indenter is forced into the surface of a test piece in two steps under

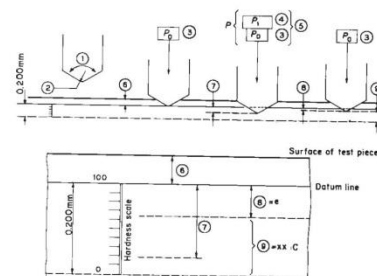


FIG. 1 Rockwell Hardness Test with Diamond Indenter (Rockwell C Example) (Table 1)

ASIM E 18 - 03^{ε1}

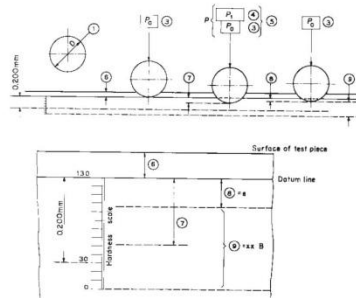


FIG. 2 Rockwell Hardness Test with Ball Indenter (Rockwell B Example) (Table 2)

TABLE 1 Symbols and Designations Associated with Fig. 3

Number	Symbol	Designation
1	...	Angle at the top of the diamond indenter (120°)
2	...	Radius of curvature at the tip of the cone (0.200 mm)
3	P_0	Preliminary Test Force = 10 kgf (98 N)
4	P_1	Additional Force = 140 kgf (1373 N)
5	P	Total Test Force = $P_0 + P_1 = 10 + 140 = 150$ kgf (1471 N)
6	...	Depth of penetration under preliminary test force before application of additional force
7	...	Increase in depth of penetration under additional force
8	e	Permanent increase in depth of penetration under preliminary test force after removal of additional force, the increase being expressed in units of 0.002 mm
9	xx HRC	Rockwell C hardness = $100 - e$

TABLE 2 Symbols and Designations Associated with Fig. 2

Number	Symbol	Designation
1	D	Diameter of ball = $1/16$ in. (1.588 mm)
3	P_0	Preliminary Test Force = 10 kgf (98 N)
4	P_1	Additional force = 90 kgf (883 N)
5	P	Total Test Force = $P_0 + P_1 = 10 + 90 = 100$ kgf (981 N)
6	...	Depth of penetration under preliminary test force before application of additional force
7	...	Increase in depth of penetration under additional force
8	e	Permanent increase in depth of penetration under preliminary test force after removal of the additional force, the increase being expressed in units of 0.002 mm
9	xx HRB	Rockwell B hardness = $130 - e$

specified conditions (see Section 7) and the difference in depth of indentation is measured as e .

5.1.2 The unit measurement for e is 0.002 mm and 0.001 mm for the Rockwell hardness test and Rockwell superficial hardness test, respectively. From the value of e , a number known as the Rockwell hardness is derived. There is no Rockwell hardness value designated by a number alone because it is necessary to indicate which indenter and force have been employed in making the test (see Table 5 and Table 6).

5.2 Description of Machine and Method of Test—The tester for making Rockwell hardness determinations is a machine that

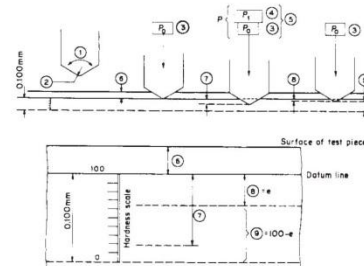


FIG. 3 Rockwell Superficial Hardness Test with Diamond Indenter (Rockwell 30N Example) (Table 3)

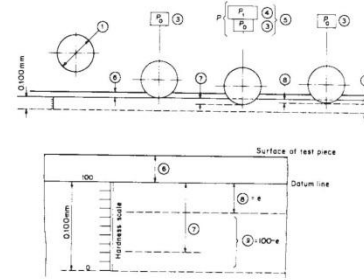


FIG. 4 Rockwell Superficial Hardness Test with Ball Indenter (Rockwell 30T Example) (Table 4)

TABLE 3 Symbols and Designations Associated with Fig. 3

Number	Symbol	Designation
1	...	Angle at the tip of the diamond indenter (120°)
2	...	Radius of curvature at the tip of the cone (0.200 mm)
3	P_0	Preliminary Test Force = 3 kgf (29 N)
4	P_1	Additional force = 27 kgf (265 N)
5	P	Total Test Force = $P_0 + P_1 = 3 + 27 = 30$ kgf (294 N)
6	...	Depth of penetration under preliminary test force before application of additional force
7	...	Increase in depth of penetration under additional force
8	e	Permanent increase in depth of penetration under preliminary test force after removal of additional force, the increase being expressed in units of 0.001 mm
9	xx HR30N	Rockwell 30N hardness = $100 - e$

measures hardness by determining the difference in penetration depths of an indenter under two specified forces, called preliminary and total test forces.

5.2.1 There are two general classifications of the Rockwell test: the Rockwell hardness test and the Rockwell superficial hardness test.

5.2.2 In the Rockwell hardness test the preliminary test force is 10 kgf (98 N). Total test forces are 60 kgf (589 N), 100 kgf (981 N) and 150 kgf (1471 N). In the Rockwell superficial hardness test the preliminary test force is 3 kgf (29 N) and total test forces are 15 kgf (147 N), 30 kgf (294 N), and 45 kgf (441 N). The indenter for either test shall be of a spheroconical or

ASTM E 18 – 03^{e1}

TABLE 4 Symbols and Designations Associated with Fig. 4

Number	Symbol	Designation
1	D	Diameter of ball = $\frac{1}{16}$ in. (1.588 mm)
3	P_0	Preliminary Test Force = 3 kgf (29 N)
4	P_1	Additional force = 27 kgf (265 N)
5	P	Total Test Force = $P_0 + P_1 = 3 + 27 = 30$ kgf (294 N)
6	...	Depth of penetration under preliminary test force before application of additional force
7	...	Increase in depth of penetration under additional force
8	e	Permanent increase in depth of penetration under preliminary test force after removal of the additional force, the increase being expressed in units of 0.001 mm
9	XXHR30T	Rockwell 30T hardness = 100-e

spherical configuration. Scales vary by a combination of total test force and type of indenter.

5.2.3 The difference in depth is normally measured by an electronic device or by a dial indicator. The hardness value, as read from the instrument, is an arbitrary number which is related to the difference in the depths produced by the two forces; and since the scales are reversed, the higher the number the harder the material.

5.2.4 In accordance with the operating procedures recommended by the manufacturer of the hardness tester, the test is started by applying the preliminary test force causing an initial penetration of the specimen. Since measurement of the difference in depth starts after the preliminary force has been applied, the dial gage pointer is set to zero if the instrument is a dial indicator model. On a digital readout instrument, the zero point is captured by the electronics automatically. The instrument shall be designed to eliminate the effect of impact in applying the preliminary test force.

5.2.5 The additional force is applied for the required dwell time and then removed. The return to the preliminary test force position holds the indenter at the point of deepest penetration yet allows elastic recovery to occur and the stretch of the frame to be factored out. The test result is displayed by the testing machine.

5.3 *Indenters:*

5.3.1 The standard indenters are the diamond spheroconical indenter and steel ball indenters having steel or tungsten carbide balls $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, and $\frac{1}{2}$ in. (1.588, 3.175, 6.350, and 12.70 mm) in diameter.

5.3.2 The diamond indenter shall conform to the requirements prescribed in 13.1.2.1.

5.3.3 Indenter balls can be either tungsten carbide or hardened steel; however, tungsten carbide balls are recommended to reduce errors associated with the tendency of steel balls to flatten with use. Indenter balls shall conform to the requirements prescribed in 13.1.2.2.

5.3.4 Dust, dirt, grease, and scale shall not be allowed to accumulate on the indenter as this will affect the test results.

5.4 *Anvils*—An anvil shall be used that is suitable for the specimen to be tested. The seating and supporting surfaces of all anvils shall be clean and smooth and shall be free from pits, deep scratches, and foreign material. If the provisions of 6.3 on thickness of the test piece are complied with, there will be no danger of indenting the anvil, but, if it is so thin that the

impression shows through on the under side, the anvil may be damaged. Damage may also occur from accidental contacting of the anvil by the indenter. If the anvil is damaged from any cause, it shall be replaced. Anvils showing the least visible dent will give inaccurate results on thin material.

5.4.1 Cylindrical pieces shall be tested with a V-grooved anvil that will support the specimen with the axis of the V-groove directly under the indenter or on hard, parallel, twin cylinders properly positioned and clamped in their base.

5.4.2 Flat pieces shall be tested on a flat anvil that has a smooth, flat bearing surface whose plane is perpendicular to the axis of the indenter.

5.4.3 For thin materials or specimens that are not perfectly flat, an anvil having an elevated, flat spot about $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) in diameter shall be used. This spot shall be polished smooth and flat and shall have a Rockwell hardness of at least 60 HRC. Very soft material should not be tested on the spot anvil because the applied force may cause the penetration of the anvil into the under side of the specimen regardless of its thickness.

5.4.4 When testing thin sheet material with a ball indenter, it is recommended that a diamond spot anvil be used.

NOTE 3—**Caution:** A diamond spot anvil should only be used with a superficial hardness tester and ball indenter. This recommendation should be followed, except when directed otherwise by material specification.

5.5 *Test Blocks*—Test blocks meeting the requirements of Part C shall be used to periodically verify the hardness tester.

6. *Test Piece*

6.1 The test shall be carried out on a smooth, even surface that is free from oxide scale, foreign matter, and, in particular, completely free from lubricants. An exception is made for reactive metals, such as titanium, that may adhere to the indenter. In such situations, a suitable lubricant such as kerosene may be used. The use of a lubricant shall be reported on the test report.

6.2 Preparation shall be carried out in such a way that any alteration of the surface hardness (for example, due to heat or cold-working) is minimized.

6.3 The thickness of the test piece or of the layer under test should be as dictated in Tables 7-9, and Table 10 and as presented graphically in Figs. 5 and 6. These tables were determined from studies on strips of carbon steel and give reliable results. For all other materials it is recommended that the thickness exceed 10 times the depth of indentation with a diamond indenter and 15 times the depth of indentation with a ball indenter. As a rule, no deformation should be visible on the back of the test piece after the test although not all such marking is indicative of a bad test.

6.4 For tests on convex cylindrical surfaces the corrections given in Tables 11-14 shall be applied. Corrections for tests on spherical and concave surfaces should be the subject of special agreement. When testing cylindrical specimens, the accuracy of the test will be seriously affected by alignment of elevating screw, V-anvil, indenters, surface finish, and the straightness of the cylinder. For diameters between those given in the tables, correction factors may be derived by linear interpolation. Tests

ASIM E 18 – 03^{e1}

TABLE 5 Rockwell Hardness Scales

Scale Symbol	Indenter	Total Test Force, kgf	Dial Figures	Typical Applications of Scales
B	1/16-in. (1.588-mm) ball	100	red	Copper alloys, soft steels, aluminum alloys, malleable iron, etc. Steel, hard cast irons, pearlitic malleable iron, titanium, deep case hardened steel, and other materials harder than B100. Cemented carbides, thin steel, and shallow case-hardened steel. Thin steel and medium case hardened steel, and pearlitic malleable iron. Cast iron, aluminum and magnesium alloys, bearing metals. Annealed copper alloys, thin soft sheet metals. Malleable irons, copper-nickel-zinc and cupro-nickel alloys. Upper limit G92 to avoid possible flattening of ball. Aluminum, zinc, lead. Bearing metals and other very soft or thin materials. Use smallest ball and heaviest load that does not give anvil effect.
C	diamond	150	black	
A	diamond	60	black	
D	diamond	100	black	
E	1/8-in. (3.175-mm) ball	100	red	
F	1/16-in. (1.588-mm) ball	60	red	
G	1/16-in. (1.588-mm) ball	150	red	
H	1/8-in. (3.175-mm) ball	60	red	
K	1/8-in. (3.175-mm) ball	150	red	
L	1/4-in. (6.350-mm) ball	60	red	
M	1/4-in. (6.350-mm) ball	100	red	
P	1/4-in. (6.350-mm) ball	150	red	
R	1/2-in. (12.70-mm) ball	60	red	
S	1/2-in. (12.70-mm) ball	100	red	
V	1/2-in. (12.70-mm) ball	150	red	

TABLE 6 Rockwell Superficial Hardness Scales

Total Test Force, kgf (N)	Scale Symbols				
	N Scale, Diamond Indenter	T Scale, 1/16-in. (1.588-mm) Ball	W Scale, 1/8-in. (3.175-mm) Ball	X Scale, 1/4-in. (6.350-mm) Ball	Y Scale, 1/2-in. (12.70-mm) Ball
15 (147)	15N	15T	15W	15X	15Y
30 (294)	30N	30T	30W	30X	30Y
45 (441)	45N	45T	45W	45X	45Y

TABLE 7 A Minimum Thickness Guide for Selection of Scales Using the Diamond Indenter (see Fig. 5)

NOTE 1—For any given thickness, the indicated Rockwell hardness is the minimum value acceptable for testing. For a given hardness, material of any greater thickness than that corresponding to that hardness can be tested on the indicated scale.

Minimum Thickness		Rockwell Scale		
		A	C	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Dial Reading
0.014	0.36	...	...	...
0.016	0.41	86	69	...
0.018	0.46	84	65	...
0.020	0.51	82	61.5	...
0.022	0.56	79	56	69
0.024	0.61	76	50	67
0.026	0.66	71	41	65
0.028	0.71	67	32	62
0.030	0.76	60	19	57
0.032	0.81	...	...	52
0.034	0.86	...	...	45
0.036	0.91	...	...	37
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	20

^A These approximate hardness numbers are for use in selecting a suitable scale and should not be used as hardness conversions. If necessary to convert test readings to another scale, refer to Hardness Conversion Tables E 140 (Relationship Between Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness, and Knoop Hardness).

performed on diameters smaller than those given in Tables 11-14 are not acceptable.

6.5 *Precautions for materials having excessive, time-dependent plasticity (indentation creep):* In the case of materials exhibiting plastic flow after application of the total test force, the indenter will continue to move. The total test force should be removed after the specified dwell time, and the time

TABLE 8 A Minimum Thickness Guide for Selection of Scales Using the 1/16-in. (1.588-mm) Diameter Ball Indenter (see Fig. 6)

NOTE 1—For any given thickness, the indicated Rockwell hardness is the minimum value acceptable for testing. For a given hardness, material of any greater thickness than that corresponding to that hardness can be tested on the indicated scale.

Minimum Thickness		Rockwell Scale		
		F	B	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading
0.022	0.56	...	...	...
0.024	0.61	98	72	94
0.026	0.66	91	60	87
0.028	0.71	85	49	80
0.030	0.76	77	35	71
0.032	0.81	69	21	62
0.034	0.86	...	...	52
0.036	0.91	...	...	40
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	...

^A These approximate hardness numbers are for use in selecting a suitable scale and should not be used as hardness conversions. If necessary to convert test readings to another scale refer to Hardness Conversion Tables E 140 (Relationship Between Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness and Knoop Hardness).

recorded after the test results (that is, 65 HRFW, 4 s) if longer than 3 s. When materials require the use of a dwell time greater than 3 s, this should be specified in the product specification.

7. Procedure

7.1 As part of the test procedure, periodic checks shall be performed. See Section 14 for recommendations.

7.2 The test is normally carried out at ambient temperature within the limits of 50 to 95°F (10 to 35°C). However, because

ASIM E 18 – 03^{ε1}

TABLE 9 A Minimum Thickness Guide for Selection of Scales Using the Diamond Indenter (see Fig. 5)

NOTE 1—For any given thickness, the indicated Rockwell hardness is the minimum value acceptable for testing. For a given hardness, material of any greater thickness than that corresponding to that hardness can be tested on the indicated scale

Minimum Thickness		Rockwell Superficial Scale					
		15N		30N		45N	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness C-Scale ^A
0.006	0.15	92	65	...	...	...	...
0.008	0.20	90	60	...	...	...	...
0.010	0.25	88	55	...	...	...	...
0.012	0.30	83	45	82	65	77	69.5
0.014	0.36	76	32	79.5	61	74	67
0.016	0.41	68	18	74	56	72	65
0.018	0.46	...	...	66	47	68	61
0.020	0.51	...	...	57	37	63	57
0.022	0.56	...	...	47	26	58	52.5
0.024	0.61	...	...	...	...	51	47
0.026	0.66	...	...	...	...	37	35
0.028	0.71	...	...	...	...	20	20.5
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

^A These approximate hardness numbers are for use in selecting a suitable scale, and should not be used as hardness conversions. If necessary to convert test readings to another scale, refer to Hardness Conversion Tables E 140 (Relationship Between Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness and Knoop Hardness).

TABLE 10 A Minimum Thickness Guide for Selection of Scales Using the 1/16 in. (1.588 mm) Diameter Ball Indenter (see Fig. 6)

NOTE 1—For any given thickness, the indicated Rockwell hardness is the minimum value acceptable for testing. For a given hardness, material of any greater thickness than that corresponding to that hardness can be tested on the indicated scale.

Minimum Thickness		Rockwell Superficial Scale					
		15T		30T		45T	
in.	mm	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A	Hardness Reading	Approximate Hardness B-Scale ^A
0.010	0.25	91	93	...	...	...	...
0.012	0.30	86	78	...	...	...	...
0.014	0.36	81	62	80	96	...	...
0.016	0.41	75	44	72	84	71	99
0.018	0.46	68	24	64	71	62	90
0.020	0.51	...	...	55	58	53	80
0.022	0.56	...	...	45	43	43	70
0.024	0.61	...	...	34	28	31	58
0.026	0.66	...	...	...	...	18	45
0.028	0.71	...	...	...	...	4	32
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

^A These approximate hardness numbers are for use in selecting a suitable scale, and should not be used as hardness conversions. If necessary to convert test readings to another scale refer to Hardness Conversion Tables E 140 (Relationship Between Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness and Knoop Hardness).

temperature variation may affect the results, users of the Rockwell test may choose to control the temperature within a tighter range.

7.3 The test piece shall be supported rigidly so that no effects of displacement occur during the test.

7.4 Bring the indenter into contact with the test surface and apply the preliminary test force P_0 (minor load) of 10 kgf (98 N) for the Rockwell hardness test or 3 kgf (29 N) for Rockwell superficial hardness test in a direction perpendicular to the surface without shock or vibration. (See Table 15 for tolerances of test forces.) The dwell time for the preliminary test force shall not exceed 3 s.

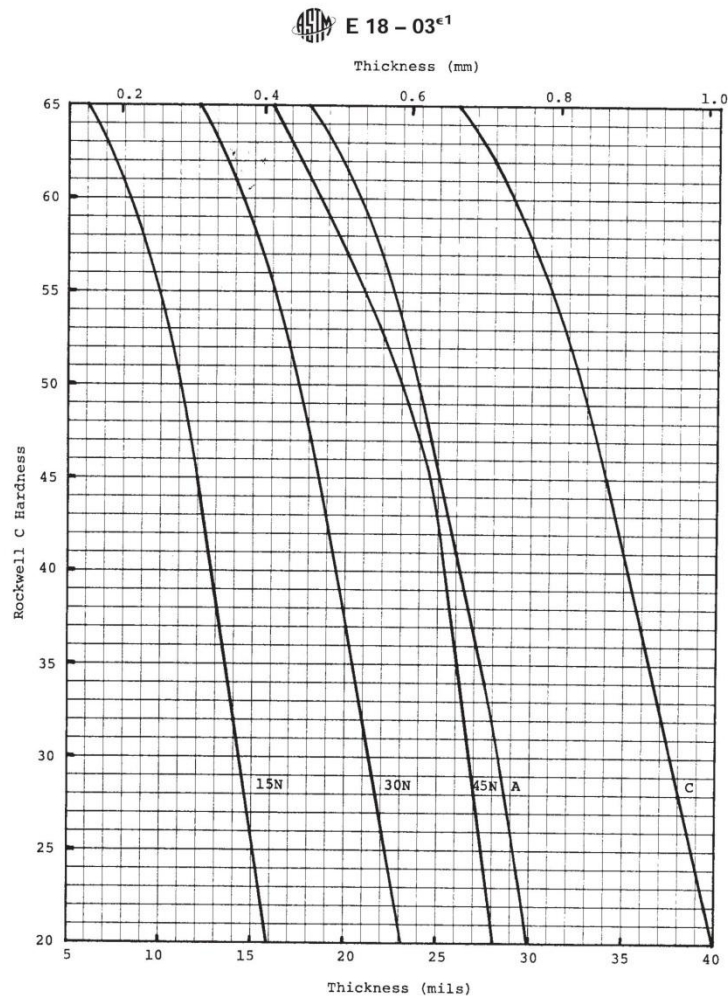
7.5 Establish the reference position (see *Manufacturer's Instruction Manual*) and increase the force, without shock or

vibration, over a period of 1 to 8 s by the value of the additional test force, P_1 (additional load) needed to obtain the required total test force P for a given hardness scale (see Tables 5 and 6).

7.6 While maintaining the preliminary test force P_0 , remove the additional test force P_1 in accordance with the following:

7.6.1 For materials which, under the conditions of the test, show no time-dependent plasticity, remove P_1 within 3 s after the total test force is applied.

7.6.2 For materials which, under the conditions of the test, show some time-dependent plasticity, remove P_1 within 5 to 6 s when using diamond cone indenter and within 6 to 8 s when using steel ball indenter after the application of the total test force begins.



NOTE 1—Locate a point corresponding to the thickness-hardness combination to be tested. Only scales falling to the left of this point may be used to test this combination.

FIG. 5 Thickness Limits for Rockwell Hardness Testing Using the Diamond Indenter

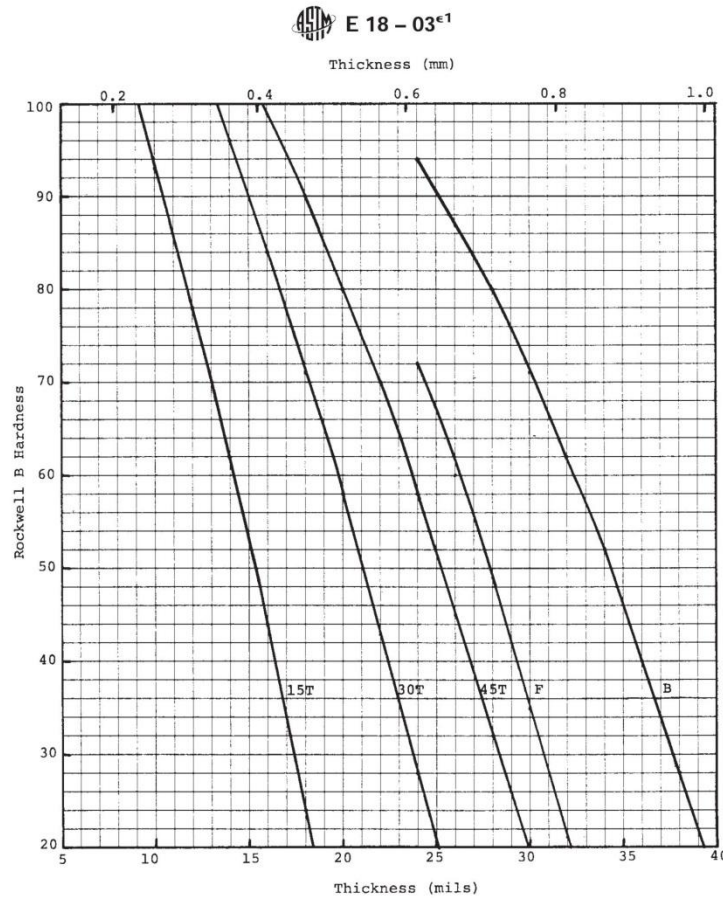
7.6.3 In special cases where the material, under the conditions of the test, shows considerable time-dependent plasticity, remove P_1 within 20 to 25 s after the application of the total test force begins.

7.6.4 When materials require the use of a dwell time greater than 3 s, this shall be specified in the product specification, and the dwell time shall be recorded.

7.7 Throughout the test, the apparatus shall be protected from shock or vibration.

7.8 The Rockwell hardness number is derived from the differential increase in depth of indentation e and is usually read directly. The derivation of the Rockwell hardness number is illustrated in Figs. 1-4.

7.9 After each change, or removal and replacement, of the indenter or the anvil, it shall be ascertained that the indenter (or the new anvil) is correctly mounted in its housing.



NOTE 1—Locate a point corresponding to the thickness-hardness combination to be tested. Only scales falling to the left of this point may be used to test this combination.

FIG. 6 Thickness Limits for Rockwell Hardness Testing Using the $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Diameter Ball Indenter

7.9.1 The first two readings after an indenter or anvil has been mounted shall be disregarded, and the operation of the machine checked with the appropriate standardized hardness test block.

NOTE 4—It is recognized that appropriate standardized test blocks are not available for all geometric shapes, or materials, or both.

7.10 The distance between the center of two adjacent indentations shall be at least three times the diameter of the indentation.

7.10.1 The distance from the center of any indentation to an edge of the test piece shall be at least two and a half times the diameter of the indentation.

7.11 Unless otherwise specified, all readings are to be reported to the nearest whole number, rounding in accordance with Practice E 29.

8. Conversion to Other Hardness Scales or Tensile Strength Values

8.1 There is no general method of accurately converting the Rockwell hardness numbers on one scale to Rockwell hardness numbers on another scale, or to other types of hardness numbers, or to tensile strength values. Such conversions are, at best, approximations and, therefore, should be avoided except for special cases where a reliable basis for the approximate conversion has been obtained by comparison tests.

NOTE 5—The Standard Hardness Conversion Tables E 140, for Metals, give approximate conversion values for specific materials such as steel, austenitic stainless steel, nickel and high-nickel alloys, cartridge brass, copper alloys, and alloyed white cast irons.

NOTE 6—ASTM Specifications giving approximate hardness-tensile strength relationships are listed in Appendix X1.

E 18 – 03^{ε1}

TABLE 11 Corrections to Be Added to Rockwell C, A, and D Values Obtained on Convex Cylindrical Surfaces^A of Various Diameters

Dial Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces								
	¼ in. (6.4 mm)	⅜ in. (10 mm)	½ in. (13 mm)	⅝ in. (16 mm)	¾ in. (19 mm)	⅞ in. (22 mm)	1 in. (25 mm)	1¼ in. (32 mm)	1½ in. (38 mm)
Corrections to be Added to Rockwell C, A, and D Values ^B									
20	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0

^A When testing cylindrical specimens, the accuracy of the test will be seriously affected by alignment of elevating screw, V-anvil, indenters, surface finish, and the straightness of the cylinder.

^B These corrections are approximate only and represent the averages to the nearest 0.5 Rockwell number, of numerous actual observations.

TABLE 12 Corrections to Be Added to Rockwell B, F, and G Values Obtained on Convex Cylindrical Surfaces^A of Various Diameters

Hardness Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces						
	¼ in. (6.4 mm)	⅜ in. (10 mm)	½ in. (13 mm)	⅝ in. (16 mm)	¾ in. (19 mm)	⅞ in. (22 mm)	1 in. (25 mm)
Corrections to be Added to Rockwell B, F, and G Values ^B							
0	12.5	8.5	6.5	5.5	4.5	3.5	3.0
10	12.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.0
20	11.0	7.5	5.5	4.5	4.0	3.5	3.0
30	10.0	6.5	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
40	9.0	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
50	8.0	5.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
60	7.0	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
70	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5

^A When testing cylindrical specimens, the accuracy of the test will be seriously affected by alignment of elevating screw, V-anvil, indenters, surface finish, and the straightness of the cylinder.

^B These corrections are approximate only and represent the averages to the nearest 0.5 Rockwell number, of numerous actual observations.

9. Report

9.1 The report shall include the following information:

9.1.1 The Rockwell hardness number (see 3.1.2).

9.1.1.1 All reports of Rockwell hardness test readings shall indicate the scale used and also the ambient temperature of test if it was outside the 50 to 95°F (10 to 35°C) range (see 7.2). Unless otherwise specified, all readings are to be reported to the nearest whole number, rounding to be in accordance with Practice E 29.

9.1.2 The time of application of the total test force if greater than 3 s.

9.1.3 Any lubricant that is used on the test surface (see 6.1).

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—An interlaboratory test program is now in progress. When completed, it will be the basis of a statement on precision.

10.2 *Bias*—There is no basis for defining the bias for this method.

ASTM E 18 – 03^{ε1}

TABLE 13 Corrections to Be Added to Rockwell Superficial 15N, 30N, and 45N Values Obtained on Convex Cylindrical Surfaces of Various Diameters^A

Hardness Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces					
	1/8 in. (3.2 mm)	1/4 in. (6.4 mm)	3/8 in. (10 mm)	1/2 in. (13 mm)	3/4 in. (19 mm)	1 in. (25 mm)
	Corrections to be Added to Rockwell Superficial 15N, 30N, and 45N Values ^B					
20	6.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5
25	5.5	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0
30	5.5	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0
35	5.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
40	4.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0
45	4.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
50	3.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5
55	3.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.5
60	3.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
65	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5
70	2.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
75	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0
80	1.0	0.5	0.5	0.5	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
90	0	0	0	0	0	0

^A When testing cylindrical specimens the accuracy of the test will be seriously affected by alignment of elevating screw, V-anvil, indenters, surface finish, and the straightness of the cylinder.

^B These corrections are approximate only and represent the averages, to the nearest 0.5 Rockwell superficial number, of numerous actual observations.

TABLE 14 Corrections to Be Added to Rockwell Superficial 15T, 30T, and 45T Values Obtained on Convex Cylindrical Surfaces^A of Various Diameters

Hardness Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces						
	1/8 in. (3.2 mm)	1/4 in. (6.4 mm)	3/8 in. (10 mm)	1/2 in. (13 mm)	5/8 in. (16 mm)	3/4 in. (19 mm)	1 in. (25 mm)
	Corrections to be Added to Rockwell Superficial 15T, 30T, and 45T Values ^B						
20	13.0	9.0	6.0	4.5	4.5	3.0	2.0
30	11.5	7.5	5.0	3.5	3.5	2.5	2.0
40	10.0	6.5	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0
50	8.5	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5
60	6.5	4.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5
70	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
80	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
90	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5

^A When testing cylindrical specimens, the accuracy of the test will be seriously affected by alignment of elevating screw, V-anvil, indenters, surface finish, and the straightness of the cylinder.

^B These corrections are approximate only and represent the averages, to the nearest 0.5 Rockwell superficial number, of numerous actual observations.

TABLE 15 Tolerances on Applied Forces

Load, kgf (N)	Tolerance, kgf (N)
10 (98)	±0.20 (±1.96)
60 (589)	±0.45 (±4.41)
100 (981)	±0.65 (±6.37)
150 (147)	±0.90 (±8.83)
3 (29)	±0.060 (±0.589)
15 (147)	±0.100 (±0.981)
30 (294)	±0.200 (±1.961)
45 (441)	±0.300 (±2.943)

ASTM E 18 – 03^{e1}

B. VERIFICATION OF MACHINES FOR ROCKWELL HARDNESS AND ROCKWELL SUPERFICIAL HARDNESS TESTING

11. Scope

11.1 Part B covers two procedures for the verification of machines for Rockwell hardness and Rockwell superficial hardness testing and a procedure which is recommended for use to confirm that the machine is operating satisfactorily in the intervals between the periodical routine checks made by the user. The two methods of verification are:

11.1.1 Separate verification of test force, indenter, and the depth measuring device followed by a performance test (13.2). This method shall be used for new and rebuilt machines.

11.1.2 Verification by standardized test block method. This test method shall be used in referee, laboratory, or routine testing to assure the operator that the machine for Rockwell hardness testing is operating properly (see 13.2).

12. General Requirements

12.1 Before a Rockwell hardness testing machine is verified, it shall be checked to ensure that:

12.1.1 The machine is properly set up.

12.1.2 The indenter-holder is properly seated in the plunger.

12.1.3 When the indenter is a steel ball, the holder is fitted with a new ball that complies with 13.1.2.2. A new ball is not required when a tungsten carbide ball is used.

12.1.4 When the indenter is a diamond indenter, it must be free from defects which may affect the accuracy of the test (See 13.1.2.1).

12.1.5 The test force can be applied and removed without shock or vibration and in such a manner that the readings are not influenced.

12.1.6 The readings are not affected by deformations of the frame.

13. Verification

13.1 Direct Verification—Direct verification involves verification of the test force, verification of the indenter, and verification of the measuring device.

13.1.1 *Verification of the Test Force:*

13.1.1.1 The preliminary test force P_0 and each total test force P used (see Table 15) shall be measured, and this shall be done at not less than three positions of the plunger uniformly spaced throughout its range of movement during testing.

13.1.1.2 The forces shall be measured by one of the following two methods described in Practices E 4.

(1) Measuring by means of an elastic proving device previously calibrated to Class A accuracy of $\pm 0.25\%$, or

(2) balancing against a force, accurate to $\pm 0.25\%$ applied by means of standardized masses with mechanical advantage.

13.1.1.3 Three readings shall be taken for each force at each position of the plunger. Immediately before each reading is taken, the plunger shall have been moved in the same direction as during testing.

13.1.1.4 Each measurement of the preliminary test force before application and after removal of the additional test force and each measurement of the total force shall be within the tolerances given in Table 15.

13.1.2 Verification of the indenter.

13.1.2.1 *Diamond Indenter:*

(1) The diamond indenter shall be free from surface defects (cracks, chips, pits, etc.) and polished to such an extent that no unpolished part of its surface makes contact with the test piece when the indenter penetrates to a depth of 0.3 mm for Rockwell hardness testing and 0.2 mm for Rockwell superficial hardness testing.

(2) The verification of the shape of the indenter can be made by direct measurement or by measurement of its projection on a screen. The verification shall be made at not less than four approximately equally spaced sections.

(3) The diamond indenter shall have an included angle of $120^\circ \pm 0.35^\circ$.

(4) The angle between the axis of the diamond indenter and the axis of the indenter holder (normal to the seating surface) shall not exceed 0.5° .

(5) The spherical tip of the diamond cone shall have a mean radius of 0.200 ± 0.010 mm. In each measured section the radius shall not exceed 0.200 ± 0.015 mm and local deviations from a true radius shall not exceed 0.002 mm. The surfaces of the cone and spherical tip shall blend in a truly tangential manner.

(6) The hardness values given by the testing machine do not depend only on the dimensions given in 13.1.2.1 (c-e), but also on the surface roughness and the position of the crystallographic axis of the diamond and the seating of the diamond in its holder. For this reason, a performance test is considered necessary. The indenter shall be used in a standardizing machine in which the test force applied and the measuring device can be verified by fundamental measurement. Tests shall be made on a minimum of two standardized blocks, that comply with the requirements of Part C, one from each of the minimum and maximum ranges specified in Table 16. Three test impressions shall be made on each of these blocks. The

TABLE 16 Hardness Ranges Used in Verification by Standardized Test Block Method^a

Rockwell Scale	Hardness Ranges
C	{ 20 to 30 35 to 55 59 to 65
B	{ 40 to 59 60 to 79 80 to 100
30N	{ 40 to 50 55 to 73 75 to 80
30T	{ 43 to 56 57 to 70 incl over 70 to 82

^a For scales not listed, use equivalent hardness ranges as those shown; for example, 20 HRC to 30 HRC corresponds to 69.4 HR 15N to 75.0 HR 15N.

ASTM E 18 – 03^{e1}

mean of these readings shall not differ from the value of the standardized test block by more than the amount shown in Table 17.

13.1.2.2 Indenter Balls:

NOTE 7—**Caution:** Steel balls have been shown to give different results than tungsten carbide balls.

(1) For the purpose of verifying the size and the hardness of the indenter, it is considered sufficient to test a sample selected at random from a batch. The ball(s) verified for hardness shall be discarded.

(2) The ball shall be polished and free from surface defects.

(3) The user shall either measure the balls to ensure that they meet the following requirements, or he shall obtain balls from a supplier who can certify that the following conditions are met. The diameter, when measured at not less than three positions, shall not differ from the nominal diameter by more than the tolerance given in Table 18.

Steel ball: The hardness of the steel ball shall not be less than 746 HV10. Mean diagonals of Vickers impressions corresponding to this hardness level are given in Table 19.

Tungsten carbide ball: The hardness of the tungsten carbide ball shall not be less than 1500 HV10. The material of the tungsten carbide balls shall have a density of 14.8 g/cm³ ± 0.2 g/cm³ and the following chemical composition:

Total other carbides	2.0 % maximum
Cobalt (Co)	5.0 to 7.0 %
Tungsten carbide (WC)	balance

13.1.3 Verification of the Measuring Device:

13.1.3.1 The depth-measuring device shall be verified over not less than three intervals, including the intervals corresponding to the lowest and highest hardnesses for which the scales are normally used by making known incremental movements of the indenter.

13.1.3.2 The instrument used to verify the depth measuring device shall have an accuracy of 0.0002 mm.

13.1.3.3 The depth-measuring device shall correctly indicate within ±0.5 of Rockwell unit, over each interval. This corresponds to ±0.001 mm for regular Rockwell ranges and ±0.0005 mm on Rockwell superficial ranges.

13.2 Indirect Verification—Indirect verification may be carried out by means of standardized blocks calibrated in accordance with Part C. For Rockwell hardness scales that use a ball indenter, the standardized blocks to be used for the indirect verification shall have been calibrated with the same type of ball indenter (that is, steel or tungsten carbide) as the indenter that will be used for the indirect verification.

13.2.1 Procedure:

13.2.1.1 For indirect verification of a testing machine, the following procedures shall be applied: The testing machine

TABLE 17 Allowable Deviation in Hardness Readings for Verified Diamond Indenters

For Hardness Readings in Range of:	Allowable Deviation, Rockwell Units
C 63	±0.5
C 25	±1.0
30N 80	±0.5
30N 45	±1.0

TABLE 18 Tolerances for Rockwell Hardness Ball Indenters

Diameter of Ball		Tolerance ^A	
in.	mm	in.	mm
1/16	1.588	±0.0001	±0.0025
1/8	3.175	±0.0001	±0.0025
1/4	6.350	±0.0001	±0.0025
1/2	12.700	±0.0001	±0.0025

^A For balls in the range of diameters specified, these tolerances and the permissible variation in the diameter of any one ball, as specified in 19.1.3, are met by Grade 24 balls of the Anti-Friction Bearing Manufacturers' Association (ABMA).

TABLE 19 Maximum Mean Diagonal of Vickers Hardness Indentation on Steel Balls

Ball Diameters		Maximum Mean Diagonal of Indentation on the Ball Made with Vickers Indenter Under 10-kgf (98-N) Load, mm
in.	mm	
1/16	1.588	0.141
1/8	3.175	0.144
1/4	6.350	0.145
1/2	12.700	0.147

shall be verified using standardized test blocks in the low, middle, and high hardness ranges for each scale to be used. Commonly used hardness scales and hardness ranges are given in Table 16. The testing machine shall not be adjusted between tests made on the three test blocks. The verification is incomplete unless the requirements of 13.5 are met.

13.2.1.2 In accordance with Part A of this test method, make five indentations on each standardized block, distributed uniformly over the block's surface and report the hardness values to within 0.2 of a Rockwell unit. Before making these indentations, at least two indentations shall be made to ensure that the machine is working freely and that the standardized block, the indenter, and the anvil are seating correctly. The results of these preliminary indentations shall be ignored.

13.2.1.3 For each standardized test block, let R_1, R_2, \dots, R_5 be the hardness readings of the 5 indentations arranged in increasing order of magnitude.

13.2.2 Repeatability:

13.2.2.1 The repeatability of the testing machine under the particular verification conditions is determined by the following quantity:

$$R_5 - R_1 \quad (1)$$

13.2.2.2 The repeatability of the testing machine verified is considered satisfactory if it satisfies the conditions given in Table 20.

13.2.3 Error:

13.2.3.1 The error of the testing machine under the particular verification conditions is expressed by the following quantity:

$$\bar{R} - R \quad (2)$$

where:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_5}{5}, \text{ and}$$

R = stated hardness of the standardized test block used.

ASTM E 18 – 03^{e1}

TABLE 20 Repeatability of Machines

Range of Standardized Hardness Test Blocks	The Repeatability ^A of the Machine Shall Be Not Greater Than:
<i>Rockwell C Scale:</i>	
25 to 30	2.0
35 to 55	1.5
59 to 65	1.0
<i>Rockwell B Scale:</i>	
40 to 59	2.5
60 to 79	2.0
80 to 100	2.0
<i>Rockwell 30N Scale:</i>	
40 to 50	2.0
55 to 73	1.5
75 to 80	1.0
<i>Rockwell 30T Scale:</i>	
43 to 56	2.5
57 to 70, incl	2.0
Over 70 to 82	2.0

^A The repeatability of machines on Rockwell or Rockwell superficial hardness scales other than those given in Table 20 shall be the equivalent converted difference in hardness for those scales, except for the 15N and 15T scales. In the case of the 15N and 15T scales, the repeatability shall be no greater than 1.0 for all ranges.

Example—At C 60, typical readings of a series of indentations might range from 59 to 60, 59.5 to 60.5, 60 to 61, etc. Thus, converted A-scale values corresponding to C 59 to 60 (see Table II of Hardness Conversion Tables E 140) would be A 80.7 to 81.2 and the repeatability for the A-scale would be 0.5.

13.2.3.2 The mean hardness value for the five tests shall not differ from the mean corresponding to the hardness of the standardized test block by more than the tolerance of the latter (shown in Table 21).

13.3 It should be understood that hardness test blocks, diamond indentors, and machine designs vary between manufacturers and that if all parameters are met under 13.1, it is possible that change of one or more of the parameters may be needed to meet indirect verification on test blocks. Consult manufacturer's instructions on the proper method to make corrections *within the tolerances specified in this test method*.

13.4 *Time Interval Between Verifications*—It is recommended that testing machines be verified annually or more frequently if required. In no case shall the time interval between verifications exceed 18 months.

13.5 *Verification Report:*

13.5.1 The verification report shall include the following information:

- 13.5.1.1 Reference to this ASTM Test Method,
- 13.5.1.2 Method of verification (direct or indirect),
- 13.5.1.3 Identification data of the hardness testing machine,
- 13.5.1.4 Means of verification (test blocks, elastic proving devices, etc.)
- 13.5.1.5 The Rockwell hardness scale(s) verified,
- 13.5.1.6 The result obtained,

TABLE 21 Tolerance Values for Standardized Test Blocks

Nominal Hardness of Standardized Test Block	Tolerance Values of the Test Block Shall Not Be Greater Than
<i>C Scale^A</i>	
60 and Greater	±0.5
Below 60	±1.0
<i>A Scale</i>	
80 and Greater	±0.5
Below 80 to 60.5, incl	±1.0
<i>15N Scale</i>	
90 and Greater	±0.7
Below 90 to 69.4, incl	±1.0
<i>30N Scale</i>	
77.5 and Greater	±0.7
Below 77.5 to 41.5, incl	±1.0
<i>45N Scale</i>	
66.5 and Greater	±0.7
Below 66.5 to 19.6, incl	±1.0
<i>B Scale^B</i>	
45 and Greater	±1.0
Below 45 to 1.5, incl	±1.5
<i>F Scale</i>	
99.6 to 57.0, incl	±1.0
<i>15T Scale</i>	
75.3 and Greater	±1.0
Below 75.3 to 60.5, incl	±1.5
<i>30T Scale</i>	
46.2 and Greater	±1.0
Below 46.2 to 15.0, incl	±1.5
<i>45T Scale</i>	
17.6 and Greater	±1.0
Below 17.6 to 1.0, incl	±1.5

^A All other scales on steel blocks of the equivalent converted values are as follows: 70.0 HRC to 60.0 HRC = ±0.5 and 59.9 HRC to 20.0 HRC = ±1.0.

^B All other scales on brass blocks of the equivalent converted values are as follows: 100.0 HRB to 1.0 HRB = ±1.0.

13.5.1.7 Date of verification and reference to the verifying agency, and

13.5.1.8 Signature of verifying agency representative.

14. Procedure for Periodic Checks by the User

14.1 Verification by the standardized test block method (13.2) is too lengthy for daily use. Instead, the following is recommended:

14.1.1 Make at least one routine check each day that the testing machine is used. See Part A of this test method.

14.1.2 Before making the check, make at least two preliminary indentations to ensure that the hardness testing machine is working freely and that the test block, indenter, and anvil are seated correctly. The results of these preliminary indentations should be ignored.

14.1.3 Make at least three hardness readings on a standardized hardness test block on the scale and at the hardness level at which the machine is being used. If the mean of these values falls within the tolerances marked on the standardized hardness test block, the machine may be regarded as satisfactory. If not, the machine should be verified as described in 13.2.

 E 18 – 03^{e1}

C. CALIBRATION OF STANDARDIZED TEST BLOCKS FOR MACHINES USED FOR ROCKWELL AND ROCKWELL SUPERFICIAL HARDNESS TESTING

15. Scope

15.1 Part C specifies a test method for the calibration of standardized blocks to be used in Rockwell hardness testing machines for the indirect verification of these machines as described in Part B.

16. Manufacture

16.1 The attention of the manufacturer of the block is drawn to the need to use a manufacturing process which will give the necessary homogeneity, stability of structure, and uniformity of surface hardness.

16.2 Each metal block to be standardized shall be of a thickness not less than 0.236 in. (6 mm).

16.3 The area of the test surface of the block shall not be more than 4 in.² (2581 mm²).

16.4 The standardized block shall be free of magnetism. It is recommended that the manufacturer ensure that the blocks, if of steel, have been demagnetized at the end of the manufacturing process.

16.5 The maximum deviation in flatness of the surfaces shall not exceed 0.0002 in. (0.005 mm).

16.6 The maximum error in parallelism shall not exceed 0.0002 in. per in. (mm per mm).

16.7 The test surface shall be free from scratches which interfere with the measurement of the indentation. The mean surface roughness (R_a) shall not exceed 12 μ in. (0.0003 mm) center line average.

16.8 The bottom surface shall have a fine ground finish.

16.9 To assure that material is not removed from the test surface, its thickness at the time of standardization (to the nearest \pm 0.005 in. (0.1 mm)) shall be marked on the block or an identifying mark shall be made on the test surface. Resurfacing of a test block for reuse is not recommended; however, if a standard test block is reconditioned, the new test surface must be recalibrated in accordance with this section.

17. Standardizing Machine

17.1 In addition to fulfilling the general requirements specified in Sections 12 and 13, the standardizing machine shall also meet the following requirements:

17.1.1 The machine shall be verified directly. Direct verification involves the following:

17.1.1.1 Verification of the test force (see 13.1.1),

17.1.1.2 Verification of the indenter (see 13.1.2), and

17.1.1.3 Verification of the measuring device (see 13.1.3).

17.1.2 Each preliminary test force shall be correct to within \pm 0.5 %. Each total test force shall be correct to within \pm 0.25 %.

17.1.3 The verification of the shape of the indenter can be made by direct measurement or by measurement of its projection on a screen. The verification shall be made at not less than eight approximately equally spaced sections.

17.1.4 The diamond indenter shall have an included angle of $120^\circ \pm 0.1^\circ$.

17.1.5 The angle between the axis of the diamond indenter and the axis of the indenter holder (normal to the seating surface) shall not exceed 0.3° .

17.1.6 The tip of the diamond indenter shall be spherical with a mean radius of 0.200 ± 0.005 mm. In each measured section the radius shall not exceed 0.200 ± 0.007 mm and local deviations from a true radius shall not exceed 0.002 mm. The surface of the cone and spherical tip shall blend in a truly tangential manner.

17.1.7 The diameter of the indenter ball shall be within the tolerance of 0.001 mm.

17.1.8 The measuring device shall be capable of accurately measuring vertical displacements corresponding to ± 0.1 of a regular Rockwell unit and ± 0.1 for a superficial Rockwell unit.

18. Standardizing Procedure

18.1 The standardized test blocks shall be calibrated in a standardizing machine as described in Section 17 at a temperature of $73^\circ\text{F} \pm 5^\circ\text{F}$ ($23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) using the general test procedure described in Part A.

18.2 The standardized test blocks shall be calibrated traceable to the national Rockwell standards maintained at NIST when primary standardized test blocks are available from NIST for the specific Rockwell scale.

19. Number of Indentations

19.1 In accordance with Part A of this test method, make at least five indentations on each standardized block, distributed uniformly over the block's surface.

20. Uniformity of Hardness

20.1 Let R_1, R_2, \dots, R_5 be the measured values in Rockwell units arranged in increasing order of magnitude.

20.2 The nonuniformity of the block under the particular conditions of standardization is characterized by $R_5 - R_1$.

20.3 The nonuniformity of the block must satisfy the conditions of Table 22.

21. Marking and Certification Requirements

21.1 Each standardized test block shall be marked with the following:

21.1.1 Arithmetic mean of the hardness values found in the standardizing test reported to the nearest tenth, for example: 66.3 HRC or 80.2 HRBW,

21.1.2 Tolerance value (see Table 21),

21.1.3 Name or mark of the supplier,

21.1.4 Unique serial number,

21.1.5 Name or mark of the calibrating agency if different from supplier,

21.1.6 Thickness of the block or an identifying mark on the test surface, and

21.1.7 *Year of Calibration*. It is sufficient that the year of calibration be incorporated into the serial number of the block.

21.2 All of the markings, except the official mark, should be placed outside of the test area or on the side of the block. When

 E 18 – 03^{e1}

TABLE 22 Maximum Nonuniformity of Standardized Test Blocks

Nominal Hardness of Standardized Test Block	Nonuniformity of the Test Block Shall Not Be Greater Than
<i>C Scale</i> ^A	
60 and Greater	0.5
Below 60	1.0
<i>A Scale</i>	
80 and Greater	0.5
Below 80 to 60.5, incl	1.0
<i>15N Scale</i>	
90 and Greater	0.7
Below 90 to 69.4, incl	1.0
<i>30N Scale</i>	
77.5 and Greater	0.7
Below 77.5 to 41.5, incl	1.0
<i>45N Scale</i>	
66.5 and Greater	0.7
Below 66.5 to 19.6, incl	1.0
<i>B Scale</i> ^B	
45 and Greater	1.0
Below 45 to 1.5, incl	1.5
<i>F Scale</i>	
99.6 to 57.0, incl	1.0
<i>15T Scale</i>	
75.3 and Greater	1.0
Below 75.3 to 60.5, incl	1.5
<i>30T Scale</i>	
46.2 and Greater	1.0
Below 46.2 to 15.0, incl	1.5
<i>45T Scale</i>	
17.6 and Greater	1.0
Below 17.6 to 1.0, incl	1.5

^A All other scales on steel blocks of the equivalent converted values are as follows: 70.0 HRC to 60.0 HRC = 0.5 and 59.9 HRC to 20.0 HRC = 1.0.

^B All other scales on brass blocks of the equivalent converted values are as follows: 100.0 HRB to 1.0 HRB = 1.0.

the markings are on the side of the block, the markings shall be upright when the test surface is the upper surface.

21.3 Each block shall be supplied with a certificate showing the results of the individual standardizing tests and the arithmetic mean of those tests, including the following:

- 21.3.1 Date of standardization,
- 21.3.2 Serial number of block, and
- 21.3.3 Name of manufacturer or mark of supplier.

22. Keywords

- 22.1 metallic; Rockwell Hardness

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

X1. LIST OF ASTM SPECIFICATIONS GIVING HARDNESS VALUES CORRESPONDING TO TENSILE STRENGTH

X1.1 The following ASTM standards give approximate Rockwell hardness or Rockwell superficial hardness values corresponding to the tensile strength values specified for the

materials covered: Test Methods and Definitions A 370 and Specifications B 19, B 36, B 96, B 97, B 103, B 121/B 121 M, B 122/B 122 M, B 130, B 134, B 152, B 291, and B 370.

X2. EXAMPLES OF PROCEDURES FOR DETERMINING ROCKWELL HARDNESS UNCERTAINTY

X2.1 Scope

X2.1.1 The intent of this appendix is to provide a basic approach to evaluating the uncertainty of Rockwell hardness measurement values in order to simplify and unify the interpretation of uncertainty by users of Rockwell hardness.

X2.1.2 This appendix provides basic procedures for determining the uncertainty of the following values of hardness:

X2.1.2.1 *The Hardness Machine "Error" Determined as Part of an Indirect Verification (see X2.6)*—As part of an indirect verification, a number of Rockwell hardness measurements are made on a reference test block. The average of the measurement values is compared to the certified value of the reference block to determine the "error" (see 13.2) of the

hardness machine. The procedure described in section X2.6 provides a method for determining the uncertainty in this measurement "error" of the hardness machine. The uncertainty value may be reported on the verification certificate and report.

X2.1.2.2 *Rockwell Hardness Value Measured by a User (see X2.7)*—The procedure provides a method for determining the uncertainty in the hardness values measured by a user during the normal use of a Rockwell hardness machine. The user may report the uncertainty value with the measurement value.

X2.1.2.3 *Certified Value of a Rockwell Hardness Test Block (see X2.8)*—The procedure provides a method for determining the uncertainty in the certified value of standardized test

 E 18 – 03^{e1}

blocks. The standardizing agency may report the uncertainty value on the test block certificate.

NOTE X2.1—When calculated, uncertainty values reported by a field calibration agency (see X2.6) are not the measurement uncertainties of the hardness machine in operation, but only that of the measurements made at the time of verification to determine machine “error.”

NOTE X2.2—The procedures outlined in this appendix for the determination of uncertainties are based primarily on measurements made as part of the verification and standardization procedures of this test method. This is done to provide a method that is based on familiar procedures and practices of Rockwell hardness users and standardizing agencies. The reader should be aware that there are other methods that may be employed to determine the same uncertainties, which may provide more accurate estimations of the uncertainty values.

NOTE X2.3—This standard states tolerances or limits on the acceptable repeatability and error of a Rockwell hardness machine (Tables 20 and 21) and the nonuniformity of standardized blocks (Table 22). These limit values were originally established based on the testing experience of many users of the Rockwell hardness test, and therefore reflect the normal performance of a properly functioning Rockwell hardness machine, including the normal errors associated with the measurement procedure and the machine’s performance. Because the limits are based on testing experience, it is believed that the stated limit values take into account a level of uncertainty that is typical for valid Rockwell hardness measurements. Consequently, when determining compliance with Tables 20-22, the user’s measurement uncertainty should not be subtracted from the tolerance limit values given in the tables, as is commonly done for other types of metrological measurements. The calculated values for repeatability, error or block nonuniformity should be directly compared to the tolerance limits given in the tables.

NOTE X2.4—Most product specification tolerances for Rockwell hardness were established based on testing and performance experience. The tolerance values reflect the normal performance of a properly functioning Rockwell hardness machine, including the normal acceptable errors associated with the hardness measurement process. For these products, the stated tolerance limits take into account a level of uncertainty that is typical for valid Rockwell hardness measurements. Consequently, when acceptance testing most products for Rockwell hardness, the user’s measurement uncertainty should not be subtracted from the tolerance limit values given in the specification. The measured hardness values should be directly compared to the tolerances. There may be exceptional circumstances where the hardness of a product must fall within determined ranges to a high level of confidence. In these rare occasions, special agreement between the parties involved should be obtained before the hardness measurement uncertainty is subtracted from the tolerance limits. Before such an agreement is made, it is recommended that the product design take into consideration the anticipated influence of material and metallurgical factors on the product variation as well as typical industry hardness uncertainty values.

X2.1.3 This appendix does not address uncertainties at the primary reference standardizing level.

X2.2 Equations

X2.2.1 The average (*AVG*), \bar{H} , of a set of n hardness measurements H_1, H_2, \dots, H_n is calculated as:

$$AVG(H_1, H_2, \dots, H_n) = \bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (X2.1)$$

X2.2.2 The standard deviation (*STDEV*) of a set of n hardness measurements H_1, H_2, \dots, H_n is calculated as:

$$STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) = \sqrt{\frac{(H_1 - \bar{H})^2 + \dots + (H_n - \bar{H})^2}{n - 1}} \quad (X2.2)$$

where \bar{H} is the average of the set of n hardness measurements H_1, H_2, \dots, H_n , as defined in Eq X2.1.

X2.2.3 The absolute value (*ABS*) of a number is the magnitude of the value irrespective of the sign, for example:

$$ABS(0.12) = 0.12$$

and

$$ABS(-0.12) = 0.12$$

X2.3 General Requirements

X2.3.1 The approach for determining uncertainty presented in this appendix considers only those uncertainties associated with the overall measurement performance of the Rockwell hardness machine with respect to reference standards. These performance uncertainties reflect the combined effect of the separate uncertainties associated with the numerous individual components of the machine, such as the force application system and indentation depth measuring system. Therefore, the uncertainties associated with the individual components of the machine are not included in the calculations. Because of this approach, it is important that the individual machine components are operating within tolerances. It is strongly recommended that this procedure be applied only after successfully passing a direct verification.

X2.3.2 The procedures given in this appendix are appropriate only when the Rockwell hardness machine has passed an indirect verification in accordance with the procedures and schedules of this test method standard.

X2.3.3 The procedures for calculating the uncertainty of Rockwell hardness measurement values are similar for both a standardizing machine and testing machine. The principal difference is in the hierarchy level of the reference test blocks normally used for the indirect verification. Generally, standardizing machines are verified using primary reference standards, and testing machines are standardized using secondary reference standards.

X2.3.4 To estimate the overall uncertainty of Rockwell hardness measurement values, contributing components of uncertainty must be determined. Because many of the uncertainties may vary depending on the specific hardness scale and hardness level, an individual measurement uncertainty should be determined for each hardness scale and hardness level of interest. In many cases, a single uncertainty value may be applied to a range of hardness levels based on the laboratory’s experience and knowledge of the operation of the hardness machine.

X2.3.5 Uncertainty should be determined with respect to a country’s highest level of reference standard or the national reference standard of another country. In some cases, the highest level of reference standard may be a commercial reference standard.

X2.4 General Procedure

X2.4.1 This procedure calculates a combined standard uncertainty u_c by combining the contributing components of uncertainty u_1, u_2, \dots, u_p , such that:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_p^2} \quad (X2.3)$$

 E 18 – 03^{e1}

X2.4.2 Measurement uncertainty is usually expressed as an expanded uncertainty U which is calculated by multiplying the combined standard uncertainty u_c by a numerical coverage factor k , such that:

$$U = k \times u_c \quad (X2.4)$$

X2.4.3 A coverage factor is chosen that depends on how well the standard uncertainty was estimated (number of measurements), and the level of uncertainty that is desired. For this analysis, a coverage factor of $k = 2$ should be used. This coverage factor provides a confidence level of approximately 95 %.

X2.4.4 The measurement bias B of the hardness machine is the difference between the expected hardness measurement values as displayed by the hardness machine and the “true” hardness of a material. Ideally, measurement biases should be corrected. When test systems are not corrected for measurement bias, as often occurs in Rockwell hardness testing, the bias then contributes to the overall uncertainty in a measurement. There are a number of possible methods for incorporating biases into an uncertainty calculation, each of which has both advantages and disadvantages. A simple and conservative method is to combine the bias with the calculation of the expanded uncertainty as:

$$U = ku_c + ABS(B) \quad (X2.5)$$

where $ABS(B)$ is the absolute value of the bias.

X2.4.5 Because several approaches may be used to evaluate and express measurement uncertainty, a brief description of what the reported uncertainty values represent should be included with the reported uncertainty value.

X2.5 Sources of Uncertainty

X2.5.1 This section describes the most significant sources of uncertainty in a Rockwell hardness measurement and provides procedures and formulas for calculating the total uncertainty in the hardness value. In later sections, it will be shown how these sources of uncertainty contribute to the total measurement uncertainty for the three measurement circumstances described in X2.1.2.

X2.5.2 The sources of uncertainty to be discussed are (1) the hardness machine’s lack of repeatability, (2) the non-uniformity in hardness of the material under test, (3) the hardness machine’s lack of reproducibility, (4) the resolution of the hardness machine’s measurement display, and (5) the uncertainty in the certified value of the reference test block standards. An estimation of the measurement bias and its inclusion into the expanded uncertainty will also be discussed.

X2.5.3 *Uncertainty Due to Lack of Repeatability (u_{Repeat}) and when Combined with Non-uniformity ($u_{Rep \& NU}$)*—The repeatability of a hardness machine is an indication of how well it can continually produce the same hardness value each time a measurement is made. Imagine there is a material, which is perfectly uniform in hardness over its entire surface. Also imagine that hardness measurements are made repeatedly on this uniform material over a short period of time without varying the testing conditions (including the operator). Even though the actual hardness of every test location is exactly the same, it would be found that due to random errors each

measurement value would differ from all other measurement values (assuming sufficient measurement resolution). Therefore, lack of repeatability prevents the hardness machine from being able to always measure the true hardness of the material, and hence contributes to the uncertainty in the measurement.

X2.5.3.1 The contribution that a hardness machine’s lack of repeatability makes to the overall measurement uncertainty is determined differently depending on whether a single measurement value or an average of multiple measurements is to be reported. Additionally, in cases where the reported average measurement value is intended to be an estimate of the average hardness of the material tested, the uncertainty contributions due to the machine’s lack of repeatability and the non-uniformity in the hardness of the test material are difficult to separate and must be determined together. The uncertainty contributions for each of these circumstances may be estimated as follows.

X2.5.3.2 *Single Hardness Measurement*—For a future single hardness measurement, the standard uncertainty contribution u_{Repeat} due to the lack of repeatability, may be estimated by the standard deviation of the values from a number of hardness measurements made on a uniform test sample as:

$$u_{Repeat} = STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) \quad (X2.6)$$

where H_1, H_2, \dots, H_n are the n hardness values. In general, the estimate of repeatability is improved as the number of hardness measurements is increased. Usually, the hardness values measured during an indirect verification will provide an adequate estimate of u_{Repeat} ; however, the caution given in Note X2.6 should be considered. It may be more appropriate for the user to determine a value of u_{Repeat} by making hardness measurements close together (within spacing limitations) on a uniform material, such as a test block.

NOTE X2.5—The uncertainty u_{Repeat} due to the lack of repeatability of a hardness machine as discussed above, should not be confused with the historically defined “repeatability” that is a requirement to be met as part of an indirect verification (see 13.2). The calculations of the uncertainty u_{Repeat} and of the historically defined repeatability do not produce the same value. The uncertainty u_{Repeat} is the contribution to the overall uncertainty of a hardness measurement value due to a machine’s lack of repeatability, while the historically defined repeatability is the range of hardness values measured during an indirect verification.

NOTE X2.6—All materials exhibit some degree of hardness non-uniformity across the test surface. Therefore, the above evaluation of the uncertainty contribution due to the lack of repeatability will also include a contribution due to the hardness non-uniformity of the measured material. When evaluating repeatability as discussed above, any uncertainty contribution due to the hardness non-uniformity should be minimized as much as possible. The laboratory should be cautioned that if the measurements of repeatability are based on tests made across the surface of the material, then the repeatability value will likely include a significant uncertainty contribution due to the material’s non-uniformity. A machine’s repeatability is better evaluated by making hardness measurements close together (within spacing limitations).

X2.5.3.3 *Average of Multiple Measurements*—When the average of multiple hardness test values is to be reported, the standard uncertainty contribution u_{Repeat} due to the lack of repeatability of the hardness machine, may be estimated by dividing the standard uncertainty contribution u_{Repeat} (previously calculated from a number of hardness measurements

 E 18 – 03^{ε1}

made on a uniform test sample, see X2.5.3.1) by the square-root of the number of hardness test values being averaged, as:

$$u_{Repeat} = \frac{u_{Repeat}}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.7)$$

where u_{Repeat} is calculated by Eq X2.6 and n_T is the number of individual hardness test values being averaged.

X2.5.3.4 Estimate of the Material Hardness—Hardness measurements are often made at several locations and the values averaged in order to estimate the average hardness of the material as a whole. For example, this may be done when making quality control measurements during the manufacture of many types of products; when determining the machine “error” as part of an indirect verification; and when calibrating a test block. Because all materials exhibit some degree of hardness non-uniformity across the test surface, the extent of a material’s non-uniformity also contributes to the uncertainty in this estimate of the average hardness of the material. When the average of multiple hardness measurement values is calculated as an estimate of the average material or product hardness, it may be desired to state the uncertainty in this value with respect to the true hardness of the material. In this case, the combined uncertainty contributions due to the lack of repeatability in the hardness machine and the non-uniformity in the test material may be estimated from the “standard deviation of the mean” of the hardness measurement values. This is calculated as the standard deviation of the hardness values, divided by the square-root of the number of measurements as:

$$u_{Rep\&NU} = \frac{STDEV(H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn})}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.8)$$

where $H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn}$ are the n_T measurement values.

X2.5.4 Uncertainty Due to Lack of Reproducibility (u_{Reprod})—The day-to-day variation in the performance of the hardness machine is known as its level of reproducibility. Variations such as different machine operators and changes in the test environment often influence the performance of the hardness machine. The level of reproducibility is best determined by monitoring the performance of the hardness machine over an extended period of time during which the hardness machine is subjected to the extremes of variations in the testing variables. It is very important that the test machine be in control during the assessment of reproducibility. If the machine is in need of maintenance or is operated incorrectly, the lack of reproducibility will be over estimated.

X2.5.5 An assessment of a hardness machine’s lack of reproducibility should be based on periodic monitoring measurements of the hardness machine, such as daily verification measurements made on the same test block over time. The uncertainty contribution may be estimated by the standard deviation of the average of each set of monitoring values, as:

$$u_{Reprod} = STDEV(M_1, M_2, \dots, M_n) \quad (X2.9)$$

where M_1, M_2, \dots, M_n are individual averages of each of the n sets of multiple monitoring measurement values.

NOTE X2.7—The uncertainty contribution due to the lack of reproducibility, as calculated in Eq X2.9, also includes a contribution due to the machine’s lack of repeatability and the non-uniformity of the monitoring test block; however, these contributions are based on the average of

multiple measurements and should not significantly over-estimate the reproducibility uncertainty.

X2.5.6 Uncertainty Due to the Resolution of the Hardness Measurement Display (u_{Resol})—The finite resolution of the hardness value display prevents the hardness machine from providing an absolutely accurate hardness value. However, the influence of the display resolution on the measurement uncertainty is usually only significant when the hardness display resolution is no better than 0.5 Rockwell hardness units, such as for some dial displays. The uncertainty contribution u_{Resol} due to the influence of the display resolution, may be described by a rectangular distribution and estimated as:

$$u_{Resol} = \frac{r/2}{\sqrt{3}} = \frac{r}{\sqrt{12}} \quad (X2.10)$$

where r is the resolution limit that a hardness value can be estimated from the measurement display in Rockwell hardness units.

X2.5.7 Standard Uncertainty in the Certified Average Hardness Value of the Reference Test Block (u_{RefBlk})—Reference test blocks provide the link to the Rockwell standard to which traceability is claimed. The certificate accompanying reference test blocks should provide an uncertainty in the stated certified value, and should state to which Rockwell standard the reference test block value is traceable. This uncertainty contributes to the measurement uncertainty of hardness machines calibrated or verified with the reference test blocks. Note that the uncertainty reported on reference test block certificates is typically stated as an expanded uncertainty. As indicated by Eq X2.4, the expanded uncertainty is calculated by multiplying the standard uncertainty by a coverage factor (often 2). This analysis uses the standard uncertainty and not the expanded uncertainty value. Thus, the uncertainty value due to the uncertainty in the certified value of the reference test block usually may be calculated as:

$$u_{RefBlk} = \frac{U_{RefBlk}}{k_{RefBlk}} \quad (X2.11)$$

where U_{RefBlk} is the reported expanded uncertainty of the certified value of the reference test block, and k_{RefBlk} is the coverage factor used to calculate the uncertainty in the certified value of the reference standard (usually 2).

X2.5.8 Measurement Bias (B)—The measurement bias is the difference between the hardness measurement values as displayed by the hardness machine and the “true” hardness of a material. The measurement bias B may be estimated by the “error” determined as part of the indirect verification as:

$$B = \bar{H} - \bar{H}_{RefBlk} \quad (X2.12)$$

where \bar{H} is the mean hardness value as measured by the hardness machine during the indirect verification, and \bar{H}_{RefBlk} is the certified average hardness value of the reference test block standard used for the indirect verification.

X2.6 Procedure for Calculating Uncertainty: Indirect Verification

X2.6.1 As part of an indirect verification, the “error” of the hardness machine is determined from the average value of measurements made on a reference test block (see 1.3.2). This

ASTM E 18 – 03^{e1}

value provides an indication of how well the hardness machine can measure the “true” hardness of a material. Since there is always uncertainty in a hardness measurement, it follows that there must be uncertainty in the determination of the average value of the measurements, and thus the determination of the machine “error.” This section provides a procedure that can be used, for example by a field calibration agency, to estimate the uncertainty U_{Mach} in the measurement “error” of the hardness machine determined as the difference between the average of the measurement values and the certified value of the reference block used for the verification.

X2.6.2 The contributions to the standard uncertainty of the measurement “error,” u_{Mach} , are (1) $u_{Rep\& NU}(Ref. Block)$, the uncertainty due to the lack of repeatability of the hardness machine combined with the uncertainty due to the non-uniformity in the reference test block (Eq X2.8), which is determined from the hardness measurements made on a reference test block to determine the “error” of the hardness machine, (2) u_{Resol} , the uncertainty due to the resolution of the hardness machine measurement display (Eq X2.10), and (3) u_{RefBlk} , the standard uncertainty in the certified value of the reference test block (Eq X2.11). The notation (*Ref. Block*) is added to the term $u_{Rep\& NU}$ to clarify that the uncertainty is determined from measurements made on the reference block used for the indirect verification.

X2.6.3 The combined standard uncertainty u_{Mach} and the expanded uncertainty U_{Mach} are calculated by combining the appropriate uncertainty components described above for each hardness level of each Rockwell scale as:

$$u_{Mach} = \sqrt{u_{Rep\& NU}^2(Ref. Block) + u_{Resol}^2 + u_{RefBlk}^2} \quad (X2.13)$$

and

$$U_{Mach} = k u_{Mach} \quad (X2.14)$$

X2.6.4 For this analysis, a coverage factor of $k = 2$ should be used. This coverage factor provides a confidence level of approximately 95 %.

NOTE X2.8—The uncertainty contribution u_{Mach} as calculated in Eq X2.13 does not include a contribution due to the machine’s lack of reproducibility. This is because it is assumed that the indirect verification is made while the hardness machine is operating at its optimal performance level with the best possible environmental conditions.

NOTE X2.9—The expanded uncertainty U_{Mach} will commonly be larger than the value of the hardness machine “error.”

X2.6.5 *Reporting the Measurement Uncertainty*—This expanded uncertainty U_{Mach} may be reported by a verification agency to its customer as an indication of the uncertainty in the hardness machine “error” reported as part of the indirect verification of the Rockwell hardness machine. The value of U_{Mach} should be supplemented with a statement defining to what Rockwell scale and hardness level the uncertainty is applicable, with an explanatory statement such as, “The expanded uncertainty of the hardness machine “error” reported as part of the indirect verification for the stated Rockwell scale(s) and hardness level(s) is with respect to Rockwell hardness reference standards maintained at _____ (for example, NIST), and was calculated in accordance with Appendix X2 of ASTM E 18 with a coverage factor of 2 representing a confidence level of approximately 95 %.”

X2.6.6 The standard uncertainty value u_{Mach} can be used as an uncertainty contribution when determining the measurement uncertainty of future measurements made with the hardness machine (see X2.7 and X2.8).

X2.6.7 *Example X2.1*—As part of an indirect verification of a Rockwell hardness machine, a verification agency needs to report an estimate of the uncertainty of the hardness machine “error.” For this example, an evaluation will only be made for measurements made on the low range of the HRC scale. The hardness machine has a digital display with a resolution of 0.1 HRC. The agency performs five verification measurements on a low range HRC hardness block. The reported certified value of the reference test block is 25.7 HRC with an expanded uncertainty of $U_{RefBlk} = 0.45$ HRC. The five verification measurements values are: 25.4, 25.3, 25.5, 25.3, and 25.7 HRC, resulting in an average value of 25.44 HRC, a repeatability (range) value of 0.4 HRC and an “error” of -0.26 HRC. Therefore:

$$u_{Rep\& NU}(Ref. Block) = \frac{STDEV(25.4, 25.3, 25.5, 25.3, 25.7)}{\sqrt{5}}$$

or $u_{Rep\& NU}(Ref. Block) = 0.075$ HRC

$$u_{Resol} = \frac{0.1}{\sqrt{12}} = 0.029$$
 HRC, and
$$u_{RefBlk} = \frac{0.45}{2} = 0.225$$
 HRC

Thus,

$$u_{Mach} = \sqrt{0.075^2 + 0.029^2 + 0.225^2} = 0.239$$
 HRC, and
$$U_{Mach} = (2 \times 0.239) = 0.48$$
 HRC

Therefore, the uncertainty in the -0.26 HRC “error” in the hardness machine is 0.48 HRC. Although this evaluation was made on material having a hardness of approximately 25 HRC, the uncertainty may be considered to apply to the entire low range of the HRC scale. This calculation must be made for the mid and high ranges of the HRC scale, as well as for the ranges of the other Rockwell scales that are verified.

NOTE X2.10—The reader should be aware that in computing the final uncertainty value in all examples in this appendix, no rounding of results was done between steps. Consequently, if individual equations are solved using the rounded values that are given at each step of this example, some computed results might differ in value in the last decimal place from the results stated.

X2.7 Procedure for Calculating Uncertainty: Rockwell Hardness Measurement Values

X2.7.1 The uncertainty U_{Meas} in a hardness value measured by a user may be thought of as an indication of how well the measured value agrees with the “true” value of the hardness of the material.

X2.7.2 *Single Measurement Value*—When measurement uncertainty for a single hardness measurement value is to be determined, the contributions to the standard uncertainty u_{Meas} are (1) u_{Repeat} , the uncertainty due to the machine’s lack of repeatability (Eq X2.6), (2) $u_{Reproth}$, the uncertainty contribution due to the lack of reproducibility (Eq X2.9), (3) u_{Resol} , the uncertainty due to the resolution of the hardness machine measurement display (Eq X2.10), and (4) u_{Mach} , the uncertainty in determining the “error” of the hardness machine (Eq

ASTM E 18 – 03^{e1}

X2.13). The combined standard uncertainty u_{Meas} is calculated by combining the appropriate uncertainty components described above for the applicable hardness level and Rockwell scale as:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.15)$$

X2.7.3 Average Measurement Value—In the case that measurement uncertainty is to be determined for an average value of multiple hardness measurements, made either on the same test piece or multiple test pieces, the contributions to the standard uncertainty u_{Meas} are (1) u_{Repeat} , the uncertainty due to the machine's lack of repeatability based on the average of multiple measurements (Eq X2.7), (2) u_{Reprod} , the uncertainty contribution due to the lack of reproducibility (Eq X2.9), (3) u_{Resol} , the uncertainty due to the resolution of the hardness machine measurement display (Eq X2.10), and (4) u_{Mach} , the uncertainty in determining the "error" of the hardness machine (Eq X2.13). The combined standard uncertainty u_{Meas} is calculated by combining the appropriate uncertainty components described above for the applicable hardness level and Rockwell scale as:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.16)$$

X2.7.4 The measurement uncertainty discussed above for the single and average hardness values only represents the uncertainties of the measurement process and are independent of any test material non-uniformity.

X2.7.5 Average Measurement Value as an Estimate of the Average Material Hardness—Measurement laboratories and manufacturing facilities often measure the Rockwell hardness of a test sample or product for the purpose of estimating the average hardness of the test material. Usually, multiple hardness measurements are made across the surface of the test piece, and then the average of the hardness values is reported as an estimation of the average hardness of the material. If it is desired to report the uncertainty as an indication of how well the average measurement value represents the true average hardness of the material, then the contributions to the standard uncertainty u_{Meas} are (1) $u_{Rep\& NU (Material)}$, the uncertainty due to the machine's lack of repeatability combined with the uncertainty due to the material's non-uniformity (Eq X2.8), which is determined from the hardness measurements made on the test material, (2) u_{Reprod} , the uncertainty contribution due to the lack of reproducibility (Eq X2.9), (3) u_{Resol} , the uncertainty due to the resolution of the hardness machine measurement display (Eq X2.10), and (4) u_{Mach} , the uncertainty in determining the "error" of the hardness machine (Eq X2.13). The notation *(Material)* is added to the term $u_{Rep\& NU}$ to clarify that the uncertainty is determined from measurements made on the material under test. The combined standard uncertainty u_{Meas} is calculated by combining the appropriate uncertainty components described above for the applicable hardness level and Rockwell scale as:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Rep\& NU (Material)}^2 + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.17)$$

X2.7.6 When reporting uncertainty as an indication of how well the average measurement value represents the true average hardness of the material, it is important to assure that a

sufficient number of measurements are made at the appropriate test locations to provide an appropriate sampling of any variations in the hardness of the material.

X2.7.7 The expanded uncertainty U_{Meas} is calculated for the three cases discussed above as:

$$U_{Meas} = k u_{Meas} + ABS(B) \quad (X2.18)$$

For this analysis, a coverage factor of $k = 2$ should be used. This coverage factor provides a confidence level of approximately 95 %.

X2.7.8 Reporting Measurement Uncertainty:

X2.7.8.1 Single and Average Measurement Values—When the reported measurement value is for a single hardness test or the average of multiple hardness tests, then the value of U_{Meas} should be supplemented with an explanatory statement such as, "The expanded measurement uncertainty of the reported hardness value (or average hardness value) is with respect to Rockwell hardness reference standards maintained at _____ [for example, NIST], and was calculated in accordance with Appendix X2 of ASTM E 18 with a coverage factor of 2 representing a confidence level of approximately 95 %."

X2.7.8.2 Average Measurement Value as an Estimate of the Average Material Hardness—When it is desired to report the uncertainty as an indication of how well the average measurement value represents the true average hardness of the material, then the value of U_{Meas} should be supplemented with an explanatory statement such as, "The expanded uncertainty of the reported average hardness of the material under test is based on uncertainty contributions from the measurement process and from the hardness non-uniformity of the material. The uncertainty is with respect to Rockwell hardness reference standards maintained at _____ [for example, NIST], and was calculated in accordance with Appendix X2 of ASTM E 18 with a coverage factor of 2 representing a confidence level of approximately 95 %." If the test report does not state the number of measurements that were averaged and the locations that the measurements were made, then this information should also be included as part of the brief explanation of how the uncertainty was calculated.

X2.7.8.3 Example X2.2—For this example, a company tests its product by making six Rockwell hardness measurements across its surface as an estimate of the product hardness. The hardness machine has a dial display that is judged to have a reading resolution of 0.5 HRC. The values of the hardness measurements of the product were 33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5, resulting in an average value of 31.92 HRC. The testing facility would like to determine the measurement uncertainty in the average hardness value. A hardness of 31.92 HRC is closest to the low range of the HRC scale (see Table 16). The last indirect verification of the low range of the HRC scale reported $U_{Mach} = 0.8$ HRC and an "error" of -0.3 HRC. Therefore:

$$u_{Rep\& NU (Material)} = \frac{STDEV(33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5)}{\sqrt{6}} \text{ or } u_{Rep\& NU (Material)} = 0.300 \text{ HRC}$$

ASTM E 18 – 03^{e1}

For this example, assume the hardness machine has been monitored for an extended period of time, and from Eq X2.9, it was determined that $u_{Reprod} = 0.21$ HRC for the low range of the HRC scale. Other uncertainty contributions are calculated as:

$$u_{Resol} = \frac{0.5}{\sqrt{12}} = 0.144 \text{ HRC and}$$

$$u_{Mach} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ HRC, therefore}$$

$$u_{Meas} = \sqrt{0.300^2 + 0.21^2 + 0.144^2 + 0.4^2} = 0.561 \text{ HRC}$$

and since $B = -0.3$ HRC, $U_{Meas} = (2 \times 0.561) + ABS(-0.3)$, or $U_{Meas} = 1.42$ HRC for the average value of the hardness measurements made on the single product item.

X2.8 Procedure for Calculating Uncertainty: Certified Value of Standardized Test Blocks

X2.8.1 Standardizing laboratories engaged in the calibration of reference test blocks must determine the uncertainty in the reported certified value. This uncertainty U_{Cert} provides an indication of how well the certified value would agree with the “true” average hardness of the test block.

X2.8.2 Test blocks are certified as having an average hardness value based on calibration measurements made across the surface of the test block. This analysis is essentially identical to the analysis given in 7.1 for measuring the average hardness of a product. In this case, the product is a calibrated reference test block. The contributions to the standard uncertainty u_{Cert} of the certified average value of the test block are (1) $u_{Rep\&NU}(Calib. Block)$, the uncertainty due to the standardizing machine’s lack of repeatability combined with the uncertainty due to the calibrated block’s non-uniformity (Eq X2.8), which is determined from the calibration measurements made on the test block, (2) u_{Reprod} the uncertainty contribution due to the lack of reproducibility (Eq X2.9), (3) u_{Resol} the uncertainty due to the resolution of the standardizing machine’s measurement display (Eq X2.10), and (4) u_{Mach} the uncertainty in determining the “error” of the standardizing machine (Eq X2.13). The notation (*Calib.Block*) is added to the term $u_{Rep\&NU}$ to clarify that the uncertainty is determined from calibration measurements made on the calibrated block.

X2.8.3 The combined standard uncertainty u_{Cert} and the expanded uncertainty U_{Cert} are calculated by combining the appropriate uncertainty components described above for each hardness level of each Rockwell scale as:

$$u_{Cert} = \sqrt{u_{Rep\&NU}^2(Calib. Block) + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.19)$$

and

$$U_{Cert} = ku_{Cert} + ABS(B) \quad (X2.20)$$

X2.8.4 For this analysis, a coverage factor of $k = 2$ should be used. This coverage factor provides a confidence level of approximately 95 %.

X2.8.5 *Reporting the Measurement Uncertainty*—The value of U_{Cert} is an estimate of the uncertainty in the reported certified average hardness value of a reference test block. The reported value should be supplemented with a statement defining to what Rockwell scale and hardness level the uncertainty is applicable, with an explanatory statement such as, “The expanded uncertainty in the certified value of the test block is with respect to Rockwell hardness reference standards maintained at _____ [for example, NIST], and was calculated in accordance with Appendix X2 of ASTM E 18 with a coverage factor of 2 representing a confidence level of approximately 95 %.”

X2.8.6 *Example X2.3*—A secondary level test-block standardizing laboratory has completed the calibration of a test block in the hardness range of 40 HRC. The values of the calibration measurements of the block were 40.61, 40.72, 40.65, 40.61, and 40.55 HRC, resulting in an average value of 40.63 HRC and an E18 repeatability range of 0.17 HRC. The laboratory must determine the uncertainty in the certified average hardness value of the block. A hardness of 40 HRC is considered within the mid-range of the HRC scale (see Table 16). The last indirect verification of the mid range of the HRC scale reported $U_{Mach} = 0.16$ HRC and an “error” of +0.11 HRC. The standardizing machine has a digital display with a resolution of 0.01 HRC. Therefore:

$$u_{Rep\&NU}(Calib. Block) = \frac{STDEV(40.61, 40.72, 40.65, 40.61, 40.55)}{\sqrt{5}} \text{ or}$$

$$u_{Rep\&NU}(Calib. Block) = 0.028 \text{ HRC}$$

For this example, let’s assume that the standardizing machine has been monitored for an extended period of time, and from Eq X2.9, it was determined that $u_{Reprod} = 0.125$ HRC for the mid range of the HRC scale. Other uncertainty contributions are calculated as:

$$u_{Resol} = \frac{0.01}{\sqrt{12}} = 0.003 \text{ HRC and}$$

$$u_{Mach} = \frac{0.16}{2} = 0.08 \text{ HRC therefore,}$$

$$u_{Cert} = \sqrt{0.028^2 + 0.125^2 + 0.003^2 + 0.08^2} = 0.151 \text{ HRC}$$

and, since $B = +0.11$ HRC, $U_{Cert} = (2 \times 0.151) + ABS(+0.11)$, or $U_{Cert} = 0.41$ HRC for the certified hardness value of the single calibrated test block.

 E 18 – 03^{ε1}

SUMMARY OF CHANGES

Committee E28 has identified the location of changes to this standard since the last issue, E 18-02, that may impact the use of this standard. (Approved June 10, 2003.)

- (1) Addition of Appendix X2, Examples of Procedures for Determining Rockwell Hardness Uncertainty. (2) Summary of Changes revised.

Committee E28 has identified the location of changes to this standard since the last issue, E 18-00, that may impact the use of this standard. (Approved Jan. 10, 2002.) Note- Most of the changes listed below resulted from the new addition of allowing the use of tungsten-carbide indenter balls.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| (1) Note 2 - added | (14) Note 4 - renumbered |
| (2) Paragraph 3.1.2.1 - revised | (15) Note 5 - renumbered |
| (3) Paragraph 3.1.2.2 - revised | (16) Note 6 - renumbered |
| (4) Paragraph 3.1.2.3 - revised | (17) Paragraph 9.1.3 - added |
| (5) Paragraph 3.1.3 - revised | (18) Paragraph 13.1.2.2 - revised |
| (6) Figure 2 caption - revised | (19) Note 7 - replaced and renumbered |
| (7) Paragraph 5.1.1 - revised | (20) Paragraph 13.1.2.2 (c) - revised |
| (8) Figure 4 caption - revised | (21) Table 18 footnote A - revised |
| (9) Paragraph 5.3.1 - revised | (22) Table 19 title - revised |
| (10) Paragraph 5.3.3 - revised | (23) Paragraph 17.1.7 - revised |
| (11) Paragraph 6.1 - revised | (24) Paragraph 21.1.1 - revised |
| (12) Note 3 - renumbered | (25) SUMMARY OF CHANGES added. |
| (13) Paragraph 6.5 - revised | |

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO N°8: FICHA TECNICA ACERO A 36.



Barras Cuadradas y Redondas

> **NORMAS TÉCNICAS**

Composición Química y Propiedades Mecánicas de acuerdo a ASTM A36-01 "Standard Specification for Structural Steel"

Tolerancias dimensionales de acuerdo a JIS G 3191-66 "Shape, dimension, weight and tolerance for hot rolled steel bar and bar in coils"

> **COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)**

C máx.	P máx.	S máx.	Si máx.
0,26	0,04	0,05	0,4

Nota: - Barras con leda mayor a 20 mm el % Mn es: 0,68 - 0,90

> **PROPIEDADES MECÁNICAS**

Límite de Fluencia, mínimo: 250 MPa (25,5 kgf/mm²)

Resistencia a la Tracción: 400 - 550 MPa (40,8 - 56,1 kgf/mm²)

Alargamiento en 200 mm, mínima: 20%

BARRAS CUADRADAS Y REDONDAS

> **CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y DE FORMA**

Longitud de losdes		Tolerancia (mm)	Longitud	Tolerancia en la longitud	Peso nominal
Págsdes	mm				
—	8	+/-0,4	6 m	+ 40 mm	0,64 kg/m
—	11,5	+/-0,4	6 m	+ 40 mm	1,04 kg/m
—	15	+/-0,4	6 m	+ 40 mm	1,77 kg/m
3/4	19,1	+/-0,5	6 m	+ 40 mm	2,66 kg/m
1	25,4	+/-0,5	6 m	+ 40 mm	5,66 kg/m

Hecho rollos: 4 m/1/2

BARRAS REDONDAS LISA


> **CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y DE FORMA**

Diámetro		Tolerancia en el diámetro	Ovalidad (máx.)	Longitud	Tolerancia en la longitud	Peso nominal
Págsdes	mm					
3/8	9,5	+/-0,4 mm	0,6 mm	6 m	+ 40 mm	0,56 kg/m
1/2	12,7	+/-0,4 mm	0,6 mm	6 m	+ 40 mm	0,99 kg/m
5/8	15,9	+/-0,4 mm	0,6 mm	6 m	+ 40 mm	1,56 kg/m
3/4	19,1	+/-0,5 mm	0,7 mm	6 m	+ 40 mm	2,25 kg/m
1	25,4	+/-0,5 mm	0,7 mm	6 m	+ 40 mm	3,98 kg/m
1 1/2	38,1	+/-0,7 mm	1,0 mm	6 m	+ 40 mm	8,95 kg/m

Hecho rollos: 4 m/1/2



ANEXO N°9: DOCUMENTACION INACAL.

	<p>PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION</p>	<p>Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 1 de 16</p>
---	---	---

INDICE

1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	2
4. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	2
5. PROCEDIMIENTO DE ACREDITACION	4
6. MANTENIMIENTO DE LA ACREDITACION	10
7. RENOVACION	13
8. MODIFICACION DEL ALCANCE DE ACREDITACION	13
9. NOTIFICACION DE CAMBIOS	15
10. TARIFAS	16

<p>Elaborado por: Rosa María Ocampo</p>	<p>Revisado por: Patricia Aguilar Rosa Cerna</p>	<p>Aprobado por: Augusto Mello Fecha: 2015.01.09</p>
<p>Firma: en original</p>	<p>Firma: en original</p>	<p>Firma: en original</p>

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 2 de 16
---	--	---

1. OBJETIVO

Establecer los pasos que aplicará el Servicio Nacional de Acreditación del Indecopi, en adelante INDECOPI-SNA, para realizar la evaluación a los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC), el otorgamiento, renovación, mantenimiento, ampliación, reducción, actualización, renuncia, suspensión y cancelación de la acreditación.

2. ALCANCE

Este documento se aplica a las actividades relacionadas con el proceso de acreditación de los organismos de evaluación de la conformidad (OEC) de primera, segunda o tercera parte como:

- a) Laboratorio de Ensayos
- b) Laboratorio de Calibración
- c) Organismo de Inspección
- d) Organismo de Certificación de Sistemas de Gestión
- e) Organismo de Certificación de Productos
- f) Organismo de Certificación de Personas
- g) Otros servicios de evaluación de la conformidad que se le encarguen al SNA

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- SNA- acr-01MC Manual de la Calidad del INDECOPI-SNA
- NTP-ISO/IEC 17011 Evaluación de la Conformidad. Requisitos generales para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad
- NTP-ISO/IEC 17000 Evaluación de la Conformidad. Vocabulario y Principios generales
- SNA-acr-01R Reglamento para la Acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC)
- IAF/ILAC A5:11/2013 IAF/ILAC Multi-Lateral Mutual Recognition Arrangements (Arrangements):Application of ISO/IEC 17011:2004

4. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Para los propósitos de este procedimiento se aplican las definiciones establecidas en la norma NTP ISO 17000, en la norma NTP-ISO 9000, así como las siguientes:

No Conformidad.- Incumplimiento de un requisito o criterios de acreditación.

Observación.- Situación o circunstancia que no afecta directamente a los resultados, pero que su reiteración podría devenir en una no conformidad.

Manual de la Calidad.- Documento que comprende el sistema de gestión de la calidad y de competencia técnica de una organización, su sistema de gestión establecido para dotar a su organización de características que le permitan satisfacer las necesidades de los clientes y usuarios de sus servicios.

Procedimiento.- Documento que describe detalladamente las prácticas establecidas por un organismo de evaluación de la conformidad para la prestación de sus servicios, incluyendo la ejecución de actividades de soporte o apoyo, y precisando los responsables de cada actividad y los documentos o formatos empleados en cada caso.

Solicitud de acreditación.- Documento que contiene el alcance de acreditación e información sobre la organización y recursos de la entidad solicitante, incluyendo la relación de su personal y los detalles de la formación y experiencia de éste, así como, las funciones que desempeña dentro de ella y los documentos que confirmen el cumplimiento de la norma a acreditar.

Acuerdo de Reconocimiento.- Acuerdo suscrito por el Organismo de Acreditación u otros

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 3 de 16
---	--	---

organismos públicos nacionales con organismos extranjeros similares, en mérito al cual se reconocen en dichos países, los certificados e informes de los organismos acreditados.

Directriz.- Documento normativo que contiene criterios de acreditación específicos a fin de complementar los criterios de acreditación generales o los establecidos en las normas, que deben ser cumplidos por el organismo solicitante ó acreditado.

Comité Permanente de Acreditación.- Órgano colegiado del INDECOPI-SNA, encargado de evaluar los resultados de las evaluaciones realizadas a los organismos solicitantes o acreditados a fin de recomendar el otorgamiento, renovación, mantenimiento, ampliación, reducción, actualización, suspensión y cancelación de la acreditación.

Evaluación.- Proceso llevado a cabo para verificar objetivamente la competencia de un organismo de evaluación de la conformidad, de acuerdo a una norma específica y a los criterios de acreditación.

Evaluación de Seguimiento.- Evaluación programada por el INDECOPI-SNA para monitorear el cumplimiento de los criterios de acreditación

Evaluación Extraordinaria.- Evaluación solicitada por la Jefatura del INDECOPI – SNA que se lleva a cabo cuando se requiere contar con elementos de juicio adicionales para tomar una decisión final.

Visita de supervisión: Actividad programada o inopinada que se ejecuta a partir de una causal para verificar el mantenimiento de las condiciones bajo las cuales un organismo de la evaluación de la conformidad fue acreditado.

Equipo evaluador.- Personal encargado de ejecutar la evaluación a los organismos de evaluación de la conformidad.

Evaluador.- Persona asignada por un organismo de acreditación para realizar una evaluación, individualmente o como parte de un equipo evaluador, a un organismo de evaluación de la conformidad. (ILAC-G: 11:07/2006)

Evaluador líder.- Evaluador a quien se le asigna la responsabilidad total de actividades de evaluación especificadas. (ILAC-G: 11:07/2006)

Evaluador experto.- Persona calificada, para llevar a cabo la evaluación de la competencia técnica de un organismo de evaluación de la conformidad.

Experto técnico.- Miembro del equipo evaluador que aporta experiencia técnica o conocimientos específicos con respecto al campo de acreditación a evaluar.

Nota 1: Un experto técnico no es considerado evaluador a menos que posea calificación apropiada como tal. En consecuencia, debe participar en las evaluaciones acompañado por un evaluador y ser supervisado por éste en el desarrollo de sus funciones.

Nota 2: La experiencia o conocimientos técnicos pueden estar referidos a los métodos de ensayo o calibración, métodos de inspección, productos o actividades a ser evaluadas.

Consultoría.- Participación activa y creativa en el diseño e implementación de procedimientos y sistemas de gestión relacionados a la fabricación, venta, comercialización, distribución o prestación de productos y servicios, así como en el desarrollo de propuestas, recomendaciones u opiniones relacionadas con dicho diseño o implementación. Constituyen servicios de consultoría, entre otros:

- a) La elaboración de manuales, instrucciones o procedimientos, orientados a una eventual certificación o acreditación;
- b) La participación en los procesos de toma de decisiones relacionada con el funcionamiento de

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 4 de 16
---	--	---

- c) una organización;
- d) Las recomendaciones específicas para el desarrollo o implementación de procesos productivos o sistemas de gestión orientadas a una eventual certificación o acreditación; y,
- e) Las auditorías previas a la evaluación, como preparación para ésta.

Nota: Organizar cursos de formación y participar como instructor no se considera consultoría siempre que, los cursos se limiten a proporcionar información general que esté disponible públicamente; es decir, que el instructor no debe proporcionar soluciones específicas a una empresa o entidad.

Capacitación.- Actividad dirigida a proporcionar información o instrucción con el fin de mejorar los conocimientos o habilidades de una persona u organización.

5 PROCEDIMIENTO DE ACREDITACION

Cualquier referencia a plazos que se cuenten en días se entenderá referida a días hábiles, salvo que se indique expresamente lo contrario.

En todos los casos para iniciar una etapa de evaluación, deberán haberse efectuado los pagos correspondientes. Para evaluaciones en campo se deben realizar los pagos por lo menos cinco días antes de la fecha de evaluación programada.

Los costos se establecen de acuerdo a lo indicado en el ítem 10.1 Establecimiento de los costos de acreditación.

Cabe señalar que el INDECOPI-SNA denegará la solicitud de un proceso de acreditación inicial o de un proceso de ampliación, si el OEC presenta no conformidades que evidencien la falta de competencia técnica del personal o la falta de recursos necesarios para la evaluación de la conformidad. Esto se sustenta en el hecho que todo OEC que decida acreditarse o ampliar el alcance de su acreditación, debe haber tomado conocimiento de los requisitos y criterios exigidos por el INDECOPI-SNA y evidenciar la implementación de la norma técnica y criterios correspondientes. Así mismo, si un expediente no ha recibido atención por más de 6 meses por parte del solicitante, el INDECOPI-SNA archivará el expediente. Por ejemplo, se aplica lo indicado si el OEC, en determinada fecha, ha solicitado postergación de una evaluación, suspensión de un proceso, entre otros, y pasado seis meses no ha solicitado la reanudación de su proceso.

5.1 Documentación para solicitar la acreditación.- Antes de solicitar la acreditación, el organismo debe contar con experiencia en la realización de las actividades para las cuales solicita la acreditación. Asimismo, debe conocer la siguiente información:

- a) Reglamento de Acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad (SNA-acr-01R)
- b) Criterios específicos definidos en las directrices, cuyo cumplimiento es obligatorio en función a la actividad de evaluación de la conformidad que desea acreditar.
- c) El presente procedimiento.

La información antes señalada es de carácter público y está disponible en la página web del INDECOPI, sin embargo, también puede ser solicitada al INDECOPI-SNA.

5.2 Presentación de la solicitud.- El organismo solicitante debe presentar su postulación en el Formato de Solicitud de Acreditación establecido por el INDECOPI-SNA por cada tipo de OEC, el cual debe ser suscrito por el representante legal y estar acompañado de la documentación requerida en la solicitud, además del comprobante de pago, de acuerdo a las tarifas establecidas por el INDECOPI-SNA.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 5 de 16
---	--	---

5.3 Admisión de la solicitud, designación del equipo evaluador y envío de costos.- Recibida la solicitud, el INDECOPI-SNA revisará la documentación en un plazo de 15 días con el objeto de:

- i. Comprobar que la información presentada esté completa.
- ii. Comprobar que el alcance de la acreditación esté claramente definido.
- iii. Verificar la capacidad del INDECOPI-SNA para la atención de la solicitud.

Como resultado de la revisión se pueden presentar los siguientes casos:

- a) Si la documentación estuviera completa y el INDECOPI-SNA contara con capacidad para su atención, se notificará al solicitante la admisión a trámite de la solicitud.

Admitida la solicitud, dentro de los siguientes 15 días, el INDECOPI-SNA coordina con sus evaluadores y expertos técnicos para conformar el equipo evaluador, lo cual es comunicado al OEC.

En dicha comunicación se le adjunta asimismo el costo correspondiente a la evaluación documentaria.

- b) Si la documentación estuviera incompleta y/o el alcance no esté claramente definido, el INDECOPI-SNA notificará esto al solicitante, a fin que subsane la información en un plazo máximo de 30 días. Vencido este plazo, y realizada la subsanación, se continúa con lo indicado en el ítem a), caso contrario se otorgará 15 días adicionales, para que complete lo faltante. Vencido este segundo plazo, de no realizarse la subsanación, o no recibir respuesta del solicitante, se declarará inadmisibles las solicitudes, procediéndose a la devolución del monto según lo indicado en el ítem 10.2. y se archivará el expediente. En todos los casos, recibida la nueva información, el INDECOPI-SNA procederá a su revisión en un plazo de 05 días.
- c) Si la documentación estuviera completa y el INDECOPI-SNA no contara con capacidad para atender la totalidad del alcance solicitado por el OEC, se admitirá a trámite la solicitud sólo para el alcance que puede cubrir el INDECOPI-SNA, continuándose con lo indicado en el ítem a) Para el alcance no cubierto, se consultará al OEC la posibilidad de realizar la búsqueda en otros organismos de acreditación que cuenten con reconocimiento regional o internacional. De recibir la aceptación del OEC, y vencido el plazo de 30 días en caso no se contara con la capacidad necesaria, se declarará inadmisibles el alcance no atendido. Si la búsqueda corresponde a la totalidad de la solicitud, y vencido el plazo de 30 días no se contara con la capacidad necesaria, se procederá a la devolución del monto según lo indicado en el ítem 10.2 archivándose el expediente.

Una vez admitida la solicitud y remitido el programa de costo de la evaluación, sólo se aceptará cambios en el alcance de la solicitud de la acreditación siempre que esto no genere una modificación en la conformación del Equipo Evaluador ni en el costo previamente estimado.

El equipo evaluador contará con un evaluador líder, como responsable de la evaluación, y tantos evaluadores y expertos técnicos según sea el alcance solicitado. Adicionalmente, se debe considerar que en un proceso de acreditación, ampliación y actualización (cuando esta última requiera de una evaluación), se evalúa el 100% del alcance solicitado; en un proceso de Renovación el 50% y en las Evaluaciones de Seguimiento programadas, un porcentaje del alcance acreditado, de manera que al concluir con todos los seguimientos debe cubrirse por lo menos el 100% del alcance acreditado en un ciclo de acreditación.

Para las evaluaciones de ampliación, seguimiento y actualización (cuando esta última requiera de una evaluación), el responsable de la evaluación puede ser un evaluador líder, un evaluador experto o un evaluador, según su competencia.

Como parte del equipo evaluador, el INDECOPI-SNA podrá incluir a un evaluador en entrenamiento, lo cual no representará costo alguno para el OEC.

En caso el solicitante no acepte la participación de algún integrante del equipo evaluador propuesto,
TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 6 de 16
---	--	---

deberá informarlo al INDECOPI-SNA, con el debido sustento de la objeción, en el plazo de 05 días de recibida la comunicación. El INDECOPI-SNA, se reserva el derecho de aceptar o no dicho sustento. Los motivos de dicha objeción, deberán estar limitados a la existencia de conflictos de intereses comprobados, que pudieran comprometer la independencia o imparcialidad del equipo evaluador. Algunos casos de conflictos de intereses son los siguientes:

- a) Cuando el evaluador o experto haya tenido alguna relación laboral con el solicitante, en los dos últimos años.
- b) Cuando se haya dado una relación de asesoría o consultoría entre el evaluador o experto y el solicitante, en los dos últimos años.
- c) Cuando exista una relación de parentesco entre el evaluador o experto y el solicitante.

Las objeciones efectuadas por el solicitante, serán evaluadas por el Jefe del INDECOPI-SNA. De ser aceptadas, se propondrán nuevos integrantes, caso contrario, se comunicará al solicitante que su objeción no procede y se continuará con el proceso.

Vencido el plazo para presentar observaciones u objeciones al equipo evaluador, por parte del solicitante, se dará por aceptada la propuesta.

5.4 Evaluación documentaria.-

Realizado el pago de la evaluación documentaria por el solicitante, el INDECOPI-SNA tiene un plazo de 30 días¹ para evaluar la documentación y remitir el informe respectivo al OEC. En función a los resultados obtenidos en la evaluación, se procederá de la siguiente forma:

5.4.1 Si sólo se detectaran observaciones, éstas serán notificadas al solicitante por el INDECOPI-SNA. En dicha notificación se indicará que procede la evaluación de campo, así como los costos de esta evaluación; teniendo el solicitante un plazo de 20 días para realizar el abono correspondiente. Cabe señalar que durante la evaluación de campo se verificará la subsanación de las observaciones detectadas.

5.4.2 En caso se detectaran no conformidades; y en función a la naturaleza de éstas, el equipo evaluador determinará la procedencia de la evaluación de campo, según lo siguiente:

- a) Si, a juicio del evaluador, las no conformidades pueden ser subsanadas en la evaluación de campo, se procederá conforme a lo indicado en el numeral 5.4.1.
- b) Si no procede lo indicado en el ítem a), se requerirá al solicitante la subsanación de las no conformidades en la documentación, otorgándole un plazo de 30 días para que remita dicha subsanación. Así mismo, se le comunicará los costos de esta evaluación complementaria de la documentación, a fin que proceda con el depósito en el plazo establecido. La nueva documentación será revisada y los resultados serán comunicados al OEC por el INDECOPI-SNA, en un plazo de 20 días.

En caso se mantengan no conformidades, producto de la evaluación complementaria, el Comité Permanente de Acreditación (CPA), evaluará el informe de la evaluación para su recomendación.

Esta puede ser:

- Realizar una segunda y definitiva evaluación complementaria; o,
- Archivar el expediente.

5.5 Evaluación de campo.- El INDECOPI-SNA acordará con el solicitante y el equipo evaluador la fecha para la evaluación de campo.

¹ Este plazo incluye: a) La designación del Equipo Evaluador (EE) y remisión a éste de la documentación a evaluar, b) La evaluación documentaria y la elaboración del informe de evaluación por el EE y c) La revisión del informe del EE por parte del INDECOPI-SNA.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 7 de 16
---	--	---

El Plan de Evaluación será remitido al OEC luego de ejecutado el pago correspondiente y en un plazo no menor de 05 días antes de la fecha programada para la evaluación.

El equipo evaluador visitará todas las instalaciones del solicitante en donde se realicen actividades comprendidas dentro del alcance de la acreditación.

El OEC podrá solicitar por única vez y con el debido sustento, la postergación de la fecha de la evaluación de campo, debiendo presentar la solicitud por escrito, como mínimo, con 05 días de anticipación a la fecha de la evaluación definida en el Plan de evaluación. La solicitud será evaluada por el INDECOPI-SNA a fin de aceptar o no tal postergación. De ser aceptada, el plazo no excederá los 60 días.

Si la solicitud fuera presentada en un plazo menor a lo establecido, ésta no será aceptada.

Para los organismos de Certificación e Inspección, la evaluación de campo incluye presenciar la realización de una o más actividades de evaluación de la conformidad incluidas en el alcance solicitado, de acuerdo a lo dispuesto en el ítem 5.6.

Para los Laboratorios de Ensayo o Calibración, la evaluación de campo incluye a su vez la ejecución de ensayos o procedimientos de calibración, para comprobar la correcta realización de los mismos, la competencia técnica del personal y la confiabilidad de los resultados. Asimismo, se solicitará su participación en pruebas de comparación interlaboratorios o ensayos de aptitud, como parte del proceso de acreditación.

5.6 Visitas de testificación.- Durante la evaluación de campo se realizarán visitas de testificación, a fin de evaluar la correcta aplicación de los procedimientos y la competencia técnica del personal del organismo solicitante, donde el equipo evaluador presenciará el desarrollo de las actividades de certificación o inspección o algún método de ensayo que requiera salir de las instalaciones del organismo.

El INDECOPI-SNA determinará el número de testificaciones a realizar en función al alcance solicitado y de acuerdo a las directrices establecidas para cada tipo de OEC.

5.7 Informes y certificados a evaluar en la Evaluación de Campo.- Durante la evaluación de campo se evaluarán informes y certificados que hayan sido emitidos dentro del alcance solicitado.

En el caso de los OEC acreditados, con el fin de verificar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Reglamento de Acreditación respecto al uso del símbolo; se incluirá la revisión de los informes o certificados emitidos dentro del alcance de su acreditación que no contengan el símbolo de acreditación.

El INDECOPI-SNA determinará el número de informes o certificados a evaluar en función al alcance a evaluar y de acuerdo a las directrices establecidas para cada tipo de OEC, según aplique.


5.8 Hallazgos detectados durante la Evaluación de Campo.- Durante la evaluación de campo, el equipo evaluador informará al solicitante los hallazgos detectados.

En caso el Equipo Evaluador no pueda llegar a una conclusión sobre un hallazgo, el responsable del equipo debe comunicarse con el INDECOPI-SNA para su aclaración.

Si durante el proceso de evaluación se detectase que, producto de una auditoría interna, el OEC ha generado una No Conformidad (NC) y no ha tomado las acciones correctivas que corresponden, el evaluador debe volver a generar la NC.

En caso el OEC estuviera en desacuerdo con una No Conformidad, esta observación deberá colocarse en el registro original de No Conformidades que se entregará en la reunión de cierre, debiendo presentar al INDECOPI-SNA el sustento correspondiente, junto con la remisión de las demás propuestas de acción correctiva si las hubiese. En cualquier caso, el plazo máximo para presentar la sustentación es de 10 días posteriores a la reunión de cierre.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 8 de 16
---	--	---

La Evaluación de campo culmina con la generación del acta de cierre y registro de no conformidades, al cierre de la evaluación se entregarán al OEC una copia de dichos documentos. El OEC puede efectuar preguntas sobre los hallazgos, si existieran, así como sobre sus fundamentos.

5.9 Informe de la evaluación.- El evaluador responsable de la evaluación remitirá al INDECOPI-SNA, las actas de apertura y cierre correspondientes, el registro de no conformidades, el informe de la evaluación y las listas de verificación.

El informe no prejuzgará la decisión del INDECOPI-SNA; y debe contener:

- a) Grado de cumplimiento de los criterios de acreditación;
- b) Reporte del número de no conformidades y el detalle de las observaciones.
- c) Otra información relevante.

Si bien el informe de evaluación es remitido por el responsable del Equipo Evaluador, la responsabilidad del contenido del mismo recae en el INDECOPI-SNA.

5.10 Presencia de No Conformidades.- De detectarse no conformidades, el solicitante deberá definir la corrección (de aplicar), las propuestas de acciones correctivas, el análisis de causas y los plazos para su ejecución en el Registro de No Conformidades original, que le fue entregado en la reunión de cierre; y remitirlo al INDECOPI-SNA. Dicho registro debe ser remitido en medio electrónico, y de manera opcional en físico, en un plazo de 10 días luego de culminada la evaluación de campo.

La aceptación o no de las propuestas serán comunicadas al OEC, en un plazo no mayor a 10 días posteriores al envío de las mismas. En caso de no ser aceptadas, se comunicará su desaprobación y el solicitante tendrá un plazo de 10 días para remitir nuevas propuestas de acción correctiva o complementar las existentes. Estas últimas propuestas deberán ser consignadas en el registro original de no conformidades que le será devuelto al organismo.

5.11 Plazos para la implementación de acciones correctivas.- En el caso de una evaluación inicial de acreditación, el plazo máximo para la implementación de las acciones correctivas es de 45 días. Para cualquier otra evaluación (renovación, ampliación, seguimiento, etc.) el plazo máximo es de 30 días, los cuales se contabilizarán una vez aprobadas las propuestas de acciones correctivas.

Para verificar el levantamiento de las No Conformidades se procederá a una evaluación complementaria, de acuerdo a lo establecido en 5.12, para lo cual el INDECOPI-SNA comunicará al solicitante el costo de dicha evaluación, establecido en el ítem 10.1. El solicitante tendrá un plazo máximo de 20 días para depositar el costo en caja del INDECOPI.

5.12 Evaluación complementaria.- El equipo evaluador designado, realizará la evaluación complementaria a fin de comprobar si las acciones correctivas propuestas para subsanar las no conformidades detectadas han sido suficientes. En función a la naturaleza de las no conformidades, la evaluación complementaria podría ejecutarse de manera documentaria o en campo. La efectividad de las acciones correctivas serán verificadas en la siguiente evaluación de mantenimiento.

La aceptación de las propuestas de acciones correctivas no implica que la no conformidad quede cerrada; puesto que el equipo evaluador debe verificar la implementación de éstas.

El responsable del equipo evaluador enviará al INDECOPI-SNA el registro de la evaluación complementaria y las actas generadas.

El INDECOPI-SNA informará al OEC en el plazo de 20 días posteriores a la evaluación complementaria el resultado del proceso.

5.13 Modificación del alcance de acreditación durante el proceso de acreditación.- Cuando las no conformidades detectadas en el proceso de evaluación se circunscriban al alcance de acreditación
TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 9 de 16
---	--	---

solicitado, el organismo puede requerir al INDECOPI-SNA la reducción de dicho alcance. La solicitud de modificación del alcance debe ser presentada en un plazo de 5 días de culminada la evaluación de campo.

5.14 Recomendación de Acreditación.- La recomendación de acreditación procede ante el cumplimiento por parte del OEC de los criterios de acreditación establecidos por el INDECOPI-SNA en el Reglamento de Acreditación, en las directrices correspondientes y lo indicado en el presente Procedimiento. La recomendación sobre la acreditación es una atribución del Comité Permanente de Acreditación.

El Comité Permanente de Acreditación, para dar su recomendación, debe obtener del OEC la confianza suficiente de que cumple con los criterios de acreditación. Para tal fin analizará el informe de evaluación, las propuestas de acción correctiva, las evidencias que permitieron la subsanación o mantenimiento de las no conformidades y otros documentos que contenga el expediente de acreditación. Las decisiones que puede adoptar el Comité son:

- a) Recomendar o no recomendar la acreditación
- b) Determinar una segunda evaluación complementaria, antes de proceder con la recomendación de acreditación
- c) Recomendar la reducción del alcance evaluado.

El Comité Permanente de Acreditación podrá recomendar que se efectúe una segunda evaluación complementaria para verificar la subsanación de las no conformidades pendientes, siempre que estas no conformidades no comprometan la competencia técnica del organismo.

En caso que los resultados contenidos en el informe de evaluación se vean modificados producto de la revisión de dicho informe por el CPA, tal modificación y el sustento correspondiente, estarán contenidos en el informe ejecutivo, el mismo que será remitido al OEC.

5.15 Decisión de Acreditación.- La acreditación procede ante el cumplimiento de los criterios establecidos en el Reglamento de Acreditación, en las directrices correspondientes y lo indicado en el presente Procedimiento.

La decisión sobre la acreditación es una atribución de la Jefatura del INDECOPI-SNA sobre la base de la recomendación emitida por el Comité Permanente de Acreditación. Esta decisión es tomada como máximo a los 10 días de emitida la recomendación del CPA.

La recomendación del Comité Permanente de Acreditación, el Informe ejecutivo y toda la información pertinente, será analizada por el Jefe del INDECOPI-SNA, quien podrá tomar una de las siguientes decisiones:


- a) Otorgar la acreditación
- b) Denegar la acreditación
- c) Determinar las actividades de evaluación extraordinaria que sean necesarias, y en este caso, los plazos de subsanación

5.16 Documentos de Acreditación.- Tomada la decisión de acreditación, el INDECOPI-SNA procede a notificar al OEC lo resuelto.

Cuando la decisión sea el otorgamiento de la acreditación, el INDECOPI-SNA remitirá 02 (dos) juegos originales del contrato a firmar con el OEC. En el contrato se especifican los derechos y obligaciones de ambas partes. Luego de firmado el contrato, el OEC deberá devolver 01 (un) juego al INDECOPI-SNA. La vigencia de la acreditación se inicia desde el día siguiente de la fecha de emisión de la Cédula de Notificación, independientemente de la fecha de la firma del contrato.

Posterior a la firma del contrato de acreditación, el INDECOPI-SNA remitirá al OEC el Certificado de Acreditación que evidencie la acreditación otorgada.

En estos documentos se indicará el nombre del OEC, el alcance de la acreditación, las direcciones
TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 10 de 16
---	--	--

de las instalaciones en las cuales se lleva a cabo una o más actividades de evaluación de la conformidad, el período de vigencia de la acreditación, una declaración de conformidad y una referencia a la norma utilizada para la evaluación del OEC y los plazos para los seguimientos correspondientes.

5.17 Preclusión de las etapas de evaluación comprendidas en el procedimiento de acreditación.- La evaluación documental y la evaluación de campo constituyen etapas que se ejecutan por una sola vez dentro del procedimiento de acreditación. Una vez iniciada la evaluación documental no es admisible la incorporación de cambios en la documentación relativos al alcance solicitado.

5.18 Vigencia de la acreditación.- La acreditación inicial tiene una vigencia de tres (03) años y las renovaciones sucesivas de la acreditación, una vigencia de cuatro (04) años. Para verificar el cumplimiento permanente de los requisitos de la acreditación, el titular está sujeto a la realización de evaluaciones de mantenimiento de la acreditación y a visitas de supervisión.

5.19 Registro de los Organismos Acreditados.- El INDECOPI-SNA registrará a los OEC en el Directorio de Organismos Acreditados indicando el alcance de la acreditación, éste registro es de carácter público y se encuentra disponible para quien lo solicite y en la página web del INDECOPI.

5.20 Recurso de apelación.- El solicitante que no estuviera de acuerdo con la decisión final del INDECOPI-SNA sobre su proceso de acreditación; podrá presentar el recurso de apelación dentro de los 05 días siguientes de recibida la notificación objeto de la apelación, la cual será analizada por un Comité Ad Hoc de Apelaciones.

5.21 Ubicación de la Solicitud de acreditación y documentos.- Luego de otorgada la acreditación, la solicitud de acreditación y sus anexos constituyen piezas procesales autónomas, las cuales deberán estar ubicadas en el expediente, así como el resto de documentos que formen parte del mantenimiento de la acreditación otorgada.

5.22 Actualización de documentos.- Los organismos acreditados están obligados a mantener las condiciones que fundamentan la acreditación otorgada, sin que ello afecte la posibilidad de contar con nuevos equipos, instrumentos, incorporar nuevo personal o actualizar su sistema de gestión. De efectuarse modificaciones en los documentos indicados en el anexo de la solicitud de acreditación, excepto los procedimientos de gestión, el OEC deberá comunicarlo al INDECOPI-SNA, adjuntando la nueva versión del documento. El INDECOPI-SNA determinará si los cambios requieren una evaluación de campo o a nivel documental. Las versiones obsoletas serán destruidas por el INDECOPI-SNA.

5.23 Acreditación de un OEC extranjero.- Cuando un OEC extranjero solicite la acreditación al INDECOPI-SNA como organismo de certificación y/o organismo de inspección, se procederá de acuerdo al procedimiento para Evaluación Transfronterza SNA-acr-17P. Un OEC extranjero acreditado por el INDECOPI-SNA puede solicitar el reconocimiento de los resultados de la evaluación de un proceso (renovación, seguimiento), realizada por un Organismo Acreditador extranjero, miembro firmante de alguno de los Acuerdos de Reconocimiento suscritos por el INDECOPI-SNA, para lo cual se procederá de acuerdo a lo establecido en el procedimiento para Evaluación Transfronterza SNA-acr-17P. En el caso de laboratorios de ensayo o laboratorios de calibración, se procederá de acuerdo a lo definido en el documento ILAC G21 Acreditación Transfronterza - Principios para la Cooperación.

6. MANTENIMIENTO DE LA ACREDITACIÓN

6.1 Mantenimiento de la acreditación.- Los OEC, para mantener su acreditación, deben someterse a evaluaciones posteriores a la acreditación tales como visitas de supervisión, evaluaciones extraordinarias, evaluaciones de seguimiento y renovación. Adicionalmente, los laboratorios de ensayo o laboratorios de calibración deben someterse a ensayos de aptitud o comparaciones inter laboratorios; y los organismos de certificación y organismos de Inspección, deben someterse a testificaciones.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 11 de 16
---	--	--

6.2 Visitas de supervisión.- El INDECOPI-SNA supervisa el correcto desempeño de los OEC a fin de verificar el mantenimiento de las condiciones bajo las cuales fue acreditado. Las visitas de supervisión son de dos tipos, programadas e inopinadas:

Las visitas de supervisión programadas pueden darse en las situaciones siguientes:

- a) Cambios en la estructura organizacional o en las instalaciones
- b) Cambios en los procedimientos que se le hayan requerido previamente a los OEC acreditados
- c) Cuando se requiera mayor información para el cierre de una no conformidad
- d) Cuando se requiera verificar el levantamiento de no conformidades que provocaron una suspensión efectiva.

Las visitas de supervisión inopinadas se pueden realizar en cualquier oportunidad como parte de las funciones inherentes al INDECOPI- SNA. No obstante algunas de estas visitas pueden estar motivadas por ejemplo:

- a) Cuando haya indicios de un mal uso del símbolo de acreditación o referencia a la condición de acreditado,
- b) Cuando el análisis de una queja o de cualquier otra información ponga en duda el cumplimiento de las condiciones de acreditación.

Los costos de las visitas de supervisión programadas serán asumidos en su totalidad por el OEC. El OEC debe brindar todas las facilidades para el acceso del INDECOPI-SNA a los registros e instalaciones pertinentes. Culminada la supervisión se redactará el acta correspondiente con los resultados de la visita de supervisión, debiéndose entregar una copia al representante del OEC.

6.3 Evaluaciones de Seguimiento. – La acreditación otorgada al OEC está sujeta a la realización de tres evaluaciones de seguimiento, a fin de asegurar que este cumpla permanentemente los criterios de acreditación que la sustentan.

En el caso de los OEC que hayan obtenido la acreditación por primera vez, las evaluaciones de seguimiento se realizarán a los seis (6), dieciséis (16) y veintiséis (26) meses de otorgada dicha acreditación, excepto que el INDECOPI-SNA disponga un plazo menor en función a las condiciones particulares del organismo acreditado.

En el caso de procesos de renovación, las evaluaciones de seguimiento se realizarán con una frecuencia anual.

Sin perjuicio de las evaluaciones de seguimiento, el INDECOPI-SNA podrá realizar visitas de supervisión.

El OEC podrá solicitar por única vez y con el debido sustento, la postergación de la fecha de la evaluación de campo, debiendo presentar la solicitud por escrito, como mínimo, con 05 días de anticipación a la fecha de la evaluación definida en el Plan de evaluación. La solicitud será evaluada por el INDECOPI-SNA a fin de aceptar o no tal postergación. De ser aceptada, el plazo no excederá los 60 días.

6.4 Objeto de las evaluaciones de seguimiento.- Las evaluaciones de seguimiento tienen por objeto comprobar que el OEC acreditado ha mantenido, en el período transcurrido, las condiciones establecidas para el otorgamiento de la acreditación, cumple con los criterios de acreditación y competencia técnica, observando su desempeño en condiciones habituales, de forma tal que antes de cumplir la vigencia otorgada para la acreditación, se hayan revisado todos los puntos de la norma evaluada.

Los objetivos fundamentales de las evaluaciones de seguimiento son:

- a) Comprobar el mantenimiento de los criterios de acreditación por parte del OEC.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 12 de 16
---	--	--

- b) Verificar la implementación y eficacia de las acciones correctivas a las no conformidades y desviaciones detectadas en evaluaciones previas, de ser el caso.
- c) Comprobar que se han respetado las obligaciones resultantes de la acreditación.
- d) Examinar cualquier cambio en la organización, procedimientos y recursos del organismo acreditado para la realización de las actividades incluidas en el alcance de la acreditación. Asimismo, verificar si los cambios han sido comunicados al INDECOPI-SNA.

6.5 Procedimiento para la Evaluación de Seguimiento.- Las evaluaciones de seguimiento se realizarán de acuerdo a lo establecido en el ítem 5 en lo que corresponda.

El equipo evaluador designado debe levantar actas al iniciar y al culminar las evaluaciones de seguimiento, consignando todos los incidentes de la evaluación y adjuntando el registro de las No Conformidades eventualmente detectadas y las acciones correctivas propuestas de ser el caso.

El INDECOPI-SNA remitirá al OEC acreditado un Informe de la evaluación ejecutada.

6.6 Visitas de testificación.- Como parte del mantenimiento de la acreditación, el INDECOPI-SNA realizará visitas de testificación, de acuerdo a lo señalado en 5.6. Las visitas de testificación se realizarán de manera simultánea con las visitas de supervisión o evaluaciones de seguimiento. Los OEC deben prever la oportunidad de realizar las testificaciones de manera conjunta en las fechas que corresponda a su supervisión o seguimiento.

6.7 Presencia de No Conformidades.- Si como resultado de una evaluación extraordinaria ó evaluación de seguimiento ó visita de testificación se presentan No Conformidades, el organismo debe presentar sus propuestas de acción correctiva en un plazo de 10 días de culminada la evaluación de campo. Las propuestas de acción correctiva serán evaluadas por el equipo evaluador y se comunicará su aprobación en un plazo de 05 días desde su aprobación; caso contrario se comunicará su desaprobación y tendrán un plazo de 10 días para remitir nuevas propuestas de acción correctiva ó complementar las existentes.

Las no conformidades deben ser levantadas en un plazo de 30 días contados desde la comunicación de aprobación de las propuestas de acción correctiva.

Para verificar el levantamiento de las No Conformidades se procederá a una evaluación complementaria, de acuerdo a lo establecido en 5.12.

Excepcionalmente, el Comité Permanente de Acreditación podrá recomendar que se efectúe una segunda evaluación complementaria para verificar la subsanación de las no conformidades pendientes, siempre que estas no conformidades no comprometan la competencia técnica del organismo.

6.8 Ensayos de aptitud ó comparaciones interlaboratorio.- Como parte del mantenimiento de la acreditación, los laboratorios deben participar en Programas de Ensayos de aptitud o Comparaciones interlaboratorios conforme a lo establecido en la Directriz para participación de Ensayos de Aptitud/ Comparaciones Interlaboratorios SNA-acr-13D. Esto no afecta la posibilidad de los laboratorios de participar en otros ensayos de aptitud o comparaciones interlaboratorios, de acuerdo a lo establecido en la NTP-ISO/IEC 17025. Los laboratorios deben remitir al INDECOPI-SNA los informes de las participaciones en ensayos de aptitud ó comparaciones interlaboratorio, en los que hayan participado con métodos o procedimientos que están dentro del alcance de la acreditación.

6.9 Decisión sobre el mantenimiento de la acreditación.- La Jefatura del INDECOPI-SNA decidirá sobre el mantenimiento de la acreditación, tomando como base la información recogida en el expediente sobre las evaluaciones de seguimiento, evaluaciones extraordinarias, visitas de supervisión, participación en ensayos de aptitud, comparaciones interlaboratorios, el informe ejecutivo de acreditación y la recomendación del Comité Permanente de Acreditación.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 13 de 16
---	--	--

7. RENOVACION

7.1 Renovación de la Acreditación.- Transcurrido los 03 años de vigencia de la acreditación el INDECOPI-SNA reevaluará, la competencia técnica del OEC a fin de verificar si el sistema de gestión de la calidad implantado sigue siendo eficaz. Esta reevaluación se realizará mediante un procedimiento similar al aplicado en la evaluación de acreditación inicial.

Si el OEC Acreditado desea renovar su acreditación sin sufrir una interrupción entre la vigencia de su contrato actual y la vigencia del siguiente, deberá iniciar el procedimiento de renovación por lo menos 180 (ciento ochenta) días calendario antes de la caducidad de su acreditación vigente. Si el OEC Acreditado cumpliera esta disposición y, por causas no imputables a él, el proceso de renovación no se hubiese concluido antes de la caducidad de su acreditación vigente, la misma será prorrogada hasta la culminación de dicho proceso.

Si el organismo acreditado, no presenta su solicitud en los plazos establecidos o extemporáneos y antes del vencimiento de la vigencia de la acreditación, se considera que el organismo acreditado no está interesado en renovar su acreditación y cualquier procedimiento posterior será considerado como un nuevo proceso de acreditación.

El INDECOPI-SNA puede admitir las solicitudes de renovación extemporáneas siempre que la acreditación se encuentre vigente, informando a los solicitantes que la continuidad de la acreditación podría verse afectada por el incumplimiento del plazo previsto.

7.2 Proceso de Renovación de la Acreditación.- El proceso de renovación sigue el mismo proceso establecido en el ítem 5, a excepción de la evaluación documentaria que no es aplicable, salvo que se produzca un cambio en los criterios de acreditación bajo los cuales fue inicialmente acreditado. En este caso, se realizará una revisión de la documentación, la cual estará considerada en el programa y costos de la evaluación.

7.3 Naturaleza de las No Conformidades dentro del proceso de renovación.- Debido a que los organismos que solicitan la renovación lo hacen en calidad de organismos acreditados, las no conformidades halladas durante la evaluación de renovación pueden constituir supuestos de revocación de la acreditación que requieran de una investigación. En tales casos y dependiendo de la naturaleza y gravedad de los hechos investigados, el INDECOPI-SNA podrá suspender el proceso de renovación hasta que culminen dichos procedimientos, pues de sus resultados depende la continuidad del OEC dentro del sistema de acreditación.

7.4 Modificación del alcance de la acreditación en procesos de renovación.- Al solicitar la renovación de la acreditación, el OEC podría optar por no renovar la totalidad de métodos/ procedimientos / actividades de inspección, productos ó sectores de actividad acreditados. Para tal efecto dicha opción deberá indicarlo en la solicitud de la renovación, precisando el alcance que no será renovado. Caso contrario, se programará la evaluación de renovación con base al alcance inicialmente otorgado.

El OEC tiene la obligación de mantener vigentes los métodos/ procedimientos/ documentos normativos que le fueron acreditados; si durante la evaluación de renovación se detectara que no se mantiene actualizado el alcance, esto dará lugar a una no conformidad.

El OEC no podrá solicitar conjuntamente con la renovación la ampliación del alcance acreditado; ya que la ampliación del alcance constituye un proceso de acreditación diferente.

8. MODIFICACION DEL ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN

8.1 Modificación del alcance de la Acreditación.- El alcance de la acreditación puede ser actualizado, ampliado o reducido por el INDECOPI-SNA a solicitud del OEC, precisando los aspectos que requiere modificar, conforme a lo previsto en el presente procedimiento. La reducción también procede por decisión del INDECOPI-SNA cuando observe la falta de competencia técnica de los OEC acreditados. La modificación del alcance de acreditación no afecta su período de vigencia.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 14 de 16
---	--	--

El procedimiento para la modificación del alcance de acreditación, sigue el mismo procedimiento establecido en el numeral 5, a excepción de los procedimientos de reducción que no involucran la evaluación de campo, ni la participación del Comité Permanente de Acreditación.

La Jefatura del INDECOPI-SNA, basada en la recomendación del Comité Permanente de Acreditación, de ser el caso; decidirá si otorga o no la actualización, ampliación o reducción, y emitirá una notificación:

- Si es favorable, la notificación incluye las modificaciones al alcance de la acreditación;
- Si es desfavorable, la notificación incluye las razones por las cuales se deniega la solicitud

8.2 Actualización del alcance de Acreditación.- Los organismos acreditados deben solicitar la actualización del alcance de acreditación cuando los documentos normativos, métodos o procedimientos de calibración, cuando aplique, hayan sido modificados y se hayan publicado nuevas ediciones, declarando, con el debido sustento, la naturaleza de los cambios; es decir, si son de forma (cuando los cambios no afecten ninguna etapa de la ejecución de la actividad de evaluación de la conformidad) o de fondo (cuando los cambios afecten alguna etapa de la ejecución de la actividad de evaluación de la conformidad)

Nota.- Son ejemplos de cambios de fondo:

- En un método de ensayo: requerimiento de nuevos equipos, materiales, reactivos y/o competencia del personal, etc.
- En un documento normativo o procedimiento de inspección: inclusión de nuevos requisitos, requerimiento de nuevos equipos, etc.
- En un documento normativo para certificación de productos: inclusión de nuevos requisitos, requerimiento de nuevos ensayos, etc.
- En una norma de gestión: cambios en los requisitos que requieran el reentrenamiento de auditores, etc.

Los organismos acreditados podrán solicitar la actualización del alcance de acreditación cuando se hayan publicado Normas Técnicas Peruanas que adoptan normas técnicas extranjeras o internacionales (que están en el alcance de su acreditación), ó se hayan publicado nuevos reglamentos.

Sobre la base de lo declarado por el OEC, se determinará las evaluaciones que correspondan, tomando en cuenta si las modificaciones incluidas obedecen a cambios de forma o fondo. Si el OEC declara que el cambio es de forma, el INDECOPI-SNA actualizará el documento que contiene el alcance de la acreditación. Si en una evaluación posterior se comprobara que el cambio no fue de forma, según lo declarado por el OEC, sino de fondo, el INDECOPI-SNA tomará las acciones pertinentes, las que pueden incluir una sanción sobre la base de lo establecido en el Decreto Supremo N° 081-2008-PCM, "Reglamento de la Ley de los Sistemas Nacionales de Normalización y Acreditación".

Si el cambio es de fondo, en función al tipo de OEC se realizará lo siguiente:

- a) En el caso de laboratorios de ensayo: se evaluará la competencia del laboratorio para el método actualizado en una visita de evaluación extraordinaria o de seguimiento.
- b) En el caso de laboratorios de calibración: se evaluará la competencia del laboratorio en la implementación del procedimiento actualizado en una visita de evaluación extraordinaria o de seguimiento.
- c) En el caso de organismos de inspección: se evaluará la implementación de los procedimientos y /o actividades de inspección que se vean afectados por los cambios en los documentos normativos; en una visita de evaluación extraordinaria o de seguimiento.
- d) En el caso de organismos de certificación de productos y de personas: se evaluará la implementación de los cambios en los documentos normativos; en una visita de evaluación extraordinaria o de seguimiento.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 15 de 16
---	--	--

- e) En el caso de organismos de certificación de sistemas de gestión: se evaluará la implementación de los cambios en las normas de gestión; en una visita de evaluación extraordinaria o de seguimiento.

En los casos de actualización de fondo se presentará un informe al CPA, el cual recomendará si procede la actualización, sobre la base de lo cual el jefe del INDECOPI-SNA tomará la decisión.

8.3 Ampliación del alcance de Acreditación.- Los OEC acreditados podrán solicitar la ampliación del alcance de su acreditación cuando requieran incluir nuevos aspectos y en particular en los siguientes casos:

- a) Para los laboratorios de ensayo, cuando deseen incluir en su alcance de acreditación nuevos métodos de ensayo o cuando deseen adicionar nuevos productos al alcance de un método de ensayo ya acreditado. En este último caso si los productos a adicionar se encuentran fuera del alcance del método de ensayo, será necesaria la validación previa del método de ensayo.
- b) Para los laboratorios de calibración, cuando deseen incluir en su alcance de acreditación nuevos procedimientos/métodos de calibración, cuando deseen adicionar un nuevo alcance de medición (instrumento); o cuando deseen ampliar el rango de medición o declarar una mejor incertidumbre en el alcance de procedimientos/métodos de calibración ya acreditados.
- c) Para los organismos de certificación de productos, cuando deseen incluir en su alcance de acreditación, nuevos documentos normativos o nuevos productos.
- d) Para los organismos de certificación de sistemas de gestión, cuando deseen incluir nuevos sectores de actividad dentro del alcance de su acreditación, o cuando deseen certificar nuevos sistemas de gestión.
- e) Para los organismos de inspección, cuando deseen incluir en su alcance de acreditación nuevas actividades, productos o servicios a inspeccionar o documentos normativos.
- f) Para los organismos de certificación de personas, cuando deseen incluir en su alcance de acreditación, nuevas especialidades; niveles o categorías o actividades; o documentos normativos.
- g) Para todos los OEC cuando requieran incluir en su alcance otras instalaciones donde realicen actividades de evaluación de la conformidad

El OEC que presente una solicitud de ampliación, deberá efectuarla antes de los 60 días previos a una evaluación de seguimiento o renovación. El INDECOPI-SNA evaluará la posibilidad de realizar la evaluación de ampliación en conjunto con una de seguimiento.

8.4 Reducción del alcance de acreditación.- Los OEC podrán solicitar la reducción del alcance de acreditación precisando los aspectos que requiere retirar de dicho alcance y detallando la relación de servicios involucrados que se encuentren pendientes y la fecha del último servicio brindado. La reducción no afecta la prestación de servicios contratados con anterioridad.

8.5 Reducción del alcance de Acreditación de oficio.- El INDECOPI-SNA podrá reducir el alcance de acreditación del OEC, cuando se observe y constate falta de competencia técnica del OEC para realizar parte de las actividades de evaluación de la conformidad acreditado.

9. NOTIFICACION DE CAMBIOS

9.1 Notificación de Cambios de parte del OEC acreditado.- El OEC acreditado debe comunicar al INDECOPI-SNA los cambios que realice y remitir los documentos que sustenten dichos cambios, en particular; aquellos que puedan afectar la capacidad del organismo, el alcance de actividades acreditadas o la conformidad con los criterios de acreditación y que tengan relación con:

- a) El estado legal, comercial u organizativo;
- b) La organización y administración del organismo, por ejemplo personal clave de la organización;
- c) sus principales políticas,
- d) Personal, equipo, instalaciones o ambientes de trabajo, cambio de local, u otros recursos;
- e) Signatarios autorizados, cuando corresponda;
- f) Cuando por alguna razón el OEC decida dejar de brindar el servicio.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

	PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACREDITACION	Código : SNA-acr-01P Versión : 10 Página : 16 de 16
---	--	--

Ante una comunicación el INDECOPI-SNA procederá a su revisión y establecerá las actividades de evaluación que correspondan, asimismo; cuando corresponda, decidirá sobre el mantenimiento o modificación del alcance de acreditación y documentos de acreditación según proceda.

9.2 Notificación de Cambios por parte del INDECOPI-SNA.- El INDECOPI-SNA notificará a los OEC cuando se realicen cambios en los criterios de acreditación y establecerá plazos para que los organismos se adecuen a dichos cambios; asimismo, determinará los mecanismos de evaluación que se aplicarán para verificar que los organismos se hayan implementado los cambios establecidos.

10. TARIFAS

10.1 Establecimiento de los costos de la acreditación.- El OEC solicitante o el OEC acreditado deben cubrir todos los costos de la acreditación y los que involucren el mantenimiento de la acreditación. Las tarifas de acreditación se componen de:

- a) El costo base que se encuentra comprendido en el tarifario disponible en la página web del Indecopi y que corresponde a los procesos de acreditación, renovación, seguimiento, ampliación, actualización, reducción, uso del símbolo.
- b) El costo de evaluación inicial, compuesto a su vez por la evaluación documentaria y la evaluación de campo, el que dependerá del alcance a evaluar, dado que dicho alcance determina el número de integrantes del equipo evaluador y el número de días de evaluación.
- c) El costo de evaluación complementaria, el cual dependerá de la naturaleza de las no conformidades que puedan presentarse.
- d) En caso de evaluaciones a organismos ubicados fuera de la ciudad de Lima, los gastos de traslado como viáticos, hospedaje e impuestos en que se incurra como parte del procedimiento de evaluación serán asumidos por el organismo solicitante o acreditado.
- e) En el caso de evaluaciones a organismos ubicados en la ciudad de Lima, el organismo deberá asumir los costos de traslado y estadía del o los miembros del equipo evaluador que provengan de una zona ubicada fuera de Lima.

10.2 Devolución del costo base.- El INDECOPI-SNA dispondrá la devolución del 82% del costo base cancelado por el OEC, al declarar inadmisibles las solicitudes de acreditación, conforme a lo establecido en el ítem 5.3.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO"

ANEXO N°10: NORMA 17025.

**NORMA
INTERNACIONAL**

**ISO/IEC
17025**

Segunda edición
2005-05-15

**Requisitos generales para la competencia
de los laboratorios de ensayo y de
calibración**

*General requirements for the competence of testing and calibration
laboratories*

*Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires
d'étalonnages et d'essais*



Número de referencia
ISO/IEC 17025:2005(ES)

© ISO/IEC 2005

ISO/IEC 17025:2005(ES)

PDF – Exoneración de responsabilidad

El presente fichero PDF puede contener pólizas de caracteres integradas. Conforme a las condiciones de licencia de Adobe, este fichero podrá ser impreso o visualizado, pero no deberá ser modificado a menos que el ordenador empleado para tal fin disfrute de una licencia que autorice la utilización de estas pólizas y que éstas estén instaladas en el ordenador. Al descargar este fichero, las partes implicadas aceptan de hecho la responsabilidad de no infringir las condiciones de licencia de Adobe. La Secretaría Central de ISO rehusa toda responsabilidad sobre esta cuestión.

Adobe es una marca registrada de Adobe Systems Incorporated.

Los detalles relativos a los productos *software* utilizados para la creación del presente fichero PDF están disponibles en la sección General Info del fichero. Los parámetros de creación PDF han sido optimizados para la impresión. Se han adoptado todas las medidas pertinentes para garantizar la explotación de este fichero por los comités miembros de ISO. En la eventualidad poco probable de surgir un problema de utilización, sírvase comunicarlo a la Secretaría Central en la dirección indicada a continuación.

© ISO 2005

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún procedimiento, electrónico o mecánico, fotocopias y microfilms inclusive, sin el acuerdo escrito de ISO solicitado a la siguiente dirección o del comité miembro de ISO en el país del solicitante.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tfn: + 41 22 749 01 11
Fax: + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Impreso en Suiza

ii

© ISO/IEC 2005 Todos los derechos reservados

Índice

Pág.

Prólogo	iv
Prólogo de la versión en español	v
Introducción	vi
1 Objeto y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	2
3 Términos y definiciones.....	2
4 Requisitos relativos a la gestión.....	2
4.1 Organización	2
4.2 Sistema de gestión.....	3
4.3 Control de los documentos	4
4.3.1 Generalidades	4
4.3.2 Aprobación y emisión de los documentos	4
4.3.3 Cambios a los documentos	5
4.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos	5
4.5 Subcontratación de ensayos y de calibraciones	6
4.6 Compras de servicios y de suministros.....	6
4.7 Servicios al cliente	7
4.8 Quejas	7
4.9 Control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes	7
4.10 Mejora	8
4.11 Acciones correctivas.....	8
4.11.1 Generalidades	8
4.11.2 Análisis de las causas.....	8
4.11.3 Selección e implementación de las acciones correctivas	8
4.11.4 Seguimiento de las acciones correctivas	8
4.11.5 Auditorías adicionales	8
4.12 Acciones preventivas	9
4.13 Control de los registros	9
4.13.1 Generalidades	9
4.13.2 Registros técnicos.....	9
4.14 Auditorías internas.....	10
4.15 Revisiones por la dirección	10
5 Requisitos técnicos	11
5.1 Generalidades	11
5.2 Personal.....	11
5.3 Instalaciones y condiciones ambientales	12
5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.....	13
5.4.1 Generalidades	13
5.4.2 Selección de los métodos.....	13
5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio.....	14
5.4.4 Métodos no normalizados	14
5.4.5 Validación de los métodos	14
5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición	15
5.4.7 Control de los datos	16
5.5 Equipos	16
5.6 Trazabilidad de las mediciones.....	18
5.6.1 Generalidades	18
5.6.2 Requisitos específicos.....	18
5.6.3 Patrones de referencia y materiales de referencia	19
5.7 Muestreo.....	20

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.8	Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración.....	20
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración	21
5.10	Informe de los resultados	21
5.10.1	Generalidades	21
5.10.2	Informes de ensayos y certificados de calibración	22
5.10.3	Informes de ensayos	22
5.10.4	Certificados de calibración.....	23
5.10.5	Opiniones e interpretaciones	24
5.10.6	Resultados de ensayo y calibración obtenidos de los subcontratistas	24
5.10.7	Transmisión electrónica de los resultados.....	24
5.10.8	Presentación de los informes y de los certificados.....	24
5.10.9	Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibración.....	24
Anexo A (Informativo)	Referencias cruzadas nominales a la norma ISO 9001:2000	25
Anexo B (Informativo)	Directrices para establecer aplicaciones para campos específicos	28
Bibliografía	.....	29

ISO/IEC 17025:2005(ES)

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) forman el sistema especializado para la normalización mundial. Los organismos nacionales miembros de ISO e IEC participan en el desarrollo de las Normas Internacionales a través de comités técnicos establecidos por la organización respectiva, para tratar con campos particulares de la actividad técnica. Los comités técnicos de ISO e IEC colaboran en campos de interés mutuo. Otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, vinculadas a ISO e IEC, también participan en el trabajo. En el campo de la evaluación de la conformidad, el Comité de ISO para la evaluación de la conformidad (CASCO) es responsable del desarrollo de Normas y Guías Internacionales

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

Los Proyectos de Normas Internacionales se circulan a los organismos nacionales para votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos nacionales con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO e IEC no se responsabilizan por la identificación de ningún derecho de patente.

La Norma ISO/IEC 17025 fue preparada por ISO/CASCO, *Comité de evaluación de la conformidad*.

Esta segunda edición anula y reemplaza a la primera edición (ISO/IEC 17025:1999), la cual ha sido revisada técnicamente.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

Prólogo de la versión en español

Esta Norma Internacional ha sido traducida por el Grupo de Trabajo "Spanish Translation Working Group" del Comité ISO/CASCO, Comité para la evaluación de la conformidad, en el que participan representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de los siguientes países:

Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, Estados Unidos de América, México, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Igualmente, en el citado Grupo de Trabajo participan representantes de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) e IAAC (Cooperación Interamericana de Acreditación).

Esta traducción es el resultado del trabajo que el Grupo ISO/CASCO STWG viene desarrollando desde 2002 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la evaluación de la conformidad.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

Introducción

La primera edición (1999) de esta Norma Internacional fue producto de la amplia experiencia adquirida en la implementación de la Guía ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001, a las que reemplazó. Contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

La primera edición hacía referencia a las Normas ISO 9001:1994 e ISO 9002:1994. Dichas normas han sido reemplazadas por la Norma ISO 9001:2000, lo que hizo necesario alinear la Norma ISO/IEC 17025. En esta segunda edición se han modificado o agregado apartados sólo en la medida que fue necesario a la luz de la Norma ISO 9001:2000.

Es conveniente que los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración se basen en esta Norma Internacional para sus acreditaciones. El capítulo 4 establece los requisitos para una gestión sólida. El capítulo 5 establece los requisitos para la competencia técnica en los tipos de ensayos o de calibraciones que el laboratorio lleva a cabo.

El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad que se considera que cumple la Norma ISO 9001 así como esta Norma Internacional. Por ello, se ha tenido el cuidado de incorporar todos aquellos requisitos de la Norma ISO 9001 que son pertinentes al alcance de los servicios de ensayo y de calibración cubiertos por el sistema de gestión del laboratorio.

Los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplen esta Norma Internacional funcionarán, por lo tanto, también de acuerdo con la Norma ISO 9001.

La conformidad del sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio, con los requisitos de la Norma ISO 9001, no constituye por sí sola una prueba de la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente válidos. Por otro lado, la conformidad demostrada con esta Norma Internacional tampoco significa que el sistema de gestión de la calidad implementado por el laboratorio cumple todos los requisitos de la Norma ISO 9001.

La aceptación de los resultados de ensayo y de calibración entre países debería resultar más fácil si los laboratorios cumplen esta Norma Internacional y obtienen la acreditación de organismos que han firmado acuerdos de reconocimiento mutuo con organismos equivalentes que utilizan esta Norma Internacional en otros países.

El uso de esta Norma Internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como a la armonización de normas y procedimientos.

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

1 Objeto y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos¹⁾ o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

1.2 Esta Norma Internacional es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Estas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.

1.3 Las notas que se incluyen proporcionan aclaraciones del texto, ejemplos y orientación. No contienen requisitos y no forman parte integral de esta Norma Internacional.

1.4 Esta Norma Internacional es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. También puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios.

NOTA 1 El término "sistema de gestión" en esta Norma Internacional, designa los sistemas de la calidad, administrativos y técnicos, que rigen las actividades de un laboratorio.

NOTA 2 La certificación de un sistema de gestión a veces también se denomina registro.

1.5 El cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de seguridad, relacionados con el funcionamiento de los laboratorios, no está cubierto por esta Norma Internacional.

1.6 Si los laboratorios de ensayos y de calibración cumplen los requisitos de esta Norma Internacional, actuarán bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001. El anexo A proporciona referencias nominales cruzadas entre esta Norma Internacional y la Norma ISO 9001. Esta Norma Internacional cubre requisitos para la competencia técnica que no están cubiertos por la Norma ISO 9001.

NOTA 1 Podría ser necesario explicar o interpretar ciertos requisitos de esta Norma Internacional a fin de asegurarse de que los requisitos se aplicarán de manera coherente. En el anexo B se dan pautas para establecer aplicaciones para campos específicos (véase la Norma ISO/IEC 17011).

NOTA 2 Si un laboratorio desea ser acreditado para todas o para parte de sus actividades de ensayo y de calibración, debería seleccionar un organismo de acreditación que funcione de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17011.

1) El término "ensayo" en esta norma equivale al término "prueba" en algunos países.

ISO/IEC 17025:2005(ES)**2 Referencias normativas**

Los documentos de referencia siguientes son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

ISO/IEC 17000, *Evaluación de la conformidad – Vocabulario y principios generales*

VIM, *Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología*, publicado por BIPM, IEC, IFCC, ISO, UIPAC, UIPAP y OIML.

NOTA En la bibliografía se citan otras normas, guías, etc. relacionadas con los temas tratados en esta Norma Internacional.

3 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Internacional se aplican los términos y definiciones pertinentes de la Norma ISO/IEC 17000 y del VIM.

NOTA En la Norma ISO 9000 se establecen las definiciones generales relativas a la calidad, mientras que la Norma ISO/IEC 17000 establece definiciones que se refieren específicamente a la certificación y la acreditación de laboratorios. Cuando las definiciones de la Norma ISO 9000 sean diferentes, tienen preferencia las de la Norma ISO/IEC 17000 y las del VIM.

4 Requisitos relativos a la gestión**4.1 Organización**

4.1.1 El laboratorio o la organización de la cual es parte, debe ser una entidad con responsabilidad legal.

4.1.2 Es responsabilidad del laboratorio realizar sus actividades de ensayo y de calibración de modo que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional y se satisfagan las necesidades de los clientes, autoridades regulatorias u organizaciones que otorgan reconocimiento.

4.1.3 El sistema de gestión debe cubrir el trabajo realizado en las instalaciones permanentes del laboratorio, en sitios fuera de sus instalaciones permanentes o en instalaciones temporales o móviles asociadas.

4.1.4 Si el laboratorio es parte de una organización que desarrolla actividades distintas de las de ensayo o de calibración, se deben definir las responsabilidades del personal clave de la organización que participa o influye en las actividades de ensayo o de calibración del laboratorio, con el fin de identificar potenciales conflictos de intereses.

NOTA 1 Cuando un laboratorio es parte de una organización mayor, es conveniente que las disposiciones de la organización aseguren que los departamentos que tengan intereses divergentes, tales como los departamentos de producción, comercialización, o financiero, no influyan en forma adversa en el cumplimiento del laboratorio con los requisitos de esta Norma Internacional.

NOTA 2 Si el laboratorio desea ser reconocido como un laboratorio de tercera parte, es conveniente que pueda demostrar que es imparcial y que tanto él como su personal están libres de toda presión indebida, comercial, financiera o de otra índole, que pueda influir en su juicio técnico. Es conveniente que el laboratorio de ensayo o de calibración de tercera parte no lleve a cabo ninguna actividad que pueda poner en peligro la confianza en su independencia de juicio e integridad en relación con sus actividades de ensayo o de calibración.

4.1.5 El laboratorio debe:

- a) tener personal directivo y técnico que tenga, independientemente de toda otra responsabilidad, la autoridad y los recursos necesarios para desempeñar sus tareas, incluida la implementación, el mantenimiento y la mejora del sistema de gestión, y para identificar la ocurrencia de desvíos del sistema de gestión o de los procedimientos de ensayo o de calibración, e iniciar acciones destinadas a prevenir o minimizar dichos desvíos (véase también 5.2);

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- b) tomar medidas para asegurarse de que su dirección y su personal están libres de cualquier presión o influencia indebida, interna o externa, comercial, financiera o de otro tipo, que pueda perjudicar la calidad de su trabajo;
 - c) tener políticas y procedimientos para asegurar la protección de la información confidencial y los derechos de propiedad de sus clientes, incluidos los procedimientos para la protección del almacenamiento y la transmisión electrónica de los resultados;
 - d) tener políticas y procedimientos para evitar intervenir en cualquier actividad que pueda disminuir la confianza en su competencia, imparcialidad, juicio o integridad operativa;
 - e) definir la organización y la estructura de gestión del laboratorio, su ubicación dentro de una organización madre, y las relaciones entre la gestión de la calidad, las operaciones técnicas y los servicios de apoyo;
 - f) especificar la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que dirige, realiza o verifica el trabajo que afecta a la calidad de los ensayos o calibraciones;
 - g) proveer adecuada supervisión al personal encargado de los ensayos y calibraciones, incluidos los que están en formación, por personas familiarizadas con los métodos y procedimientos, el objetivo de cada ensayo o calibración y con la evaluación de los resultados de los ensayos o de las calibraciones;
 - h) tener una dirección técnica con la responsabilidad total por las operaciones técnicas y la provisión de los recursos necesarios para asegurar la calidad requerida de las operaciones del laboratorio;
 - i) nombrar un miembro del personal como responsable de la calidad (o como se designe), quien, independientemente de otras obligaciones y responsabilidades, debe tener definidas la responsabilidad y la autoridad para asegurarse de que el sistema de gestión relativo a la calidad será implementado y respetado en todo momento; el responsable de la calidad debe tener acceso directo al más alto nivel directivo en el cual se toman decisiones sobre la política y los recursos del laboratorio;
 - j) nombrar sustitutos para el personal directivo clave (véase la nota).
- NOTA Las personas pueden tener más de una función y puede ser impracticable designar sustitutos para cada función.
- k) asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de la manera en que contribuyen al logro de los objetivos del sistema de gestión.

4.1.6 La alta dirección debe asegurarse de que se establecen los procesos de comunicación apropiados dentro del laboratorio y de que la comunicación se efectúa considerando la eficacia del sistema de gestión.

4.2 Sistema de gestión

4.2.1 El laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades. El laboratorio debe documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones tanto como sea necesario para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos o calibraciones. La documentación del sistema debe ser comunicada al personal pertinente, debe ser comprendida por él, debe estar a su disposición y debe ser implementada por él.

4.2.2 Las políticas del sistema de gestión del laboratorio concernientes a la calidad, incluida una declaración de la política de la calidad, deben estar definidas en un manual de la calidad (o como se designe). Los objetivos generales deben ser establecidos y revisados durante la revisión por la dirección. La declaración de la política de la calidad debe ser emitida bajo la autoridad de la alta dirección. Como mínimo debe incluir lo siguiente:

- a) el compromiso de la dirección del laboratorio con la buena práctica profesional y con la calidad de sus ensayos y calibraciones durante el servicio a sus clientes;
- b) una declaración de la dirección con respecto al tipo de servicio ofrecido por el laboratorio;
- c) el propósito del sistema de gestión concerniente a la calidad;

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- d) un requisito de que todo el personal relacionado con las actividades de ensayo y de calibración dentro del laboratorio se familiarice con la documentación de la calidad e implemente las políticas y los procedimientos en su trabajo;
- e) el compromiso de la dirección del laboratorio de cumplir esta Norma Internacional y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión.

NOTA Es conveniente que la declaración de la política de la calidad sea concisa y puede incluir el requisito de que los ensayos y las calibraciones siempre deben efectuarse de acuerdo con los métodos establecidos y los requisitos de los clientes. Cuando el laboratorio de ensayo o de calibración forme parte de una organización mayor, algunos elementos de la política de la calidad pueden estar en otros documentos.

4.2.3 La alta dirección debe proporcionar evidencias del compromiso con el desarrollo y la implementación del sistema de gestión y con mejorar continuamente su eficacia.

4.2.4 La alta dirección debe comunicar a la organización la importancia de satisfacer tanto los requisitos del cliente como los legales y reglamentarios.

4.2.5 El manual de la calidad debe contener o hacer referencia a los procedimientos de apoyo, incluidos los procedimientos técnicos. Debe describir la estructura de la documentación utilizada en el sistema de gestión.

4.2.6 En el manual de la calidad deben estar definidas las funciones y responsabilidades de la dirección técnica y del responsable de la calidad, incluida su responsabilidad para asegurar el cumplimiento de esta Norma Internacional.

4.2.7 La alta dirección debe asegurarse de que se mantiene la integridad del sistema de gestión cuando se planifican e implementan cambios en éste.

4.3 Control de los documentos

4.3.1 Generalidades

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión (generados internamente o de fuentes externas), tales como la reglamentación, las normas y otros documentos normativos, los métodos de ensayo o de calibración, así como los dibujos, el software, las especificaciones, las instrucciones y los manuales.

NOTA 1 En este contexto el término "documento" puede significar declaraciones de la política, procedimientos, especificaciones, tablas de calibración, gráficos, manuales, pósters, avisos, memoranda, software, dibujos, planos, etc. Pueden estar en diversos medios, ya sea en papel o soportes electrónicos, y pueden ser digitales, analógicos, fotográficos o escritos.

NOTA 2 El control de los datos relacionados con los ensayos y las calibraciones se describe en el apartado 5.4.7. El control de los registros se describe en el apartado 4.13.

4.3.2 Aprobación y emisión de los documentos

4.3.2.1 Todos los documentos distribuidos entre el personal del laboratorio como parte del sistema de gestión deben ser revisados y aprobados, para su uso, por el personal autorizado antes de su emisión. Se debe establecer una lista maestra o un procedimiento equivalente de control de la documentación, identificando el estado de revisión vigente y la distribución de los documentos del sistema de gestión, la cual debe ser fácilmente accesible con el fin de evitar el uso de documentos no válidos u obsoletos.

4.3.2.2 Los procedimientos adoptados deben asegurar que:

- a) las ediciones autorizadas de los documentos pertinentes estén disponibles en todos los sitios en los que se llevan a cabo operaciones esenciales para el funcionamiento eficaz del laboratorio;
- b) los documentos sean examinados periódicamente y, cuando sea necesario, modificados para asegurar la adecuación y el cumplimiento continuos con los requisitos aplicables;

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- c) los documentos no válidos u obsoletos serán retirados inmediatamente de todos los puntos de emisión o uso, o sean protegidos, de alguna otra forma, de su uso involuntario;
- d) los documentos obsoletos, retenidos por motivos legales o de preservación del conocimiento, sean adecuadamente marcados.

4.3.2.3 Los documentos del sistema de gestión generados por el laboratorio deben ser identificados unívocamente. Dicha identificación debe incluir la fecha de emisión o una identificación de la revisión, la numeración de las páginas, el número total de páginas o una marca que indique el final del documento, y la o las personas autorizadas a emitirlos.

4.3.3 Cambios a los documentos

4.3.3.1 Los cambios a los documentos deben ser revisados y aprobados por la misma función que realizó la revisión original, a menos que se designe específicamente a otra función. El personal designado debe tener acceso a los antecedentes pertinentes sobre los que basará su revisión y su aprobación.

4.3.3.2 Cuando sea posible, se debe identificar el texto modificado o nuevo en el documento o en los anexos apropiados.

4.3.3.3 Si el sistema de control de los documentos del laboratorio permite modificar los documentos a mano, hasta que se edite una nueva versión, se deben definir los procedimientos y las personas autorizadas para realizar tales modificaciones. Las modificaciones deben estar claramente identificadas, firmadas y fechadas. Un documento revisado debe ser editado nuevamente tan pronto como sea posible.

4.3.3.4 Se deben establecer procedimientos para describir cómo se realizan y controlan las modificaciones de los documentos conservados en los sistemas informáticos.

4.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos

4.4.1 El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para la revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos. Las políticas y los procedimientos para estas revisiones, que den por resultado un contrato para la realización de un ensayo o una calibración, deben asegurar que:

- a) los requisitos, incluidos los métodos a utilizar, están adecuadamente definidos, documentados y entendidos (véase 5.4.2);
- b) el laboratorio tiene la capacidad y los recursos para cumplir con los requisitos;
- c) se selecciona el método de ensayo o de calibración apropiado, que sea capaz de satisfacer los requisitos de los clientes (véase 5.4.2).

Cualquier diferencia entre el pedido u oferta y el contrato debe ser resuelta antes de iniciar cualquier trabajo. Cada contrato debe ser aceptable tanto para el laboratorio como para el cliente.

NOTA 1 Es conveniente que la revisión del pedido, la oferta y el contrato se lleve a cabo de manera práctica y eficaz, y que se tenga en cuenta el efecto de los aspectos financieros, legales y de programación del tiempo. Para los clientes internos las revisiones de los pedidos, las ofertas y los contratos se pueden realizar en forma simplificada.

NOTA 2 Es conveniente que la revisión de la capacidad determine que el laboratorio posee los recursos físicos, de personal y de información necesarios, y que el personal del laboratorio tiene las habilidades y la especialización necesarias para la realización de los ensayos o de las calibraciones en cuestión. La revisión puede también incluir los resultados de una participación anterior en comparaciones interlaboratorios o ensayos de aptitud, y la realización de programas de ensayos o de calibraciones experimentales, utilizando muestras o ítems de valor conocido con el fin de determinar las incertidumbres de medición, los límites de detección, los límites de confianza, etc.

NOTA 3 Un contrato puede ser cualquier acuerdo oral o escrito que tenga por finalidad proporcionar servicios de ensayo o de calibración a un cliente.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

4.4.2 Se deben conservar los registros de las revisiones, incluidas todas las modificaciones significativas. También se deben conservar los registros de las conversaciones mantenidas con los clientes relacionadas con sus requisitos o con los resultados del trabajo realizado durante el período de ejecución del contrato.

NOTA En el caso de la revisión de tareas de rutina y otras tareas simples, se considera que es suficiente consignar la fecha y la identificación (por ejemplo las iniciales) de la persona del laboratorio, responsable de realizar el trabajo contratado. En el caso de tareas rutinarias repetitivas sólo es necesario hacer la revisión en la etapa inicial de consulta, y si se trata de un trabajo rutinario permanente, realizado según un acuerdo general con el cliente, al ser otorgado el contrato, siempre que los requisitos del cliente no se modifiquen. En el caso de tareas de ensayo o de calibración nuevas, complejas o avanzadas, es conveniente mantener un registro más completo.

4.4.3 La revisión también debe incluir cualquier trabajo que el laboratorio subcontrate.

4.4.4 Se debe informar al cliente de cualquier desviación con respecto al contrato.

4.4.5 Si un contrato necesita ser modificado después de haber comenzado el trabajo, se debe repetir el mismo proceso de revisión de contrato y se deben comunicar los cambios a todo el personal afectado.

4.5 Subcontratación de ensayos y de calibraciones

4.5.1 Cuando un laboratorio subcontrate un trabajo, ya sea debido a circunstancias no previstas (por ejemplo, carga de trabajo, necesidad de conocimientos técnicos adicionales o incapacidad temporal), o en forma continua (por ejemplo, por subcontratación permanente, convenios con agencias o licencias), se debe encargar este trabajo a un subcontratista competente. Un subcontratista competente es el que, por ejemplo, cumple esta Norma Internacional para el trabajo en cuestión.

4.5.2 El laboratorio debe advertir al cliente, por escrito, sobre el acuerdo y, cuando corresponda, obtener la aprobación del cliente, preferentemente por escrito.

4.5.3 El laboratorio es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, excepto en el caso que el cliente o una autoridad reglamentaria especifique el subcontratista a utilizar.

4.5.4 El laboratorio debe mantener un registro de todos los subcontratistas que utiliza para los ensayos o las calibraciones, y un registro de la evidencia del cumplimiento con esta Norma Internacional para el trabajo en cuestión.

4.6 Compras de servicios y de suministros

4.6.1 El laboratorio debe tener una política y procedimientos para la selección y la compra de los servicios y suministros que utiliza y que afectan a la calidad de los ensayos o de las calibraciones. Deben existir procedimientos para la compra, la recepción y el almacenamiento de los reactivos y materiales consumibles de laboratorio que se necesiten para los ensayos y las calibraciones.

4.6.2 El laboratorio debe asegurarse de que los suministros, los reactivos y los materiales consumibles comprados, que afectan a la calidad de los ensayos o de las calibraciones, no sean utilizados hasta que no hayan sido inspeccionados, o verificados de alguna otra forma, como que cumplen las especificaciones normalizadas o los requisitos definidos en los métodos relativos a los ensayos o las calibraciones concernientes. Estos servicios y suministros deben cumplir con los requisitos especificados. Se deben mantener registros de las acciones tomadas para verificar el cumplimiento.

4.6.3 Los documentos de compra de los elementos que afectan a la calidad de las prestaciones del laboratorio deben contener datos que describan los servicios y suministros solicitados. Estos documentos de compra deben ser revisados y aprobados en cuanto a su contenido técnico antes de ser liberados.

NOTA La descripción puede incluir el tipo, la clase, el grado, una identificación precisa, especificaciones, dibujos, instrucciones de inspección, otros datos técnicos, incluida la aprobación de los resultados de ensayo, la calidad requerida y la norma del sistema de gestión bajo la que fueron realizados.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

4.6.4 El laboratorio debe evaluar a los proveedores de los productos consumibles, suministros y servicios críticos que afectan a la calidad de los ensayos y de las calibraciones, y debe mantener los registros de dichas evaluaciones y establecer una lista de aquellos que hayan sido aprobados.

4.7 Servicio al cliente

4.7.1 El laboratorio debe estar dispuesto a cooperar con los clientes o sus representantes para aclarar el pedido del cliente y para realizar el seguimiento del desempeño del laboratorio en relación con el trabajo realizado, siempre que el laboratorio garantice la confidencialidad hacia otros clientes.

NOTA 1 Dicha cooperación puede referirse a los aspectos siguientes:

- a) permitir al cliente o a su representante acceso razonable a las zonas pertinentes del laboratorio para presenciar los ensayos o calibraciones efectuados para el cliente;
- b) la preparación, embalaje y despacho de los objetos sometidos a ensayo o calibración, que el cliente necesite con fines de verificación.

NOTA 2 Los clientes valoran el mantenimiento de una buena comunicación, el asesoramiento y los consejos de orden técnico, así como las opiniones e interpretaciones basadas en los resultados. Es conveniente mantener la comunicación con el cliente durante todo el trabajo, especialmente cuando se trate de contratos importantes. Es conveniente que el laboratorio informe al cliente toda demora o desviación importante en la ejecución de los ensayos y/o calibraciones.

4.7.2 El laboratorio debe procurar obtener información de retorno, tanto positiva como negativa, de sus clientes. La información de retorno debe utilizarse y analizarse para mejorar el sistema de gestión, las actividades de ensayo y calibración y el servicio al cliente.

NOTA Las encuestas de satisfacción de clientes y la revisión de los informes de ensayo o calibración con los clientes son ejemplos de tipos de información de retorno.

4.8 Quejas

El laboratorio debe tener una política y un procedimiento para la resolución de las quejas recibidas de los clientes o de otras partes. Se deben mantener los registros de todas las quejas así como de las investigaciones y de las acciones correctivas llevadas a cabo por el laboratorio (véase también 4.11).

4.9 Control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes

4.9.1 El laboratorio debe tener una política y procedimientos que se deben implementar cuando cualquier aspecto de su trabajo de ensayo o de calibración, o el resultado de dichos trabajos, no son conformes con sus propios procedimientos o con los requisitos acordados con el cliente. La política y los procedimientos deben asegurar que:

- a) cuando se identifique el trabajo no conforme, se asignen las responsabilidades y las autoridades para la gestión del trabajo no conforme, se definan y tomen las acciones (incluida la detención del trabajo y la retención de los informes de ensayo y certificados de calibración, según sea necesario);
- b) se evalúe la importancia del trabajo no conforme;
- c) se realice la corrección inmediatamente y se tome una decisión respecto de la aceptabilidad de los trabajos no conformes;
- d) si fuera necesario, se notifique al cliente y se anule el trabajo;
- e) se defina la responsabilidad para autorizar la reanudación del trabajo.

NOTA Se pueden identificar trabajos no conformes o problemas con el sistema de gestión o con las actividades de ensayo o de calibración en diversos puntos del sistema de gestión y de las operaciones técnicas. Las quejas de los clientes, el control de la calidad, la calibración de instrumentos, el control de los materiales consumibles, la observación o la supervisión del personal, la verificación de los informes de ensayo y certificados de calibración, las revisiones por la dirección y las auditorías internas o externas constituyen ejemplos.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

4.9.2 Cuando la evaluación indique que el trabajo no conforme podría volver a ocurrir o existan dudas sobre el cumplimiento de las operaciones del laboratorio con sus propias políticas y procedimientos, se deben seguir rápidamente los procedimientos de acciones correctivas indicados en el apartado 4.11.

4.10 Mejora

El laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de su sistema de gestión mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

4.11 Acciones correctivas

4.11.1 Generalidades

El laboratorio debe establecer una política y un procedimiento para la implementación de acciones correctivas cuando se haya identificado un trabajo no conforme o desvíos de las políticas y procedimientos del sistema de gestión o de las operaciones técnicas, y debe designar personas apropiadamente autorizadas para implementarlas.

NOTA Un problema relativo al sistema de gestión o a las operaciones técnicas del laboratorio puede ser identificado a través de diferentes actividades, tales como el control de los trabajos no conformes, las auditorías internas o externas, las revisiones por la dirección, la información de retorno de los clientes y las observaciones del personal.

4.11.2 Análisis de las causas

El procedimiento de acciones correctivas debe comenzar con una investigación para determinar la o las causas raíz del problema.

NOTA El análisis de las causas es la parte más importante y, a veces, la más difícil en el procedimiento de acciones correctivas. Frecuentemente, la causa raíz no es evidente y por lo tanto se requiere un análisis cuidadoso de todas las causas potenciales del problema. Las causas potenciales podrían incluir los requisitos del cliente, las muestras, las especificaciones relativas a las muestras, los métodos y procedimientos, las habilidades y la formación del personal, los materiales consumibles o los equipos y su calibración.

4.11.3 Selección e implementación de las acciones correctivas

Cuando se necesite una acción correctiva, el laboratorio debe identificar las acciones correctivas posibles. Debe seleccionar e implementar la o las acciones con mayor posibilidad de eliminar el problema y prevenir su repetición.

Las acciones correctivas deben corresponder a la magnitud del problema y sus riesgos.

El laboratorio debe documentar e implementar cualquier cambio necesario que resulte de las investigaciones de las acciones correctivas.

4.11.4 Seguimiento de las acciones correctivas

El laboratorio debe realizar el seguimiento de los resultados para asegurarse de la eficacia de las acciones correctivas implementadas.

4.11.5 Auditorías adicionales

Cuando la identificación de no conformidades o desvíos ponga en duda el cumplimiento del laboratorio con sus propias políticas y procedimientos, o el cumplimiento con esta Norma Internacional, el laboratorio debe asegurarse de que los correspondientes sectores de actividades sean auditados, según el apartado 4.14, tan pronto como sea posible.

NOTA Tales auditorías adicionales frecuentemente siguen a la implementación de las acciones correctivas para confirmar su eficacia. Una auditoría adicional solamente debería ser necesaria cuando se identifique un problema serio o un riesgo para el negocio.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

4.12 Acciones preventivas

4.12.1 Se deben identificar las mejoras necesarias y las potenciales fuentes de no conformidades. Cuando se identifiquen oportunidades de mejora o si se requiere una acción preventiva, se deben desarrollar, implementar y realizar el seguimiento de planes de acción, a fin de reducir la probabilidad de ocurrencia de dichas no conformidades y aprovechar las oportunidades de mejora.

4.12.2 Los procedimientos para las acciones preventivas deben incluir la iniciación de dichas acciones y la aplicación de controles para asegurar que sean eficaces.

NOTA 1 La acción preventiva es un proceso pro-activo destinado a identificar oportunidades de mejora, más que una reacción destinada a identificar problemas o quejas.

NOTA 2 Aparte de la revisión de los procedimientos operacionales, la acción preventiva podría incluir el análisis de datos, incluido el análisis de tendencias, el análisis del riesgo y el análisis de los resultados de los ensayos de aptitud.

4.13 Control de los registros**4.13.1 Generalidades**

4.13.1.1 El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para la identificación, la recopilación, la codificación, el acceso, el archivo, el almacenamiento, el mantenimiento y la disposición de los registros de la calidad y los registros técnicos. Los registros de la calidad deben incluir los informes de las auditorías internas y de las revisiones por la dirección, así como los registros de las acciones correctivas y preventivas.

4.13.1.2 Todos los registros deben ser legibles y se deben almacenar y conservar de modo que sean fácilmente recuperables en instalaciones que les provean un ambiente adecuado para prevenir los daños, el deterioro y las pérdidas. Se debe establecer el tiempo de retención de los registros.

NOTA Los registros se pueden presentar sobre cualquier tipo de soporte, tal como papel o soporte informático.

4.13.1.3 Todos los registros deben ser conservados en sitio seguro y en confidencialidad.

4.13.1.4 El laboratorio debe tener procedimientos para proteger y salvaguardar los registros almacenados electrónicamente y para prevenir el acceso no autorizado o la modificación de dichos registros.

4.13.2 Registros técnicos

4.13.2.1 El laboratorio debe conservar, por un período determinado, los registros de las observaciones originales, de los datos derivados y de información suficiente para establecer un protocolo de control, los registros de calibración, los registros del personal y una copia de cada informe de ensayos o certificado de calibración emitido. Los registros correspondientes a cada ensayo o calibración deben contener suficiente información para facilitar, cuando sea posible, la identificación de los factores que afectan a la incertidumbre y posibilitar que el ensayo o la calibración sea repetido bajo condiciones lo más cercanas posible a las originales. Los registros deben incluir la identidad del personal responsable del muestreo, de la realización de cada ensayo o calibración y de la verificación de los resultados.

NOTA 1 En ciertos campos puede ser imposible o impracticable conservar los registros de todas las observaciones originales.

NOTA 2 Los registros técnicos son una acumulación de datos (véase 5.4.7) e información resultante de la realización de los ensayos o calibraciones y que indican si se alcanzan la calidad o los parámetros especificados de los procesos. Pueden ser formularios, contratos, hojas de trabajo, manuales de trabajo, hojas de verificación, notas de trabajo, gráficos de control, informes de ensayos y certificados de calibración externos e internos, notas, publicaciones y retroalimentación de los clientes.

4.13.2.2 Las observaciones, los datos y los cálculos se deben registrar en el momento de hacerlos y deben poder ser relacionados con la operación en cuestión.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

4.13.2.3 Cuando ocurran errores en los registros, cada error debe ser tachado, no debe ser borrado, hecho ilegible ni eliminado, y el valor correcto debe ser escrito al margen. Todas estas alteraciones a los registros deben ser firmadas o visadas por la persona que hace la corrección. En el caso de los registros guardados electrónicamente, se deben tomar medidas similares para evitar pérdida o cambio de los datos originales.

4.14 Auditorías internas

4.14.1 El laboratorio debe efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento predeterminados, auditorías internas de sus actividades para verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y de esta Norma Internacional. El programa de auditoría interna debe considerar todos los elementos del sistema de gestión, incluidas las actividades de ensayo y calibración. Es el responsable de la calidad quien debe planificar y organizar las auditorías según lo establecido en el calendario y lo solicitado por la dirección. Tales auditorías deben ser efectuadas por personal formado y calificado, quien será, siempre que los recursos lo permitan, independiente de la actividad a ser auditada.

NOTA Es conveniente que el ciclo de la auditoría interna sea completado en un año.

4.14.2 Cuando los hallazgos de las auditorías pongan en duda la eficacia de las operaciones o la exactitud o validez de los resultados de los ensayos o de las calibraciones del laboratorio, éste debe tomar las acciones correctivas oportunas y, si las investigaciones revelaran que los resultados del laboratorio pueden haber sido afectados, debe notificarlo por escrito a los clientes.

4.14.3 Se deben registrar el sector de actividad que ha sido auditado, los hallazgos de la auditoría y las acciones correctivas que resulten de ellos.

4.14.4 Las actividades de la auditoría de seguimiento deben verificar y registrar la implementación y eficacia de las acciones correctivas tomadas.

4.15 Revisiones por la dirección

4.15.1 La alta dirección del laboratorio debe efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento predeterminados, una revisión del sistema de gestión y de las actividades de ensayo o calibración del laboratorio, para asegurarse de que se mantienen constantemente adecuados y eficaces, y para introducir los cambios o mejoras necesarios. La revisión debe tener en cuenta los elementos siguientes:

- la adecuación de las políticas y los procedimientos;
- los informes del personal directivo y de supervisión;
- el resultado de las auditorías internas recientes;
- las acciones correctivas y preventivas;
- las evaluaciones por organismos externos;
- los resultados de las comparaciones interlaboratorios o de los ensayos de aptitud;
- todo cambio en el volumen y el tipo de trabajo efectuado;
- la retroalimentación de los clientes;
- las quejas;
- las recomendaciones para la mejora;
- otros factores pertinentes, tales como las actividades del control de la calidad, los recursos y la formación del personal.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

NOTA 1 Una frecuencia típica para efectuar una revisión por la dirección es una vez cada doce meses.

NOTA 2 Es conveniente que los resultados alimenten el sistema de planificación del laboratorio y que incluyan las metas, los objetivos y los planes de acción para el año venidero.

NOTA 3 La revisión por la dirección incluye la consideración, en las reuniones regulares de la dirección, de temas relacionados

4.15.2 Se deben registrar los hallazgos de las revisiones por la dirección y las acciones que surjan de ellos. La dirección debe asegurarse de que esas acciones sean realizadas dentro de un plazo apropiado y acordado.

5 Requisitos técnicos

5.1 Generalidades

5.1.1 Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizados por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes:

- de los factores humanos (5.2);
- de las instalaciones y condiciones ambientales (5.3);
- de los métodos de ensayo y de calibración, y de la validación de los métodos (5.4);
- de los equipos (5.5);
- de la trazabilidad de las mediciones (5.6);
- del muestreo (5.7);
- de la manipulación de los ítems de ensayo y de calibración (5.8).

5.1.2 El grado con el que los factores contribuyen a la incertidumbre total de la medición difiere considerablemente según los ensayos (y tipos de ensayos) y calibraciones (y tipos de calibraciones). El laboratorio debe tener en cuenta estos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de ensayo y de calibración, en la formación y la calificación del personal, así como en la selección y la calibración de los equipos utilizados.

5.2 Personal

5.2.1 La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayos o calibraciones, evalúan los resultados y firman los informes de ensayos y los certificados de calibración. Cuando emplea personal en formación, debe proveer una supervisión apropiada. El personal que realiza tareas específicas debe estar calificado sobre la base de una educación, una formación, una experiencia apropiadas y de habilidades demostradas, según sea requerido.

NOTA 1 En algunas áreas técnicas (por ejemplo, los ensayos no destructivos), puede requerirse que el personal que realiza ciertas tareas posea una certificación de personal. El laboratorio es responsable del cumplimiento de los requisitos especificados para la certificación de personal. Los requisitos para la certificación del personal pueden ser reglamentarios, estar incluidos en las normas para el campo técnico específico, o ser requeridos por el cliente.

NOTA 2 Es conveniente que, además de las apropiadas calificaciones, la formación, la experiencia y un conocimiento suficiente del ensayo que lleva a cabo, el personal responsable de las opiniones e interpretaciones incluidas en los informes de ensayo, tenga:

- un conocimiento de la tecnología utilizada para la fabricación de los objetos, materiales, productos, etc. ensayados, o su modo de uso o de uso previsto, así como de los defectos o degradaciones que puedan ocurrir durante el servicio;

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- un conocimiento de los requisitos generales expresados en la legislación y las normas; y
- una comprensión de la importancia de las desviaciones halladas con respecto al uso normal de los objetos, materiales, productos, etc. considerados.

5.2.2 La dirección del laboratorio debe formular las metas con respecto a la educación, la formación y las habilidades del personal del laboratorio. El laboratorio debe tener una política y procedimientos para identificar las necesidades de formación del personal y para proporcionarla. El programa de formación debe ser pertinente a las tareas presentes y futuras del laboratorio. Se debe evaluar la eficacia de las acciones de formación implementadas.

5.2.3 El laboratorio debe disponer de personal que esté empleado por el laboratorio o que esté bajo contrato con él. Cuando utilice personal técnico y de apoyo clave, ya sea bajo contrato o a título suplementario, el laboratorio debe asegurarse de que dicho personal sea supervisado, que sea competente, y que trabaje de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.

5.2.4 El laboratorio debe mantener actualizados los perfiles de los puestos de trabajo del personal directivo, técnico y de apoyo clave involucrado en los ensayos o las calibraciones.

NOTA Los perfiles de los puestos de trabajo pueden ser definidos de muchas maneras. Como mínimo, es conveniente que se defina lo siguiente:

- las responsabilidades con respecto a la realización de los ensayos o de las calibraciones;
- las responsabilidades con respecto a la planificación de los ensayos o de las calibraciones y a la evaluación de los resultados;
- las responsabilidades para comunicar opiniones e interpretaciones;
- las responsabilidades con respecto a la modificación de métodos y al desarrollo y validación de nuevos métodos;
- la especialización y la experiencia requeridas;
- las calificaciones y los programas de formación;
- las obligaciones de la dirección.

5.2.5 La dirección debe autorizar a miembros específicos del personal para realizar tipos particulares de muestreos, ensayos o calibraciones, para emitir informes de ensayos y certificados de calibración, para emitir opiniones e interpretaciones y para operar tipos particulares de equipos. El laboratorio debe mantener registros de las autorizaciones pertinentes, de la competencia, del nivel de estudios y de las calificaciones profesionales, de la formación, de las habilidades y de la experiencia de todo el personal técnico, incluido el personal contratado. Esta información debe estar fácilmente disponible y debe incluir la fecha en la que se confirma la autorización o la competencia.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales

5.3.1 Las instalaciones de ensayos o de calibraciones del laboratorio, incluidas, pero no en forma excluyente, las fuentes de energía, la iluminación y las condiciones ambientales, deben facilitar la realización correcta de los ensayos o de las calibraciones.

El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos o las calibraciones se realicen en sitios distintos de la instalación permanente del laboratorio. Los requisitos técnicos para las instalaciones y las condiciones ambientales que puedan afectar a los resultados de los ensayos y de las calibraciones deben estar documentados.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.3.2 El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes, o cuando éstas puedan influir en la calidad de los resultados. Se debe prestar especial atención, por ejemplo, a la esterilidad biológica, el polvo, la interferencia electromagnética, la radiación, la humedad, el suministro eléctrico, la temperatura, y a los niveles de ruido y vibración, en función de las actividades técnicas en cuestión. Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de los ensayos o de las calibraciones, éstos se deben interrumpir.

5.3.3 Debe haber una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realicen actividades incompatibles. Se deben tomar medidas para prevenir la contaminación cruzada.

5.3.4 Se deben controlar el acceso y el uso de las áreas que afectan a la calidad de los ensayos o de las calibraciones. El laboratorio debe determinar la extensión del control en función de sus circunstancias particulares.

5.3.5 Se deben tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio. Cuando sean necesarios se deben preparar procedimientos especiales.

5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos

5.4.1 Generalidades

El laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos o las calibraciones dentro de su alcance. Estos incluyen el muestreo, la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar y, cuando corresponda, la estimación de la incertidumbre de la medición así como técnicas estadísticas para el análisis de los datos de los ensayos o de las calibraciones.

El laboratorio debe tener instrucciones para el uso y el funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, y para la manipulación y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar, o ambos, cuando la ausencia de tales instrucciones pudieran comprometer los resultados de los ensayos o de las calibraciones. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia correspondientes al trabajo del laboratorio se deben mantener actualizados y deben estar fácilmente disponibles para el personal (véase 4.3). Las desviaciones respecto de los métodos de ensayo y de calibración deben ocurrir solamente si la desviación ha sido documentada, justificada técnicamente, autorizada y aceptada por el cliente.

NOTA No es necesario anexar o volver a escribir bajo la forma de procedimientos internos las normas internacionales, regionales o nacionales, u otras especificaciones reconocidas que contienen información suficiente y concisa para realizar los ensayos o las calibraciones, si dichas normas están redactadas de forma tal que puedan ser utilizadas, como fueron publicadas, por el personal operativo de un laboratorio. Puede ser necesario proveer documentación adicional para los pasos opcionales del método o para los detalles complementarios.

5.4.2 Selección de los métodos

El laboratorio debe utilizar los métodos de ensayo o de calibración, incluidos los de muestreo, que satisfagan las necesidades del cliente y que sean apropiados para los ensayos o las calibraciones que realiza. Se deben utilizar preferentemente los métodos publicados como normas internacionales, regionales o nacionales. El laboratorio debe asegurarse de que utiliza la última versión vigente de la norma, a menos que no sea apropiado o posible. Cuando sea necesario, la norma debe ser complementada con detalles adicionales para asegurar una aplicación coherente.

Cuando el cliente no especifique el método a utilizar, el laboratorio debe seleccionar los métodos apropiados que hayan sido publicados en normas internacionales, regionales o nacionales, por organizaciones técnicas reconocidas, o en libros o revistas científicas especializados, o especificados por el fabricante del equipo. También se pueden utilizar los métodos desarrollados por el laboratorio o los métodos adoptados por el laboratorio si son apropiados para el uso previsto y si han sido validados. El cliente debe ser informado del método elegido. El laboratorio debe confirmar que puede aplicar correctamente los métodos normalizados antes de utilizarlos para los ensayos o las calibraciones. Si el método normalizado cambia, se debe repetir la confirmación. Si el método propuesto por el cliente se considera inapropiado o desactualizado, el laboratorio debe informárselo.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio

La introducción de los métodos de ensayo y de calibración desarrollados por el laboratorio para su propio uso debe ser una actividad planificada y debe ser asignada a personal calificado, provisto de los recursos adecuados.

Los planes deben ser actualizados a medida que avanza el desarrollo y se debe asegurar una comunicación eficaz entre todo el personal involucrado.

5.4.4 Métodos no normalizados

Cuando sea necesario utilizar métodos no normalizados, éstos deben ser acordados con el cliente y deben incluir una especificación clara de los requisitos del cliente y del objetivo del ensayo o de la calibración. El método desarrollado debe haber sido validado adecuadamente antes del uso.

NOTA Para los métodos de ensayo o de calibración nuevos es conveniente elaborar procedimientos antes de la realización de los ensayos o las calibraciones, los cuales deberían contener, como mínimo, la información siguiente:

- a) una identificación apropiada;
- b) el alcance;
- c) la descripción del tipo de ítem a ensayar o a calibrar;
- d) los parámetros o las magnitudes y los rangos a ser determinados;
- e) los aparatos y equipos, incluidos los requisitos técnicos de funcionamiento;
- f) los patrones de referencia y los materiales de referencia requeridos;
- g) las condiciones ambientales requeridas y cualquier período de estabilización que sea necesario.
- h) la descripción del procedimiento, incluida la siguiente información:
 - la colocación de las marcas de identificación, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems;
 - las verificaciones a realizar antes de comenzar el trabajo;
 - la verificación del correcto funcionamiento de los equipos y, cuando corresponda, su calibración y ajuste antes de cada uso;
 - el método de registro de las observaciones y de los resultados;
 - las medidas de seguridad a observar.
- i) los criterios o requisitos para la aprobación o el rechazo;
- j) los datos a ser registrados y el método de análisis y de presentación;
- k) la incertidumbre o el procedimiento para estimar la incertidumbre.

5.4.5 Validación de los métodos

5.4.5.1 La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

5.4.5.2 El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos que diseña o desarrolla, los métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, así como las ampliaciones y modificaciones de los métodos normalizados, para confirmar que los métodos son aptos para el fin previsto. La validación debe ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación o del campo de aplicación dados. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

NOTA 1 La validación puede incluir los procedimientos para el muestreo, la manipulación y el transporte.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

NOTA 2 Es conveniente utilizar una o varias de las técnicas siguientes para la determinación del desempeño de un método:

- calibración utilizando patrones de referencia o materiales de referencia;
- comparación con resultados obtenidos con otros métodos;
- comparaciones interlaboratorios;
- evaluación sistemática de los factores que influyen en el resultado;
- evaluación de la incertidumbre de los resultados basada en el conocimiento científico de los principios teóricos del método y en la experiencia práctica.

NOTA 3 Cuando se introduzca algún cambio en los métodos no normalizados validados, es conveniente que se documente la influencia de dichos cambios y, si correspondiera, se realice una nueva validación.

5.4.5.3 La gama y la exactitud de los valores que se obtienen empleando métodos validados (por ejemplo, la incertidumbre de los resultados, el límite de detección, la selectividad del método, la linealidad, el límite de repetibilidad o de reproducibilidad, la robustez ante influencias externas o la sensibilidad cruzada frente a las interferencias provenientes de la matriz de la muestra o del objeto de ensayo) tal como fueron fijadas para el uso previsto, deben responder a las necesidades de los clientes.

NOTA 1 La validación incluye la especificación de los requisitos, la determinación de las características de los métodos, una verificación de que los requisitos pueden satisfacerse utilizando el método, y una declaración sobre la validez.

NOTA 2 A medida que se desarrolla el método, es conveniente realizar revisiones periódicas para verificar que se siguen satisfaciendo las necesidades del cliente. Es conveniente que todo cambio en los requisitos que requiera modificaciones en el plan de desarrollo sea aprobado y autorizado.

NOTA 3 La validación es siempre un equilibrio entre los costos, los riesgos y las posibilidades técnicas. Existen muchos casos en los que la gama y la incertidumbre de los valores (por ejemplo, la exactitud, el límite de detección, la selectividad, la linealidad, la repetibilidad, la reproducibilidad, la robustez y la sensibilidad cruzada) sólo pueden ser dadas en una forma simplificada debido a la falta de información.

5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición

5.4.6.1 Un laboratorio de calibración, o un laboratorio de ensayo que realiza sus propias calibraciones, debe tener y debe aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición para todas las calibraciones y todos los tipos de calibraciones.

5.4.6.2 Los laboratorios de ensayo deben tener y deben aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. En algunos casos la naturaleza del método de ensayo puede excluir un cálculo riguroso, metrológicamente y estadísticamente válido, de la incertidumbre de medición. En estos casos el laboratorio debe, por lo menos, tratar de identificar todos los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable, y debe asegurarse de que la forma de informar el resultado no dé una impresión equivocada de la incertidumbre. Una estimación razonable se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición y debe hacer uso, por ejemplo, de la experiencia adquirida y de los datos de validación anteriores.

NOTA 1 El grado de rigor requerido en una estimación de la incertidumbre de la medición depende de factores tales como:

- los requisitos del método de ensayo;
- los requisitos del cliente;
- la existencia de límites estrechos en los que se basan las decisiones sobre la conformidad con una especificación.

NOTA 2 En aquellos casos en los que un método de ensayo reconocido especifique límites para los valores de las principales fuentes de incertidumbre de la medición y establezca la forma de presentación de los resultados calculados, se considera que el laboratorio ha satisfecho este requisito si sigue el método de ensayo y las instrucciones para informar de los resultados (véase 5.10).

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.4.6.3 Cuando se estima la incertidumbre de la medición, se deben tener en cuenta todos los componentes de la incertidumbre que sean de importancia en la situación dada, utilizando métodos apropiados de análisis.

NOTA 1 Las fuentes que contribuyen a la incertidumbre incluyen, pero no se limitan necesariamente, a los patrones de referencia y los materiales de referencia utilizados, los métodos y equipos utilizados, las condiciones ambientales, las propiedades y la condición del ítem sometido al ensayo o la calibración, y el operador.

NOTA 2 Cuando se estima la incertidumbre de medición, normalmente no se tiene en cuenta el comportamiento previsto a largo plazo del ítem ensayado o calibrado.

NOTA 3 Para mayor información consúltese la Norma ISO 5725 y la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición (véase la bibliografía).

5.4.7 Control de los datos

5.4.7.1 Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de una manera sistemática.

5.4.7.2 Cuando se utilicen computadoras o equipos automatizados para captar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o de las calibraciones, el laboratorio debe asegurarse de que:

- a) el software desarrollado por el usuario esté documentado con el detalle suficiente y haya sido convenientemente validado, de modo que se pueda asegurar que es adecuado para el uso;
- b) se establecen e implementan procedimientos para proteger los datos; tales procedimientos deben incluir, pero no limitarse a, la integridad y la confidencialidad de la entrada o recopilación de los datos, su almacenamiento, transmisión y procesamiento;
- c) se hace el mantenimiento de las computadoras y equipos automatizados con el fin de asegurar que funcionan adecuadamente y que se encuentran en las condiciones ambientales y de operación necesarias para preservar la integridad de los datos de ensayo o de calibración.

NOTA El software comercial (por ejemplo, un procesador de texto, una base de datos y los programas estadísticos) de uso generalizado en el campo de aplicación para el cual fue diseñado, se puede considerar suficientemente validado. Sin embargo, es conveniente que la configuración y las modificaciones del software del laboratorio se validen como se indica en 5.4.7.2a).

5.5 Equipos

5.5.1 El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y el ensayo, requeridos para la correcta ejecución de los ensayos o de las calibraciones (incluido el muestreo, la preparación de los ítems de ensayo o de calibración y el procesamiento y análisis de los datos de ensayo o de calibración). En aquellos casos en los que el laboratorio necesite utilizar equipos que estén fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional.

5.5.2 Los equipos y su software utilizado para los ensayos, las calibraciones y el muestreo deben permitir lograr la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos o las calibraciones concernientes. Se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados. Antes de poner en servicio un equipo (incluido el utilizado para el muestreo) se lo debe calibrar o verificar con el fin de asegurar que responde a las exigencias especificadas del laboratorio y cumple las especificaciones normalizadas pertinentes. El equipo debe ser verificado o calibrado antes de su uso (véase 5.6).

5.5.3 Los equipos deben ser operados por personal autorizado. Las instrucciones actualizadas sobre el uso y el mantenimiento de los equipos (incluido cualquier manual pertinente suministrado por el fabricante del equipo) deben estar disponibles para ser utilizadas por el personal del laboratorio.

5.5.4 Cada equipo y su software utilizado para los ensayos y las calibraciones, que sea importante para el resultado, debe, en la medida de lo posible, estar unívocamente identificado.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.5.5 Se deben establecer registros de cada componente del equipamiento y su software que sea importante para la realización de los ensayos o las calibraciones. Los registros deben incluir por lo menos lo siguiente:

- a) la identificación del equipo y su software;
- b) el nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie u otra identificación única;
- c) las verificaciones de la conformidad del equipo con la especificación (véase 5.5.2);
- d) la ubicación actual, cuando corresponda;
- e) las instrucciones del fabricante, si están disponibles, o la referencia a su ubicación;
- f) las fechas, los resultados y las copias de los informes y de los certificados de todas las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación, y la fecha prevista de la próxima calibración;
- g) el plan de mantenimiento, cuando corresponda, y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha;
- h) todo daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.

5.5.6 El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento, el uso y el mantenimiento planificado de los equipos de medición con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro.

NOTA Pueden ser necesarios procedimientos adicionales cuando los equipos de medición se utilicen fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio para los ensayos, las calibraciones o el muestreo.

5.5.7 Los equipos que hayan sido sometidos a una sobrecarga o a un uso inadecuado, que den resultados dudosos, o se haya demostrado que son defectuosos o que están fuera de los límites especificados, deben ser puestos fuera de servicio. Se deben aislar para evitar su uso o se deben rotular o marcar claramente como que están fuera de servicio hasta que hayan sido reparados y se haya demostrado por calibración o ensayo que funcionan correctamente. El laboratorio debe examinar el efecto del defecto o desvío de los límites especificados en los ensayos o las calibraciones anteriores y debe aplicar el procedimiento de "control del trabajo no conforme" (véase 4.9).

5.5.8 Cuando sea posible, todos los equipos bajo el control del laboratorio que requieran una calibración, deben ser rotulados, codificados o identificados de alguna manera para indicar el estado de calibración, incluida la fecha en la que fueron calibrados por última vez y su fecha de vencimiento o el criterio para la próxima calibración.

5.5.9 Cuando, por cualquier razón, el equipo quede fuera del control directo del laboratorio, éste debe asegurarse de que se verifican el funcionamiento y el estado de calibración del equipo y de que son satisfactorios, antes de que el equipo sea reintegrado al servicio.

5.5.10 Cuando se necesiten comprobaciones intermedias para mantener la confianza en el estado de calibración de los equipos, éstas se deben efectuar según un procedimiento definido.

5.5.11 Cuando las calibraciones den lugar a un conjunto de factores de corrección, el laboratorio debe tener procedimientos para asegurarse de que las copias (por ejemplo, en el software), se actualizan correctamente.

5.5.12 Se deben proteger los equipos de ensayo y de calibración, tanto el hardware como el software, contra ajustes que pudieran invalidar los resultados de los ensayos o de las calibraciones.

ISO/IEC 17025:2005(ES)**5.6 Trazabilidad de las mediciones****5.6.1 Generalidades**

Todos los equipos utilizados para los ensayos o las calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares (por ejemplo, de las condiciones ambientales) que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado del ensayo, de la calibración o del muestreo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio. El laboratorio debe establecer un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos.

NOTA Es conveniente que dicho programa incluya un sistema para seleccionar, utilizar, calibrar, verificar, controlar y mantener los patrones de medición, los materiales de referencia utilizados como patrones de medición, y los equipos de ensayo y de medición utilizados para realizar los ensayos y las calibraciones.

5.6.2 Requisitos específicos**5.6.2.1 Calibración**

5.6.2.1.1 Para los laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Un laboratorio de calibración establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición e instrumentos de medición al sistema SI por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o de comparaciones que los vinculen a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida SI. La vinculación a las unidades SI se puede lograr por referencia a los patrones de medición nacionales. Los patrones de medición nacionales pueden ser patrones primarios, que son realizaciones primarias de las unidades SI o representaciones acordadas de las unidades SI, basadas en constantes físicas fundamentales, o pueden ser patrones secundarios, que son patrones calibrados por otro instituto nacional de metrología. Cuando se utilicen servicios de calibración externos, se debe asegurar la trazabilidad de la medición mediante el uso de servicios de calibración provistos por laboratorios que puedan demostrar su competencia y su capacidad de medición y trazabilidad. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios deben contener los resultados de la medición, incluida la incertidumbre de la medición o una declaración sobre la conformidad con una especificación metroológica identificada (véase también 5.10.4.2).

NOTA 1 Los laboratorios de calibración que cumplen esta Norma Internacional son considerados competentes. Un certificado de calibración que lleve el logotipo de un organismo de acreditación, emitido por un laboratorio de calibración acreditado según esta Norma Internacional para la calibración concerniente, es suficiente evidencia de la trazabilidad de los datos de calibración contenidos en el informe.

NOTA 2 La trazabilidad a las unidades de medida SI se puede lograr mediante referencia a un patrón primario apropiado (véase VIM:1993, 6.4) o mediante referencia a una constante natural, cuyo valor en términos de la unidad SI pertinente es conocido y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM).

NOTA 3 Los laboratorios de calibración que mantienen su propio patrón primario o la propia representación de las unidades SI basada en constantes físicas fundamentales, pueden declarar trazabilidad al sistema SI sólo después de que estos patrones hayan sido comparados, directa o indirectamente, con otros patrones similares de un instituto nacional de metrología.

NOTA 4 La expresión "especificación metroológica identificada" significa que la especificación con la que se compararon las mediciones debe surgir claramente del certificado de calibración, el cual incluirá dicha especificación o hará referencia a ella de manera no ambigua.

NOTA 5 Cuando los términos "patrón internacional" o "patrón nacional" son utilizados en conexión con la trazabilidad, se supone que estos patrones cumplen las propiedades de los patrones primarios para la realización de las unidades SI.

NOTA 6 La trazabilidad a patrones de medición nacionales no necesariamente requiere el uso del instituto nacional de metrología del país en el que el laboratorio está ubicado.

NOTA 7 Si un laboratorio de calibración desea o necesita obtener trazabilidad de un instituto nacional de metrología distinto del de su propio país, es conveniente que este laboratorio seleccione un instituto nacional de metrología que participe activamente en las actividades de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, ya sea directamente o a través de grupos regionales.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

NOTA 8 La cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones se puede lograr en varios pasos llevados a cabo por diferentes laboratorios que pueden demostrar la trazabilidad.

5.6.2.1.2 Existen ciertas calibraciones que actualmente no se pueden hacer estrictamente en unidades SI. En estos casos la calibración debe proporcionar confianza en las mediciones al establecer la trazabilidad a patrones de medición apropiados, tales como:

- el uso de materiales de referencia certificados provistos por un proveedor competente con el fin de caracterizar física o químicamente un material de manera confiable;
- la utilización de métodos especificados o de normas consensuadas, claramente descritos y acordados por todas las partes concernientes.

Siempre que sea posible se requiere la participación en un programa adecuado de comparaciones interlaboratorios.

5.6.2.2 Ensayos

5.6.2.2.1 Para los laboratorios de ensayo, los requisitos dados en 5.6.2.1 se aplican a los equipos de medición y de ensayo con funciones de medición que utiliza, a menos que se haya establecido que la incertidumbre introducida por la calibración contribuye muy poco a la incertidumbre total del resultado de ensayo. Cuando se dé esta situación, el laboratorio debe asegurarse de que el equipo utilizado puede proveer la incertidumbre de medición requerida.

NOTA El grado de cumplimiento de los requisitos indicados en 5.6.2.1 depende de la contribución relativa de la incertidumbre de la calibración a la incertidumbre total. Si la calibración es el factor dominante, es conveniente que se sigan estrictamente los requisitos.

5.6.2.2.2 Cuando la trazabilidad de las mediciones a las unidades SI no sea posible o no sea pertinente, se deben exigir los mismos requisitos para la trazabilidad (por ejemplo, por medio de materiales de referencia certificados, métodos acordados o normas consensuadas) que para los laboratorios de calibración (véase 5.6.2.1.2).

5.6.3 Patrones de referencia y materiales de referencia

5.6.3.1 Patrones de referencia

El laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia. Los patrones de referencia deben ser calibrados por un organismo que pueda proveer la trazabilidad como se indica en 5.6.2.1. Dichos patrones de referencia para la medición, conservados por el laboratorio, deben ser utilizados sólo para la calibración y para ningún otro propósito, a menos que se pueda demostrar que su desempeño como patrones de referencia no será invalidado. Los patrones de referencia deben ser calibrados antes y después de cualquier ajuste.

5.6.3.2 Materiales de referencia

Cada vez que sea posible se debe establecer la trazabilidad de los materiales de referencia a las unidades de medida SI o a materiales de referencia certificados. Los materiales de referencia internos deben ser verificados en la medida que sea técnica y económicamente posible.

5.6.3.3 Verificaciones intermedias

Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia, primarios, de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia de acuerdo con procedimientos y una programación definidos.

ISO/IEC 17025:2005(ES)**5.6.3.4 Transporte y almacenamiento**

El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia y materiales de referencia con el fin de prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.

NOTA Pueden ser necesarios procedimientos adicionales cuando los patrones de referencia y los materiales de referencia son utilizados fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio para los ensayos, las calibraciones o el muestreo.

5.7 Muestreo

5.7.1 El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensaye o calibre. El plan y el procedimiento para el muestreo deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Los planes de muestreo deben, siempre que sea razonable, estar basados en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe tener en cuenta los factores que deben ser controlados para asegurar la validez de los resultados de ensayo y de calibración.

NOTA 1 El muestreo es un procedimiento definido por el cual se toma una parte de una sustancia, un material o un producto para proveer una muestra representativa del total, para el ensayo o la calibración. El muestreo también puede ser requerido por la especificación pertinente según la cual se ensayará o calibrará la sustancia, el material o el producto. En algunos casos (por ejemplo, en el análisis forense), la muestra puede no ser representativa, sino estar determinada por su disponibilidad.

NOTA 2 Es conveniente que los procedimientos de muestreo describan el plan de muestreo, la forma de seleccionar, extraer y preparar una o más muestras a partir de una sustancia, un material o un producto para obtener la información requerida.

5.7.2 Cuando el cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo documentado, éstas deben ser registradas en detalle junto con los datos del muestreo correspondiente e incluidas en todos los documentos que contengan los resultados de los ensayos o de las calibraciones y deben ser comunicadas al personal concerniente.

5.7.3 El laboratorio debe tener procedimientos para registrar los datos y las operaciones relacionados con el muestreo que forma parte de los ensayos o las calibraciones que lleva a cabo. Estos registros deben incluir el procedimiento de muestreo utilizado, la identificación de la persona que lo realiza, las condiciones ambientales (si corresponde) y los diagramas u otros medios equivalentes para identificar el lugar del muestreo según sea necesario y, si fuera apropiado, las técnicas estadísticas en las que se basan los procedimientos de muestreo.

5.8 Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración

5.8.1 El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o de calibración, incluidas todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio y del cliente.

5.8.2 El laboratorio debe tener un sistema para la identificación de los ítems de ensayo o de calibración. La identificación debe conservarse durante la permanencia del ítem en el laboratorio. El sistema debe ser diseñado y operado de modo tal que asegure que los ítems no puedan ser confundidos físicamente ni cuando se haga referencia a ellos en registros u otros documentos. Cuando corresponda, el sistema debe prever una subdivisión en grupos de ítems y la transferencia de los ítems dentro y desde el laboratorio.

5.8.3 Al recibir el ítem para ensayo o calibración, se deben registrar las anomalías o los desvíos en relación con las condiciones normales o especificadas, según se describen en el correspondiente método de ensayo o de calibración. Cuando exista cualquier duda respecto a la adecuación de un ítem para un ensayo o una calibración, o cuando un ítem no cumpla con la descripción provista, o el ensayo o calibración requerido no esté especificado con suficiente detalle, el laboratorio debe solicitar al cliente instrucciones adicionales antes de proceder y debe registrar lo tratado.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.8.4 El laboratorio debe tener procedimientos e instalaciones apropiadas para evitar el deterioro, la pérdida o el daño del ítem de ensayo o de calibración durante el almacenamiento, la manipulación y la preparación. Se deben seguir las instrucciones para la manipulación provistas con el ítem. Cuando los ítems deban ser almacenados o acondicionados bajo condiciones ambientales especificadas, debe realizarse el mantenimiento, seguimiento y registro de estas condiciones. Cuando un ítem o una parte de un ítem para ensayo o calibración deba mantenerse seguro, el laboratorio debe tener disposiciones para el almacenamiento y la seguridad que protejan la condición e integridad del ítem o de las partes en cuestión.

NOTA 1 Cuando los ítems de ensayo tengan que ser devueltos al servicio después del ensayo, se debe poner un cuidado especial para asegurarse de que no son dañados ni deteriorados durante los procesos de manipulación, ensayo, almacenamiento o espera.

NOTA 2 Es recomendable proporcionar a todos aquellos responsables de extraer y transportar las muestras, un procedimiento de muestreo, así como información sobre el almacenamiento y el transporte de las muestras, incluida información sobre los factores de muestreo que influyen en el resultado del ensayo o la calibración.

NOTA 3 Los motivos para conservar en forma segura un ítem de ensayo o de calibración pueden ser por razones de registro, protección o valor, o para permitir realizar posteriormente ensayos o calibraciones complementarios.

5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración

5.9.1 El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevados a cabo. Los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y, cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Dicho seguimiento debe ser planificado y revisado y puede incluir, entre otros, los elementos siguientes:

- a) el uso regular de materiales de referencia certificados o un control de la calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios;
- b) la participación en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud;
- c) la repetición de ensayos o calibraciones utilizando el mismo método o métodos diferentes;
- d) la repetición del ensayo o de la calibración de los objetos retenidos;
- e) la correlación de los resultados para diferentes características de un ítem.

NOTA Es conveniente que los métodos seleccionados sean apropiados para el tipo y volumen de trabajo que se realiza.

5.9.2 Los datos de control de la calidad deben ser analizados y, si no satisfacen los criterios predefinidos, se deben tomar las acciones planificadas para corregir el problema y evitar consignar resultados incorrectos.

5.10 Informe de los resultados

5.10.1 Generalidades

Los resultados de cada ensayo, calibración o serie de ensayos o calibraciones efectuados por el laboratorio, deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibración.

Los resultados deben ser informados, por lo general en un informe de ensayo o un certificado de calibración (véase la nota 1) y deben incluir toda la información requerida por el cliente y necesaria para la interpretación de los resultados del ensayo o de la calibración, así como toda la información requerida por el método utilizado. Esta información es normalmente la requerida en los apartados 5.10.2 y 5.10.3 ó 5.10.4.

En el caso de ensayos o calibraciones realizados para clientes internos, o en el caso de un acuerdo escrito con el cliente, los resultados pueden ser informados en forma simplificada. Cualquier información indicada en los apartados 5.10.2 a 5.10.4 que no forme parte de un informe al cliente, debe estar fácilmente disponible en el laboratorio que efectuó los ensayos o las calibraciones.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

NOTA 1 Los informes de ensayo y los certificados de calibración a veces se denominan certificados de ensayo e informes de calibración, respectivamente.

NOTA 2 Los informes de ensayo o certificados de calibración pueden ser entregados como copia en papel o por transferencia electrónica de datos siempre que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional.

5.10.2 Informes de ensayos y certificados de calibración

Cada informe de ensayo o certificado de calibración debe incluir la siguiente información, salvo que el laboratorio tenga razones válidas para no hacerlo así:

- a) un título (por ejemplo, "Informe de ensayo" o "Certificado de calibración");
- b) el nombre y la dirección del laboratorio y el lugar donde se realizaron los ensayos o las calibraciones, si fuera diferente de la dirección del laboratorio;
- c) una identificación única del informe de ensayo o del certificado de calibración (tal como el número de serie) y en cada página una identificación para asegurar que la página es reconocida como parte del informe de ensayo o del certificado de calibración, y una clara identificación del final del informe de ensayo o del certificado de calibración;
- d) el nombre y la dirección del cliente;
- e) la identificación del método utilizado;
- f) una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o de los ítems ensayados o calibrados;
- g) la fecha de recepción del o de los ítems sometidos al ensayo o a la calibración, cuando ésta sea esencial para la validez y la aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución del ensayo o la calibración;
- h) una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, cuando éstos sean pertinentes para la validez o la aplicación de los resultados;
- i) los resultados de los ensayos o las calibraciones con sus unidades de medida, cuando corresponda;
- j) el o los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el informe de ensayo o el certificado de calibración;
- k) cuando corresponda, una declaración de que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.

NOTA 1 Es conveniente que las copias en papel de los informes de ensayo y certificados de calibración también incluyan el número de página y el número total de páginas.

NOTA 2 Se recomienda a los laboratorios incluir una declaración indicando que no se debe reproducir el informe de ensayo o el certificado de calibración, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio.

5.10.3 Informes de ensayos

5.10.3.1 Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, los informes de ensayos deben incluir, en los casos en que sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos, lo siguiente:

- a) las desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo específicas, tales como las condiciones ambientales;
- b) cuando corresponda, una declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos o las especificaciones;

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- c) cuando sea aplicable, una declaración sobre la incertidumbre de medición estimada; la información sobre la incertidumbre es necesaria en los informes de ensayo cuando sea pertinente para la validez o aplicación de los resultados de los ensayos, cuando así lo requieran las instrucciones del cliente, o cuando la incertidumbre afecte al cumplimiento con los límites de una especificación;
- d) cuando sea apropiado y necesario, las opiniones e interpretaciones (véase 5.10.5);
- e) la información adicional que pueda ser requerida por métodos específicos, clientes o grupos de clientes.

5.10.3.2 Además de los requisitos indicados en los apartados 5.10.2 y 5.10.3.1, los informes de ensayo que contengan los resultados del muestreo, deben incluir lo siguiente, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos:

- a) la fecha del muestreo;
- b) una identificación inequívoca de la sustancia, el material o el producto muestreado (incluido el nombre del fabricante, el modelo o el tipo de designación y los números de serie, según corresponda);
- c) el lugar del muestreo, incluido cualquier diagrama, croquis o fotografía;
- d) una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados;
- e) los detalles de las condiciones ambientales durante el muestreo que puedan afectar a la interpretación de los resultados del ensayo;
- f) cualquier norma o especificación sobre el método o el procedimiento de muestreo, y las desviaciones, adiciones o exclusiones de la especificación concerniente.

5.10.4 Certificados de calibración

5.10.4.1 Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, los certificados de calibración deben incluir, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de la calibración, lo siguiente:

- a) las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición;
- b) la incertidumbre de la medición o una declaración de cumplimiento con una especificación metroológica identificada o con partes de ésta;
- c) evidencia de que las mediciones son trazables (véase la nota 2 del apartado 5.6.2.1.1).

5.10.4.2 El certificado de calibración sólo debe estar relacionado con las magnitudes y los resultados de los ensayos funcionales. Si se hace una declaración de la conformidad con una especificación, ésta debe identificar los capítulos de la especificación que se cumplen y los que no se cumplen.

Cuando se haga una declaración de la conformidad con una especificación omitiendo los resultados de la medición y las incertidumbres asociadas, el laboratorio debe registrar dichos resultados y mantenerlos para una posible referencia futura.

Cuando se hagan declaraciones de cumplimiento, se debe tener en cuenta la incertidumbre de la medición.

5.10.4.3 Cuando un instrumento para calibración ha sido ajustado o reparado, se deben informar los resultados de la calibración antes y después del ajuste o la reparación, si estuvieran disponibles.

5.10.4.4 Un certificado de calibración (o etiqueta de calibración) no debe contener ninguna recomendación sobre el intervalo de calibración, excepto que esto haya sido acordado con el cliente. Este requisito puede ser reemplazado por disposiciones legales.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

5.10.5 Opiniones e interpretaciones

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases que respaldan dichas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deben estar claramente identificadas como tales en un informe de ensayo.

NOTA 1 Es conveniente no confundir las opiniones e interpretaciones con las inspecciones y las certificaciones de producto establecidas en la Norma ISO/IEC 17020 y la Guía ISO/IEC 65.

NOTA 2 Las opiniones e interpretaciones incluidas en un informe de ensayo pueden consistir en, pero no limitarse a, lo siguiente:

- una opinión sobre la declaración de la conformidad o no conformidad de los resultados con los requisitos;
- cumplimiento con los requisitos contractuales;
- recomendaciones sobre la forma de utilizar los resultados;
- recomendaciones a seguir para las mejoras.

NOTA 3 En muchos casos podría ser apropiado comunicar las opiniones e interpretaciones a través del diálogo directo con el cliente. Es conveniente que dicho diálogo se registre por escrito.

5.10.6 Resultados de ensayo y calibración obtenidos de los subcontratistas

Cuando el informe de ensayo contenga resultados de ensayos realizados por los subcontratistas, estos resultados deben estar claramente identificados. El subcontratista debe informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente.

Cuando se haya subcontratado una calibración, el laboratorio que efectúa el trabajo debe remitir el certificado de calibración al laboratorio que lo contrató.

5.10.7 Transmisión electrónica de los resultados

En el caso que los resultados de ensayo o de calibración se transmitan por teléfono, télex, facsímil u otros medios electrónicos o electromagnéticos, se deben cumplir los requisitos de esta Norma Internacional (véase también 5.4.7).

5.10.8 Presentación de los informes y de los certificados

La presentación elegida debe ser concebida para responder a cada tipo de ensayo o de calibración efectuado y para minimizar la posibilidad de mala interpretación o mal uso.

NOTA 1 Es conveniente prestar atención a la forma de presentar informe de ensayo o certificado de calibración, especialmente con respecto a la presentación de los datos de ensayo o calibración y a la facilidad de asimilación por el lector.

NOTA 2 Es conveniente que los encabezados sean normalizados, tanto como sea posible.

5.10.9 Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibración

Las modificaciones de fondo a un informe de ensayo o certificado de calibración después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de una transferencia de datos, que incluya la declaración:

“Suplemento al Informe de Ensayo” (o “Certificado de Calibración”), número de serie... [u otra identificación],

o una forma equivalente de redacción.

Dichas correcciones deben cumplir con todos los requisitos de esta Norma Internacional.

Cuando sea necesario emitir un nuevo informe de ensayo o certificado de calibración completo, éste debe ser unívocamente identificado y debe contener una referencia al original al que reemplaza.

ISO/IEC 17025:2005(ES)

Anexo A
(Informativo)

Referencias cruzadas nominales a la Norma ISO 9001:2000

Tabla A.1 - Referencias cruzadas nominales a la Norma ISO 9001:2000

ISO 9001:2000	ISO/IEC 17025
Capítulo 1	Capítulo 1
Capítulo 2	Capítulo 2
Capítulo 3	Capítulo 3
4.1	4.1, 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5, 4.2, 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4
4.2.1	4.2.2, 4.2.3, 4.3.1
4.2.2	4.2.2, 4.2.3, 4.2.4
4.2.3	4.3
4.2.4	4.3.1, 4.12
5.1	4.2.2, 4.2.3
5.1 a)	4.1.2, 4.1.6
5.1 b)	4.2.2
5.1 c)	4.2.2
5.1 d)	4.15
5.1 e)	4.1.5
5.2	4.4.1
5.3	4.2.2
5.3 a)	4.2.2
5.3 b)	4.2.3
5.3 c)	4.2.2
5.3 d)	4.2.2
5.3 e)	4.2.2
5.4.1	4.2.2 c)
5.4.2	4.2.1
5.4.2 a)	4.2.1
5.4.2 b)	4.2.1
5.5.1	4.1.5 a), f), h)
5.5.2	4.1.5 i)
5.5.2 a)	4.1.5 i)
5.5.2 b)	4.11.1
5.5.2 c)	4.2.4
5.5.3	4.1.6
5.6.1	4.15
5.6.2	4.15
5.6.3	4.15

ISO/IEC 17025:2005(ES)

ISO 9001:2000	ISO/IEC 17025
6.1 a)	4.10
6.1 b)	4.4.1, 4.7, 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4, 5.10.1
6.2.1	5.2.1
6.2.2 a)	5.2.2, 5.5.3
6.2.2 b)	5.2.1, 5.2.2
6.2.2 c)	5.2.2
6.2.2 d)	4.1.5 k)
6.2.2 e)	5.2.5
6.3.1 a)	4.1.3, 4.12.1.2, 4.12.1.3, 5.3
6.3.1 b)	4.12.1.4, 5.4.7.2, 5.5, 5.6
6.3.1 c)	4.6, 5.5.6, 5.6.3.4, 5.8, 5.10
6.4	5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.5
7.1	5.1
7.1 a)	4.2.2
7.1 b)	4.1.5 a), 4.2.1, 4.2.3
7.1 c)	5.4, 5.9
7.1 d)	4.1, 5.4, 5.9
7.2.1	4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 5.4, 5.9, 5.10
7.2.2	4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 5.4, 5.9, 5.10
7.2.3	4.4.2, 4.4.4, 4.5, 4.7, 4.8
7.3	5, 5.4, 5.9
7.4.1	4.6.1, 4.6.2, 4.6.4
7.4.2	4.6.3
7.4.3	4.6.2
7.5.1	5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9
7.5.2	5.2.5, 5.4.2, 5.4.5
7.5.3	5.8.2
7.5.4	4.1.5 c), 5.8
7.5.5	4.6.1, 4.12, 5.8, 5.10
7.6	5.4, 5.5
8.1	4.10, 5.4, 5.9
8.2.1	4.10
8.2.2	4.11.5, 4.14
8.2.3	4.11.5, 4.14, 5.9
8.2.4	4.5, 4.6, 4.9, 5.5.2, 5.5.9, 5.8, 5.8.3, 5.8.4, 5.9
8.3	4.9
8.4	4.10, 5.9
8.5.1	4.10, 4.12
8.5.2	4.11, 4.12
8.5.3	4.9, 4.11, 4.12

La Norma ISO/IEC 17025 contiene varios requisitos relativos a la competencia técnica que no están contemplados en la Norma ISO 9001:2000.

Anexo B (Informativo)

Directrices para establecer aplicaciones para campos específicos

B.1 Los requisitos especificados en esta Norma Internacional están expresados en términos generales y, si bien son aplicables a todos los laboratorios de ensayo y de calibración, podría ser necesaria alguna explicación. A tales explicaciones sobre las aplicaciones se las designa aquí “aplicaciones”. Es conveniente que las aplicaciones no incluyan requisitos generales adicionales que no estén incluidos en esta Norma Internacional.

B.2 Las aplicaciones pueden ser consideradas como una elaboración de los criterios (requisitos) establecidos en forma general en esta Norma Internacional, para campos específicos de ensayo y de calibración, tecnologías de ensayo, productos, materiales, o ensayos o calibraciones determinados. Por lo tanto, es conveniente que las aplicaciones sean establecidas por personas que posean adecuados conocimientos técnicos y experiencia, y que consideren los ítems que son esenciales o de mayor importancia para la adecuada conducción de un ensayo o de una calibración.

B.3 Según la aplicación de que se trate, puede ser necesario establecer aplicaciones para los requisitos técnicos de esta Norma Internacional. Las aplicaciones se pueden establecer simplemente proporcionando detalles o aportando información adicional a los requisitos ya establecidos en forma general en cada uno de los apartados (por ejemplo, límites específicos para la temperatura y la humedad del laboratorio).

En algunos casos las aplicaciones serán bastante limitadas, aplicándose solamente a un método determinado de ensayo o de calibración o a un grupo de métodos de ensayo o de calibración. En otros casos, las aplicaciones pueden ser bastante amplias, aplicándose al ensayo o a la calibración de diferentes productos o ítems, o a campos enteros de ensayo o de calibración.

B.4 Si las aplicaciones se aplican a un grupo de métodos de ensayo o de calibración en un campo técnico completo, es conveniente utilizar un lenguaje común para todos los métodos.

Alternativamente, para tipos o grupos específicos de ensayos o de calibraciones, productos, materiales o campos técnicos de ensayos o de calibraciones, puede ser necesario preparar un documento de aplicación por separado que complemente a esta Norma Internacional. Es conveniente que un documento como éste solamente proporcione la información complementaria necesaria, dejando que esta Norma Internacional se mantenga como el principal documento de referencia. Es conveniente evitar aplicaciones demasiado específicas con el fin de limitar la proliferación de documentos detallados.

B.5 Es conveniente que las indicaciones que figuran en este anexo sean utilizadas por los organismos de acreditación u otros tipos de organismos de evaluación cuando elaboren las aplicaciones para sus propios propósitos (por ejemplo, la acreditación en áreas específicas).

ISO/IEC 17025:2005(ES)

Bibliografía

- [1] ISO 5725-1, *Exactitud (veracidad y precisión) de los resultados y métodos de medición — Parte 1: Principios generales y definiciones*
- [2] ISO 5725-2, *Exactitud (veracidad y precisión) de los resultados y métodos de medición — Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y de la reproducibilidad de un método de medición normalizado*
- [3] ISO 5725-3, *Exactitud (veracidad y precisión) de los resultados y métodos de medición — Parte 3: Mediciones intermedias de la precisión de un método de medición normalizado*
- [4] ISO 5725-4, *Exactitud (veracidad y precisión) de los resultados y métodos de medición — Parte 4: Métodos básicos para la determinación de la justeza de un método de medición normalizado*
- [5] ISO 5725-6, *Exactitud (veracidad y precisión) de los resultados y métodos de medición — Parte 6: Utilización en la práctica de valores de exactitud*
- [6] ISO 9000:—²⁾, *Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*
- [7] ISO 9001:2000, *Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*
- [8] ISO/IEC 90003, *Ingeniería del software — Directrices para la aplicación de la Norma ISO 9001:2000 al software informático*
- [9] ISO 10012:2003, *Sistemas de gestión de las mediciones — Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*
- [10] ISO/IEC 17011, *Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad*
- [11] ISO/IEC 17020, *Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección*
- [12] ISO/IEC 19011, *Directrices para la auditoría de sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental*
- [13] Guía ISO 30, *Términos y definiciones utilizados en relación con los materiales de referencia*
- [14] Guía ISO 31, *Materiales de referencia — Contenido de los certificados y etiquetas*
- [15] Guía ISO 32, *Calibración en química analítica y utilización de materiales de referencia certificados*
- [16] Guía ISO 33, *Utilización de materiales de referencia certificados*
- [17] Guía ISO 34, *Requisitos generales para la competencia de los productores de materiales de referencia*
- [18] Guía ISO 35, *Certificación de materiales de referencia — Principios generales y estadísticas*
- [19] Guía ISO/IEC 43-1, *Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios — Parte 1: Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud*

²⁾ De próxima publicación. (Revisión de la Norma ISO 9000:2000)

ISO/IEC 17025:2005(ES)

- [20] Guía ISO/IEC 43-2, *Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios — Parte 2: Selección y utilización de programas de ensayos de aptitud por organismos de acreditación de laboratorios*
- [21] Guía ISO/IEC 58:1993, *Sistemas de acreditación de laboratorios de ensayo y calibración — Requisitos generales para la gestión y el reconocimiento*
- [22] Guía ISO/IEC 65, *Requisitos generales para los organismos que realizan la certificación de productos*
- [23] GUM, *Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición*, publicada por BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML.
- [24] Información y documentos sobre la acreditación de laboratorios pueden consultarse en la página web de ILAC (Cooperación internacional de la acreditación de laboratorios): www.ilac.org