



Análisis del comportamiento plástico del acero 1020 mediante ensayos de tracción

Analysis of the plastic behavior of 1020 steel by tensile tests

Análise do comportamento plástico do aço 1020 por ensaios de tração

Jorge Isaiás Caicedo-Reyes ^I
isaias.caicedo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9875-6348>

Jorge Sebastian Buñay-Guamán ^{II}
bunay.jorge@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6963-0383>

Sócrates Miguel Aquino-Arroba ^{III}
aquino.miguel@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6393-9408>

Correspondencia: isaias.caicedo@epoch.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 18 de noviembre de 2019 ***Aceptado:** 27 de diciembre de 2019 * **Publicado:** 17 de enero 2020

- I. Magíster en Diseño Mecánico, Ingeniero Mecánico, Docente de Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico, Docente de Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Diseño Producción y Automatización Industrial, Ingeniero Mecánico, Docente de Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

En el presente trabajo se analiza de forma netamente teórica la transición de zona elástica a plástica del acero AISI 1020 aprovechando sus propiedades obtenidas al realizarle un endurecimiento por deformación mediante la aplicación de una carga axial provocándole un esfuerzo de tracción, esto se logró mediante el análisis de la curva esfuerzo-deformación del material obtenida mediante ensayos con la máquina universal. El ensayo de tracción se lo realizó a 6 probetas aplicándole una carga cuasiestática, llevándole a la probeta hasta la zona plástica y posteriormente se retiró la carga sin llegar hasta el punto de fractura del material. Se conoce que el acero AISI 1020 es muy utilizado industrialmente para el diseño de elementos de máquinas, se hace interesante dar a conocer las ventajas y desventajas de un endurecimiento por tensión de este material.

Palabras clave: Carga; esfuerzo; deformación; zona elástica; zona plástica; endurecimiento.

Abstract

In the present work, the transition of the elastic to plastic zone of the AISI 1020 steel is analyzed in a theoretical way, taking advantage of its properties obtained by performing a hardening by deformation by applying an axial load causing a tensile stress, this is activated by analysis of the stress-strain curve of the material obtained through tests with the universal machine. The tensile test was carried out on 6 specimens by applying a quasi-static load taking the probe to the plastic zone and subsequently the load was removed without reaching the point of fracture of the material. It is known that AISI 1020 steel is widely used industrially for the design of machine elements, it is interesting to present the advantages and disadvantages of a tensile strength of this material.

Keywords: Load, stress; strain; elastic zone; plastic zone; hardening.

Resumo

Neste trabalho, a transição da zona elástica para a plástica do aço AISI 1020 é analisada de forma teórica, aproveitando suas propriedades obtidas por endurecê-lo por deformação através da aplicação de uma carga axial causando uma tensão de tração, o que foi alcançado analisando-se da curva tensão-deformação do material obtido através de ensaios com a máquina universal. O

teste de tração foi realizado em 6 amostras, aplicando uma carga quase-estática, levando a amostra à zona plástica e, posteriormente, a carga foi removida sem atingir o ponto de fratura do material. Sabe-se que o aço AISI 1020 é amplamente utilizado industrialmente para o projeto de elementos de máquinas, é interessante apresentar as vantagens e desvantagens de um endurecimento por tensão deste material.

Palavras-chave: Carga; esforço deformação; zona elástica; zona de plástico; endurecimento.

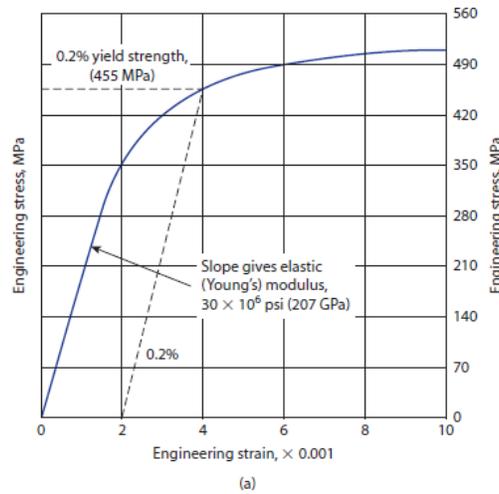
Introducción

El acero AISI 1020 es usado en la actualidad para la construcción de ejes, flanges, eslabones, pasadores y elementos de máquinas en general, esto debido a su bajo contenido de carbono, lo cual proporciona buena ductilidad, maleabilidad, y tenacidad al material, además presenta bajas propiedades de templabilidad y de tracción, dicha propiedad (tracción) se ve necesario analizarla en la zona plástica ya que mediante dicho ensayo mejora las propiedades del acero AISI 1020 de manera natural [1][2][3]. Se hace interesante comparar las diferentes propiedades mecánicas propias del material tanto en la zona elástica como plástica mediante la curva esfuerzo vs deformación además de la relación existente entre esfuerzo máximo por carga axial y de torsión en la zona elástica. Las curvas de esfuerzo-deformación son una medida gráfica extremadamente importante de las propiedades mecánicas de un material, y todos los estudiantes de Mecánica de Materiales las encontrarán a menudo [4]. La obtención del diagrama esfuerzo-deformación parte de la aplicación de una carga axial a probeta de sección cilíndrica. Primero se determinará la deformación unitaria la cual es la deformación del material por unidad de longitud y a medida que se vaya incrementando la carga se calculará el esfuerzo y con ello se obtendrá los puntos necesarios para la realización del gráfico [5]. Lo más versátil del diagrama es la ley de Hooke en la zona elástica y el endurecimiento por deformación plástica al aplicar una carga de tracción, además se podrá definir si está trabajando con un material dúctil o frágil.

Comparación entre material dúctil y frágil

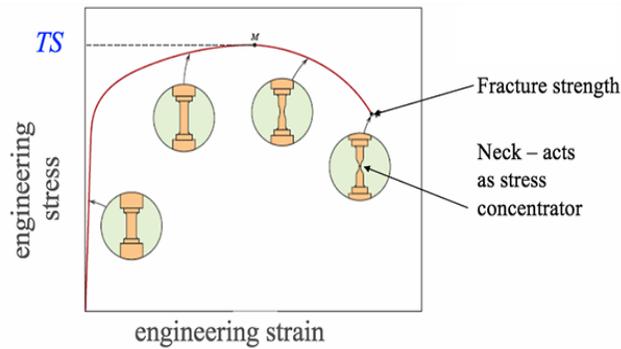
Lo más versátil de la gráfica esfuerzo vs deformación es su capacidad de solución visual ante problemas prácticos que se pueden llegar a presentar, por ejemplo, el acero AISI 1020 es dúctil, se lo puede corroborar fácilmente con la gráfica que se obtiene del Atlas Stress-Strain Curves

Figura 1: Curva esfuerzo deformación del acero AISI 1020



Fuente: Atlas [22]

Figura 2: Curva esfuerzo deformación de un acero dúctil

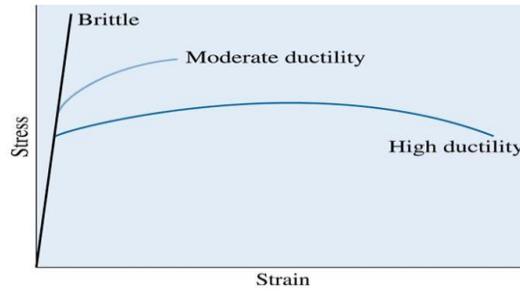


Fuente: Callister [21]

La ductilidad es la medida de la deformación plástica que se ha sostenido hasta el punto de fractura del material. En los aceros, la característica principal de la ductilidad es que a medida que se va incrementando la carga de tracción, se va formando en el punto de rotura el llamado cuello de botella.

La forma de medir la ductilidad de un acero es mediante el porcentaje de alargamiento en la fractura o el porcentaje de reducción de área.

Figura 3: Curva esfuerzo deformación de un acero dúctil, moderadamente dúctil y un acero rígido



Fuente: [8]

En la figura 3 se puede visualizar que el área bajo cada curva es diferente, es así como se puede determinar cuan dúctil es el material siendo en este caso la curva negra un material muy rígido es decir de alto contenido de carbono. La característica visual es que en el punto de rotura no va a existir variación de la sección.

Las propiedades mecánicas están íntimamente ligadas a las propiedades microscópicas del material, es decir micrografía y espectrometría.

Figura 4: Micrografía del acero AISI 1020 tomada a 100x del objetivo



Realizado por: Autores

La estructura metalográfica del material indica que tiene una estructura martensítica, con grandes bordes de grano y poca presencia de perlita como se puede observar en la Fig.4.

Según la composición química se puede predecir las propiedades del material tales como soldabilidad, maquinabilidad y ductilidad.

Tabla 1. Composición química del acero AISI 1020

Elemento	Contenido
Carbón	0.17 – 0.230 %
Hierro	99.08 – 99.53 %

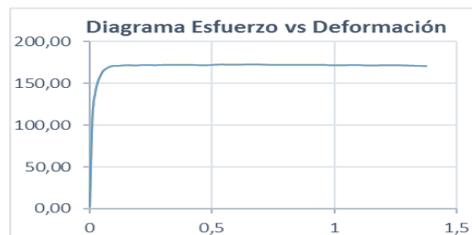
Manganeso	0.30 – 0.60 %
Fósforo	≤ 0.04
Azufre	≤ 0.05

Fuente: [1]

Zona elástica vs zona plástica

El acero AISI 1020 es un material muy dúctil, esto se puede validar con la realización del diagrama esfuerzo deformación con la aplicación sucesiva de carga (tracción) y descarga del material, aplicándose esto hasta llevarle a la zona plástica, con ello se puede verificar sus buenas propiedades de endurecimiento por deformación.

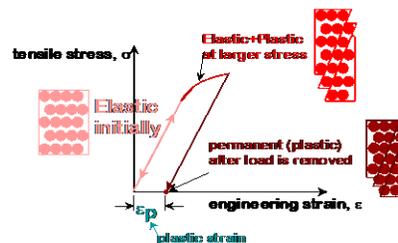
Figura 5: Curva esfuerzo-deformación



Realizado por: Autores

Un breve análisis de la zona elástica del material es que al deformarse va a regresar enseguida a su estado normal ya que presenta una pendiente muy pronunciada de la zona elástica. Sin embargo, al llevar la carga de tracción hasta la zona plástica el material queda deformado permanentemente, pero con mejores propiedades debido al endurecimiento por deformación [21]. Lo mencionado se puede comprobar con el siguiente gráfico.

Figura 6: Endurecimiento por deformación plástica



Fuente: [7]

Análisis de las propiedades intrínsecas del material presentes en la zona elástica

Como se ha mencionado anteriormente la curva esfuerzo-deformación es muy útil en el campo ingenieril debido a su capacidad de solución mediante valores visuales [1].

Para el acero AISI 1020, un acero de bajo carbono, se realizó un análisis de la curva obtenida experimentalmente, tales como se muestra en la figura 7. Como se ve, presenta un módulo de elasticidad elevado ya que tiene una pendiente en la zona elástica considerable. Es decir, la carga de tracción que se le aplica para cambiar de zona debe ser muy alta.

La curva esfuerzo-deformación se la obtuvo mediante una aplicación de carga axial a lo largo del eje x.

Endurecimiento por deformación plástica

Figura 7: Curva esfuerzo-deformación aplicada un esfuerzo de tracción



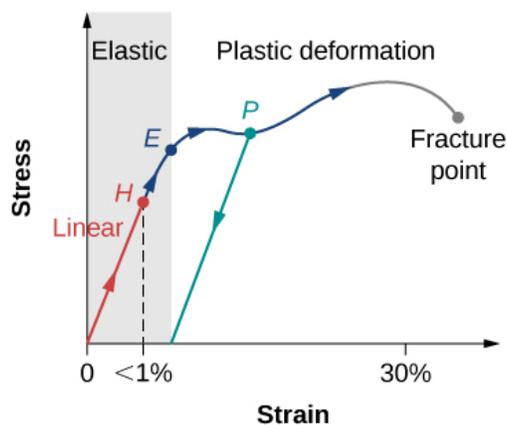
Fuente: Autores

Analizando la curva cuando ya se ha aplicado la carga de tracción llevándole hasta la zona plástica se puede notar que se ha reducido la capacidad de ductilidad del material disminuyendo su área hasta el punto de fractura, ello nos lleva a una sola pregunta, ¿Qué sucedió con el material? Pues bien, lo único que ocurrió fue que se sacrificó un poco de ductilidad para ganar elasticidad lo cual se muestra en la figura 7. La línea OA es paralela a la línea BK, es decir que van a tener ambas curvas el mismo módulo de Young, la nueva curva que gobierna al acero AISI 1020 va a ser KBCD y ya no la OABCD. El punto B va a ser el límite elástico del material y como se observa es mayor al anterior sin embargo se tuvo que sacrificar un poco de ductilidad y tenacidad ya que el material perdió en un 0.2% su capacidad de deformación [9].

Análisis de la transición de endurecimiento por deformación

A una probeta previamente preparada según la norma ASTM E8 se le sometió a cargas cíclicas de tracción es decir que se le aplicó una carga deformándole hasta la zona plástica, una vez deformada se le retiraba la carga. Microscópicamente lo que ocurrió fue lo siguiente:

Figura 8: Curva esfuerzo deformación de una probeta sometida a carga de tracción



Fuente: [10]

Tratamiento térmico vs endurecimiento por deformación plástica

El tratamiento térmico es el mejoramiento de las propiedades mecánicas sin variar la composición química del material, es muy útil en el sector industrial ya que, si se tuviera un elemento de máquina el cual no es óptimo para las necesidades del usuario debido a sus propiedades mecánicas, sin embargo, al aplicarle un tratamiento térmico se puede mejorar sus propiedades haciéndolo funcional para la aplicación requerida. Este proceso térmico presenta tanto ventajas como desventajas [11]. Una de las principales desventajas es el costo de su realización además del gasto de energía. Para la realización de un tratamiento térmico, se le tendría que aplicar a todo el material, aunque no quisiera debido a las propiedades de conductividad del material, es por ello que se ve la utilidad del estudio del endurecimiento mediante una carga a tensión. Su aplicación es igual o superior a la del tratamiento térmico en el sector industrial [12]. Los beneficios de dicho endurecimiento se fundamentan en el sacrificio de ductilidad a cambio de mejoramiento en la resistencia del material. El principal inconveniente de esta aplicación es que se crean dislocaciones interiores lo cual hace que aumente su resistencia,

pero hace que se almacene energía por planos de dislocación conocidas como zonas de tensión [13]. Generalmente dependiendo de cuan rígido se le vuelva al material se le aplicará un revenido para liberar una parte de ese estrés del material [14]. Sin embargo, este inconveniente se lo puede controlar mientras que el endurecimiento por tratamiento térmico no.

Definiciones del proceso de endurecimiento por deformación plástica

Carga: Una carga es una fuerza que se le aplica a la probeta, esta puede ser de tracción o compresión. Existen varios tipos de carga las cuales son estática, cuasiestática y dinámica. Para ensayos de tracción la carga aplicada debe ser cuasiestática es decir que la forma de aplicación de la carga es bien lenta ya que se obtendrán mayor cantidad de datos y así poder trazar el diagrama esfuerzo deformación [17]

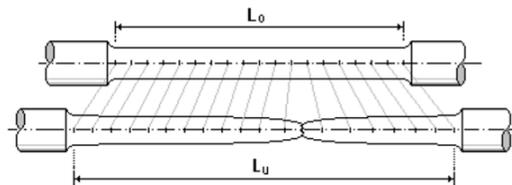
Tracción: El esfuerzo de tracción es un tipo de ensayo mecánico en donde la forma de aplicación de la carga es axial. Las propiedades que se pueden cuantificar a partir de los parámetros obtenidos en el ensayo de tracción son: rigidez intrínseca, resistencia mecánica a tracción, ductilidad y tenacidad [18]

Rigidez intrínseca: Es el conocido módulo de Young, este mide cuan rígido se está comportando el material y su valor viene representado como la pendiente en el diagrama σ - ϵ en la zona elástica región OA [19].

Resistencia mecánica a tracción: Es el límite elástico o resistencia a la cadencia. Surge a partir del punto donde se produce una deformación de 0.2% [20].

Ductilidad: La ductilidad es una propiedad cualitativa y subjetiva del material. Indica el grado en que un metal puede deformarse sin fracturarse. Se mide a través del alargamiento porcentual a la fractura a partir de la longitud antes y después del ensayo, a veces se utiliza la variación de área en el punto de fractura [15]. Se puede calcular mediante:

Figura 9: Cambio de elongación de un material dúctil



Fuente: [18]

$$\varepsilon_f = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100 \% \quad (1)$$

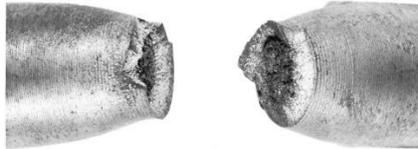
Donde:

ε_f = Elongación

L_u = Longitud después del ensayo

L_o = Longitud inicial de la probeta

Figura 10: Cambio de elongación de un material dúctil



Fuente: [18]

$$q = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100 \% \quad (2)$$

Donde:

q = Reducción de área

A_o = Área inicial de la probeta

A_f = Área en el punto de fractura

Tenacidad

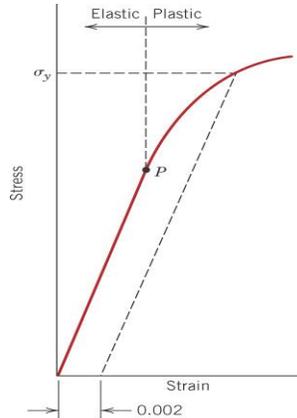
La tenacidad de un material está relacionada con la energía absorbida por el mismo material. La energía por unidad de volumen hasta un esfuerzo equivalente a la resistencia a la tracción se denomina módulo de resiliencia. La energía por unidad de volumen absorbida hasta la fractura se conoce como módulo de tenacidad. Generalmente se ocupa el péndulo de Charpy para realizar pruebas de tenacidad, la probeta deberá ser preparada con una muesca como se indica en la norma ASTM E23 [16]

Deformación plástica

Cuando a un material se le ha aplicado una carga tal que ha sobrepasado la zona elástica, se dice que ha llegado a la zona plástica, la característica principal es que el material va a quedar un

0.2% deformado de la longitud inicial, además el límite elástico va a ser mayor es allí en donde se demuestra que se sacrificó ductilidad para ganar elasticidad. Esto se debe a las dislocaciones que se crearon atómicamente, lo cual se denomina endurecimiento por deformación plástica. Esta técnica de endurecimiento es muy utilizada ya que es de bajo costo y se ubica principalmente en los cambios de geometría que existen en los aceros [17].

Figura 11: Curva σ - ϵ de un material con carga de tracción aplicada hasta la zona plástica



Fuente: [16]

Obtención de los datos del acero aisi 1020 sometido a tracción

Para la obtención de los datos del acero AISI 1020 sometido a tracción, se procedió a realizar ensayos netamente de tracción cíclica en la Máquina Universal del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica. Para la realización de las probetas se siguió la norma ASTM E8M-03 [6], esta normativa además indica las dimensiones que debe tener la probeta, las mismas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2: Dimensiones de la probeta de Acero AISI 1020

Dimensiones	mm
Longitud calibrada	62,5
Diámetro	12,5
Radio de filete	10
Longitud de la sección reducida	75
Longitud total, aproximada	145

Longitud de la sección final	35
Diámetro de la sección final	20

Figura 12: Probeta maquinada de Acero AISI 1020



A continuación, se procede a realizar el siguiente procedimiento para obtener la curva Esfuerzo vs Deformación:

1- Toma de datos de las dimensiones iniciales de la probeta. 2-Montar las probetas en la Máquina Universal. 3- Cargar la probeta y tomar continuamente los datos de la carga y la deformación, hasta la fractura de la misma. 4- Descargar a la probeta 5-Desmontaje de las mordazas. 6- Toma de datos de las dimensiones finales de la probeta fracturada. 7- Tabulación de los datos.

Realización de las curvas del acero AISI 1020

1- Toma de datos de las dimensiones de la probeta. 2-Montar las probetas en la Máquina Universal. 3- Cargar la probeta y tomar continuamente los datos de la carga y la deformación, hasta un límite preestablecido. Es importante mencionar que los datos son aleatorios teniendo en cuenta que éstos deben sobrepasar el límite de fluencia del material en análisis. 4- Descargar la probeta tomando continuamente los datos de la carga y la deformación de la probeta. 5- Volver a cargar la misma probeta hasta un valor superior al anterior 6-Toma de datos de las dimensiones finales de la probeta deformada. 7- Tabulación de los datos.

Análisis de los resultados

A continuación, se presentan los datos obtenidos por medio de los ensayos realizados en la máquina universal sometiendo a las probetas a tracción.

Probeta 1: está probeta fue sometida a tracción para determinar la curva esfuerzo vs deformación, llegando de esta forma al punto de fractura. Esto se lo realizó para determinar la carga a la cual se procederá a someter a las siguientes probetas.

Tabla 3: Parámetros iniciales de la Probeta

Dimensiones Iniciales de la Probeta	
Longitud Inicial (mm)	51,5
Diámetro Inicial (mm)	12,7

Tabla 4: Parámetros Finales de la Probeta 1

Dimensiones Finales de la Probeta	
Longitud Final (mm)	62,8
Diámetro Final (mm)	8,1

Tabla 5: Datos iniciales del ensayo

Datos Generales del Ensayo	
Carga muerta (Kgf)	0
Pre carga (kgf)	4,8
Velocidad de carga (mm/min)	1

Tabla 6: Recolección de datos Probeta 1

Carga (Kgf)	Deformación	Esfuerzo (kgf/mm²)	Esfuerzo (MPa)
40	0	0,3158	3,09
70	0,00022	0,5526	5,42
90	0,00044	0,7105	6,96
120	0,00066	0,9473	9,28
140	0,00088	1,11	10,83
180	0,00088	1,42	13,93
240	0,00132	1,89	18,57
310	0,00176	2,45	23,98
420	0,00263	3,32	32,49
490	0,00307	3,87	37,91
560	0,00351	4,42	43,32
640	0,00395	5,05	49,51
730	0,00461	5,76	56,47
840	0,00549	6,63	64,98
970	0,00636	7,66	75,04
1060	0,00724	8,37	82,00
1200	0,00856	9,47	92,83
1270	0,00922	10,03	98,25

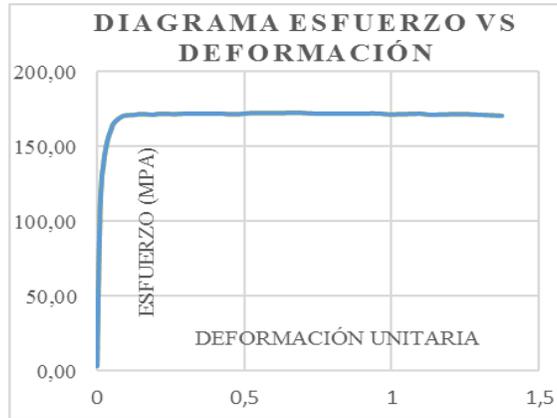
1380	0,0101	10,89	106,76
1450	0,0112	11,45	112,18
1542	0,0127	12,17	119,29
1610	0,0147	12,71	124,55
1690	0,0165	13,34	130,74
1760	0,0206	13,89	136,16
1840	0,0241	14,53	142,35
1910	0,0285	15,08	147,76
1960	0,0325	15,47	151,63
2030	0,0395	16,03	157,05
2090	0,0481	16,50	161,69
2130	0,0538	16,81	164,78
2170	0,0676	17,13	167,88
2203	0,0867	17,39	170,43
2211	0,105	17,45	171,05
2211	0,119	17,45	171,05
2218	0,138	17,51	171,59
2218	0,149	17,51	171,59
2220	0,161	17,52	171,74
2215	0,189	17,49	171,36
2220	0,202	17,52	171,74
2223	0,226	17,55	171,98
2220	0,267	17,52	171,74
2225	0,300	17,56	172,13
2225	0,327	17,56	172,13
2225	0,371	17,56	172,13
2225	0,410	17,56	172,13
2223	0,430	17,55	171,98
2218	0,467	17,51	171,59
2228	0,515	17,59	172,36
2230	0,533	17,60	172,52
2228	0,603	17,59	172,36
2232	0,677	17,62	172,67
2225	0,749	17,56	172,13
2225	0,889	17,56	172,13
2225	0,954	17,56	172,13
2218	0,989	17,51	171,59
2220	1,044	17,52	171,74
2223	1,099	17,55	171,98
2215	1,134	17,49	171,36
2220	1,242	17,52	171,74

2206	1,374	17,41	170,66
2206	1,417	17,41	170,66

Fuente: Autores

En la presente figura se presenta la tabulación de los datos obtenidos en el ensayo con lo cual se pudo obtener el diagrama esfuerzo vs deformación presentada a continuación:

Figura 13: Diagrama Esfuerzo vs Deformación del acero AISI 1020



Fuente: Autores

Con los datos anteriormente proporcionados se procedió a realizar los ensayos en las siguientes probetas, para el análisis de la plasticidad del acero.

Probeta 2: esta probeta fue sometida a tracción cargándola hasta los 1711 kg y a continuación descargándola, posteriormente nuevamente se somete a tracción hasta una carga de 1924 kg, descargándola nuevamente.

Los datos de la probeta y del ensayo son presentados a continuación:

Tabla 7: Parámetros iniciales de probetas en análisis

Dimensiones Iniciales de la Probeta	
Longitud Inicial (mm)	50,5
Diámetro Inicial (mm)	12,8

Tabla 8: Parámetros finales de probetas en estudio

Dimensiones Finales de la Probeta	
Longitud Final (mm)	62,8
Diámetro Final (mm)	8,1

Tabla 9: Datos iniciales del ensayo

Datos Generales del Ensayo	
Carga muerta (Kgf)	0
Pre carga (kgf)	4,8
Velocidad de carga (mm/min)	1

Tabla 10: Recolección de datos Probetas para el análisis de la plasticidad del material

Carga (Kgf)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kgf/mm²)	Esfuerzo (MPa)
50	0,00024	0,389	3,81
106	0,00073	0,824	8,07
161	0,00146	1,25	12,26
260	0,00268	2,02	19,80
364	0,00365	2,83	27,72
430	0,00414	3,34	32,75
520	0,00463	4,04	39,60
590	0,00536	4,59	44,93
690	0,00633	5,36	52,55
790	0,00682	6,14	60,16
880	0,00755	6,84	67,02
970	0,00852	7,54	73,87
1040	0,00901	8,08	79,20
1170	0,00999	9,09	89,11
1240	0,01072	9,64	94,44
1350	0,01169	10,49	102,81
1420	0,01291	11,04	108,14
1490	0,01388	11,58	113,48
1570	0,01510	12,20	119,57
1630	0,01656	12,67	124,14
1700	0,01875	13,21	129,47
1770	0,02095	13,76	134,80
1870	0,02436	14,53	142,42
1950	0,03045	15,15	148,51
1995	0,03361	15,50	151,94
2030	0,03678	15,78	154,60
2100	0,04506	16,32	159,93
2135	0,04920	16,59	162,60
2170	0,05724	16,86	165,26
2195	0,06454	17,06	167,17
2206	0,06942	17,14	168,00
1711	0,05602	13,30	130,31
1320	0,05115	10,26	100,53
914	0,04628	7,10	69,61
420	0,04262	3,26	31,99

210	0,04043	1,63	15,99
110	0,03921	0,855	8,38
100	0,03897	0,777	7,62
0	0,03824	0,000	0,00

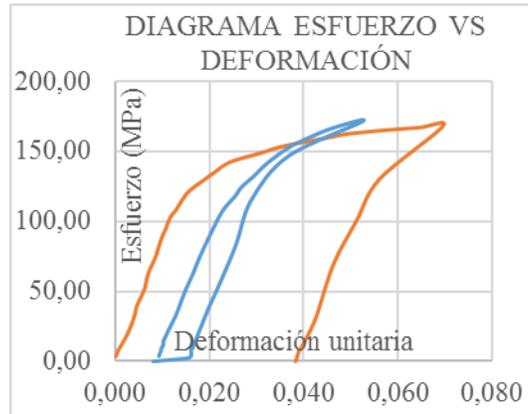
Fuente: Autores

Carga (Kgf)	Defor-mación Unitaria	Esfuer-zo (kgf/mm²)	Esfuer-zo (MPa)
50	0,0093	0,389	3,81
80	0,0095	0,622	6,09
105	0,0097	0,816	8,00
120	0,0097	0,933	9,14
160	0,0102	1,24	12,19
190	0,0102	1,48	14,47
330	0,0117	2,56	25,13
440	0,0129	3,42	33,51
640	0,0146	4,97	48,74
810	0,0163	6,29	61,69
1040	0,0185	8,08	79,20
1390	0,0224	10,80	105,86
1549	0,0253	12,04	117,97
1640	0,0268	12,74	124,90
1735	0,0292	13,48	132,13
1860	0,0322	14,45	141,65
2010	0,0368	15,62	153,08
2100	0,0409	16,32	159,93
2195	0,0463	17,06	167,17
2255	0,0524	17,52	171,74
1924	0,0365	14,95	146,53
1510	0,0287	11,73	115,00
1095	0,0256	8,51	83,39
710	0,0219	5,52	54,07
470	0,0195	3,65	35,79
120	0,0163	0,933	9,14
108	0,0161	0,839	8,23
50	0,0161	0,389	3,81
31	0,0153	0,241	2,36
7,24	0,0097	0,056	0,55
0	0,0080	0,000	0,00

Fuente: Autores

En la siguiente ilustración se presenta la tabulación de los datos obtenidos en el ensayo con lo cual se pudo obtener un primer diagrama del comportamiento del acero AISI 1020 sometido a tracción, descargándola y cargándola nuevamente a tracción.

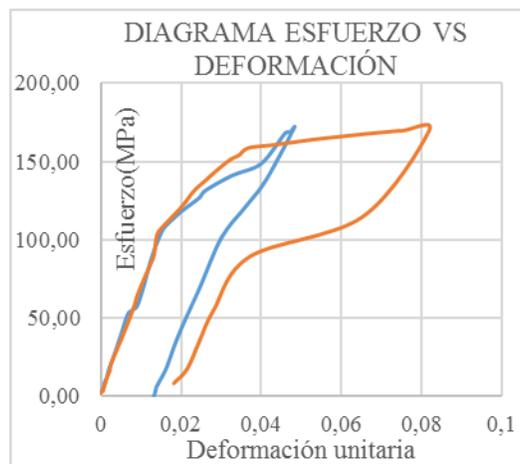
Figura 14: Efecto obtenido de la probeta 1



Fuente: Autores

Probeta 3: El proceso es similar al anteriormente nombrado en la probeta 2, está sometida a tracción cargándola hasta los 2225 kg, descargándola inmediatamente, después nuevamente la cargamos a tracción hasta una carga de 2230 kg, descargándola por última vez y observando que la deformación aumenta considerablemente en la probeta.

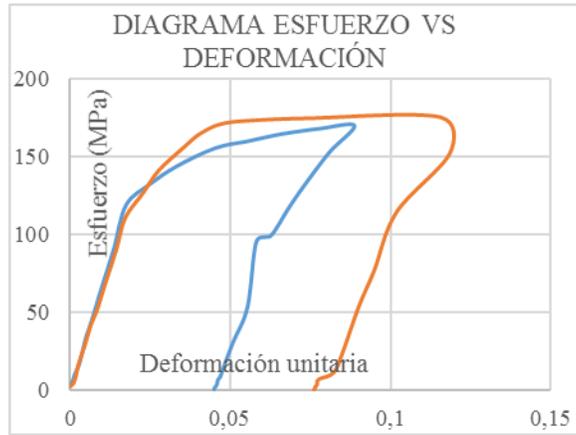
Figura 15: Efecto obtenido de la probeta 2



Fuente: Autores

Probeta 4: Esta probeta en cambio se ha sometido hasta los 2230 kg en carga de tracción y a continuación descargándola, en este caso nos fijamos una carga de 2300 kg igualmente en tracción y descargándola nuevamente como hemos realizado en las probetas anteriores.

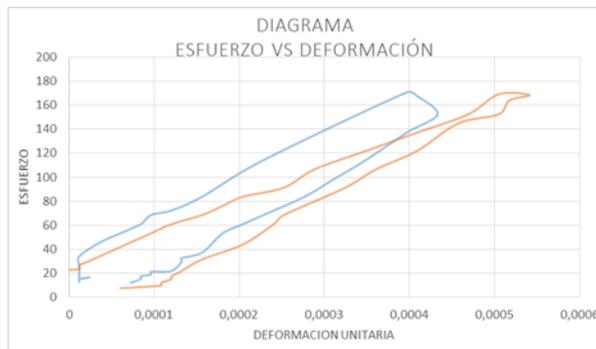
Figura 16: Efecto obtenido de la probeta 3



Fuente: Autores

Probeta 5: En la probeta 4 se ha ensayado hasta 2240 kg para una carga netamente tracción, posteriormente se descarga, volvemos a carga la probeta hasta 2220 kg, presentando los resultados en la siguiente ilustración.

Figura 17: Efecto obtenido de la probeta 4

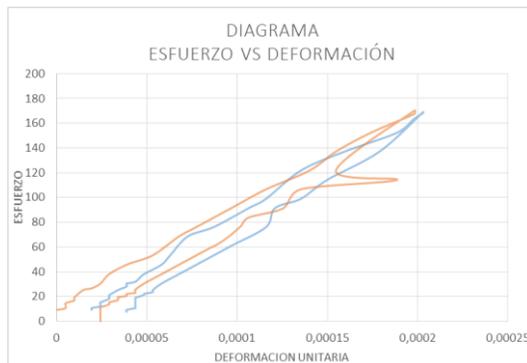


Fuente: Autores

Probeta 6: Para esta probeta (la última en el ensayo) se ha establecido una carga de 2220 kg, básicamente tomando la misma carga de la probeta anterior como se puede visualizar y posteriormente descargamos. Tomando nuevamente una carga superior a ésta a nuestro criterio

optamos por elevar la carga hasta 2235 kg (para no superar el límite de fluencia del acero AISI 1020). A continuación, se presenta la ilustración.

Figura 18: Efecto obtenido de la probeta 5



Fuente: Autores

Discusión de los resultados

Como se describió anteriormente para estudiar la plasticidad, se planteó a realizar los ensayos de las probetas de acero AISI 1020 sometidas únicamente a tracción. Antes de someter a las probetas a este efecto, se procedió a obtener la curva ESFUERZO vs DEFORMACIÓN del acero, esto con la finalidad de determinar las cargas con la cual se procederían posteriormente a cargar a las probetas.

Por medio del Diagrama Esfuerzo-Deformación se obtuvo que la Resistencia a la Fluencia es de aproximadamente 165MPa, esto difiere un poco de valores teóricos, esto puede deberse a defectos en la fabricación del acero, al cambio de microestructura del acero producido en el maquinado de la probeta o principalmente a los tratamientos térmicos a los cuales se ha sometido en su manufactura.

Posteriormente sometimos a 5 probetas a varias cargas aumentándoles proporcionalmente obteniendo los siguientes resultados:

Probeta 2: esta probeta fue sometida a tracción cargándola hasta los 1711 kg y a continuación descargándola, y sometiéndole nuevamente a tracción hasta una carga de 1924 kg y descargándola nuevamente. Como se observa a través del Diagrama Esfuerzo-Deformación, las curvas son aproximadamente paralelas obteniendo en ambos casos una pendiente muy similar. Para la primera carga obtenemos un esfuerzo máximo de 168 MPa antes de su descarga mientras

que para la segunda carga alcanza un esfuerzo de 171 MPa aproximadamente.

Probeta 3: esta probeta fue sometida a tracción cargándola hasta los 2225 kg, después la descargamos, sometemos nuevamente a tracción y obtuvimos una carga de 2230 kg. En el diagrama se observa que, las curvas casi se sobreponen la una a la otra. Para la primera carga obteniendo un esfuerzo netamente de tracción con un valor aproximado 172 MPa, y para la posterior carga el esfuerzo es de 170 MPa tal y como nos muestra la Figura 5.

Probeta 4: En esta probeta obtuvimos una carga de 2230 kg a tracción, al igual que en los casos anteriores descargamos inmediatamente, posterior a esto llegamos a una carga aleatoria de 2300 kg superior al límite de fluencia de este acero, finalmente la descargamos. Por medio de la tabulación de este ensayo se observa la variación en la deformación ya en rangos considerables hasta llegar casi a la Resistencia última o punto de fractura. Para nuestra primera carga se obtuvo un esfuerzo a la tracción de 175 MPa, y para la posterior carga que fue sometida. La Figura 6 indica que su esfuerzo es de 176 MPa.

Probeta 5: Para esta probeta como hemos mencionado anteriormente nuestra carga máxima será de 2240 kg a tracción y después de haberla descargado la carga a la cual llegaremos con esta probeta fue de 2220 kg, teniendo esfuerzos de 171MPa y 169 MPa respectivamente. Este diagrama presenta cierta distorsión en cuanto a sus otros diagramas y esto se debe a que ya estamos cerca del límite de fluencia.

Probeta 6: En esta probeta hemos tomado en consideración la anterior, ya que cargamos a tracción hasta 2220 kg con un esfuerzo de 169 MPa y posterior elevación de carga a nuestro criterio llegamos hasta los 2235 kg, obteniendo un esfuerzo de 170 MPa.

Se evidencia por medio de la tabulación de los datos de cada ensayo que se cumple en cierto grado de variación, no obstante se puede justificar las variaciones debido a que los ensayos fueron netamente realizados bajo tracción, cargando y descargando a la probeta con lo cual se puede afirmar que el acero AISI 1020 debido a sus propiedades de baja dureza, ductilidad, maleabilidad y tenacidad cumple en cierto grado al comportamiento plástico de dicho material, al ser sometido a fatiga a tracción y compresión en su zona plástica.

Conclusiones

Como conclusión podemos mencionar que el límite de fluencia del Acero AISI 1020 varía de acuerdo a catálogo presentado por varias fabricantes de esta aleación, esto se debe a diversos

factores como proceso de manufactura, tratamiento térmico o cambio de microestructura.

Los valores obtenidos tanto en la carga inicial como en la segunda carga son netamente aleatorios, con esto buscamos observar claramente como la deformación va cambiando progresivamente únicamente en esfuerzo de tracción.

Se puede observar que, con el aumento de carga respecto a su límite de fluencia, la deformación hace que la probeta se estire debido al esfuerzo de tracción hasta que un punto no establecido esta tienda a la ruptura total.

Debido a la disposición de la Máquina Universal para realizar ensayo únicamente a tracción, la parte donde la probeta somete a compresión queda para un posterior estudio.

En el cuarto y quinto diagrama con las probetas correspondientes se puede observar que en el punto donde el esfuerzo está cerca de los 162 MPa, el acero AISI 1020 toma un cambio brusco y el efecto no se puede apreciar cómo se lo esperaba, suponemos que esto se debe a los parámetros muy pequeños que hemos tomado, ya que si subimos la carga a un valor elevado al del S_y estaremos trabajando en la zona elástica y eso amerita otro estudio.

La Máquina Universal no presenta un uso adecuado, esto se debe a razones netamente de tiempo de vida útil, estos ensayos se los realizo antes de que la maquina anteriormente nombrada cumpla con sus últimos ensayos de tracción.

Referencias

1. Cia. General de Aceros S.A., SAE 1020 Y SAE 1045 Aceros ingeniería al carbono, BOGOTÁ D.C..
2. S. N. MORENO SANCHEZ y U. A. ESPAÑOL MARROQUIN, COMPARACIÓN MICROESTRUCTURAL DE LOS ACEROS 1020, 1045 Y 8620 TEMPLADOS DESDE TEMPERATURAS INTERCRITICAS Y REVENIDOS, BOGOTÁ D.C., 2018.
3. Ferrocortes S.A.S Soluciones de acero, «Ferrocortes S.A.S,» Ferrocortes S.A.S, 5 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.ferrocortes.com.co/aisi-sae-1020/>. [Último acceso: 12 10 2019].
4. F. Haggag y G. E. C. Bell , «Measurement of Yield Strength and Flow Properties In Spot Welds and Their HAZs at Various Strain Rates,» de ASM 3rd International Conference on Trends in Welding Research, Tennessee, USA, 1992.

5. GTU, «GTU,» [En línea]. Available: http://abl.gtu.edu.tr/hebe/abldrive/68431132/w/storage/101_2011_1_321_68431132/downloads/week-4.pdf?fbclid=IwAR2O08rtrmDJfdbIpLKMAsrA_H0BDpRvHYEqO1f86RhglYWR7AaanCU7IZU. [Último acceso: 10 12 2019].
6. JOVE, «jove,» STRUCTURAL ENGINEERING, [En línea]. Available: <https://www.jove.com/science-education/10361/stress-strain-characteristics-of-steels?>. [Último acceso: 10 12 2019].
7. SlidePlayer, «SlidePlayer,» 15 2 2002. [En línea]. Available: <https://slideplayer.com/slide/5145035/?fbclid=IwAR02K1kh-UvkUTX2oUN-KmJn54-cf0Lj6XXFcj9qSSd0YFxFtHvrcden2k>. [Último acceso: 10 12 2019].
8. Pressbooks, «Open Oregon,» Open Oregon, [En línea]. Available: <https://openoregon.pressbooks.pub/bodyphysics/chapter/elasticity-and-hookes-law/?fbclid=IwAR1rrrf7hvkgyFAfAAOUGLAZf-t6CH0H5j5dibgY-d4F3jTPgYXZ57nVr1g>. [Último acceso: 10 12 2019].
9. J. A. Dutton, «e-Education Institute,» PennState, 2018. [En línea]. Available: https://www.e-education.psu.edu/matse81/node/2104?fbclid=IwAR1nTnwfpnoiysMpQs9RhFRy9d_HP G8c56UnpFZxBa3c8hHwZl3ZS_VeK_A. [Último acceso: 10 12 2019].
10. LearnChemE, «Youtube,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=cpvTwYAUeA8&fbclid=IwAR3DQDsvoN668jyaz1jfjeaUd8kSNbEIR7l5qkOITzlcqhoDYOcSNbgjyQ>. [Último acceso: 10 12 2019].
11. Amoukasi, DISLOCATIONS AND STRENGTHENING MECHANISMS, 2014.
12. P. S. V. Kailas, Dislocations and Strengthening Mechanisms, India, 2012.
13. Basicmech, «Mechanical Engineering,» Blog for Mechanical and Production Engineers, 1 Junio 2016. [En línea]. Available: https://basicmechanicalengineering.com/stress-strain-curve-for-mild-steel-with-stress-strain-relationship/?fbclid=IwAR2LjlKcHzbPfcX0BKYBkJUAniMFMOxeZ_F8hLiAPb527W9ddvgShlUGFRo. [Último acceso: 10 12 2019].
14. Physics, Mechanical Properties of Metals, 2008.

15. NDT Resource Center, «Elastic/Plastic Deformation,» [En línea]. Available: https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/deformation.htm?fbclid=IwAR0-PJpjDD_FhUjxjCS1F369IjDAIQDkz5LiNi_wWUTQkSuSPHnOKXd4x8M. [Último acceso: 10 12 2019].
16. Mecánica de materiales, «blogspot,» Mecánica de materiales, 27 11 2011. [En línea]. Available: <https://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html?fbclid=IwAR2BtiW2XmMUjNCTdHzsoATqQVz7qjUX6f8EYTnn3ytXSwwGoTx80Ir3oDEs>. [Último acceso: 10 12 2019].
17. Wordpress,» [En línea]. Available: <https://ibiguridp3.wordpress.com/res/esf/?fbclid=IwAR1ZNcLXjPCUiR10jlv1oU664G-7dps3pKcOJ7nLVqlfIhBurrxAZ3Aox5w>. [Último acceso: 10
18. C. Nuñez, A. Roca y J. Jorba, COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES, Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona , 2012.
19. F.P. Beer, E. R. Johnston , J. T. DeWolf y D. F. Mazurek , MECÁNICA DE MATERIALES, México: McGraw-Hill, 2009.
20. R. Hibbeler, MECÁNICA DE MATERIALES, México: Pearson Educación, 2006.
21. J. William D. Callister, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Barcelona: REVERTÉ S.A.
22. ASTM International, Atlas of Stress-Strain Curves, United States of America: Materials Park, 2002

References

1. Cia. General de Aceros S.A., SAE 1020 and SAE 1045 Carbon steel engineering, BOGOTÁ D.C ..
2. S. N. MORENO SANCHEZ and U. A. SPANISH MARROQUIN, MICROSTRUCTURAL COMPARISON OF THE STEELS 1020, 1045 AND 8620 TEMPERED FROM INTERCRITICAL AND REVENID TEMPERATURES, BOGOTÁ D.C., 2018.

3. Ferrocortes S.A.S Steel solutions, «Ferrocortes S.A.S,» Ferrocortes S.A.S, January 5, 2017. [Online]. Available: <https://www.ferrocortes.com.co/aisi-sae-1020/>. [Last access: 12 10 2019].
4. F. Haggag and G. E. C. Bell, "Measurement of Yield Strength and Flow Properties In Spot Welds and Their HAZs at Various Strain Rates," of ASM 3rd International Conference on Trends in Welding Research, Tennessee, USA, 1992.
5. GTU, «GTU,» [Online]. Available: http://abl.gtu.edu.tr/hebe/abldrive/68431132/w/storage/101_2011_1_321_68431132/downloads/week-4.pdf? [Last access: 10 12 2019].
6. JOVE, «jove,» STRUCTURAL ENGINEERING, [Online]. Available: <https://www.jove.com/science-education/10361/stress-strain-characteristics-of-steels> ?. [Last access: 10 12 2019].
7. SlidePlayer, "SlidePlayer," 15 2 2002. [Online]. Available: <https://slideplayer.com/slide/5145035/?fbclid=IwAR02K1kh-UvkUTX2oUN-KmJn54-cf0Lj6XXFcXj9qSSd0YFxFtHvrcden2k>. [Last access: 10 12 2019].
8. Pressbooks, "Open Oregon," Open Oregon, [Online]. Available: <https://openoregon.pressbooks.pub/bodyphysics/chapter/elasticity-and-hookes-law/?fbclid=IwAR1rrrf7hvkgvFAfAAOUGLAZf-t6CH0H5j5dibgY-d4F3jTPgYXZ57nVr1g>. [Last access: 10 12 2019].
9. J. A. Dutton, «e-Education Institute,» PennState, 2018. [Online]. Available: https://www.e-education.psu.edu/matse81/node/2104?fbclid=IwAR1nTnwfpnoiysMpQs9RhFRy9d_HP G8c56UnpFZxBa3c8hHwZl3ZS_VeK_A. [Last access: 10 12 2019].
10. LearnChemE, «Youtube,» 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=cpvTwYAUeA8&fbclid=IwAR3DQDsvoN668jyaz1jfjeaUd8kSNbEIR715qkOITzlcqhoDYOcSNbgjyQ>. [Last access: 10 12 2019].
11. Amoukasi, DISLOCATIONS AND STRENGTHENING MECHANISMS, 2014.
12. P. S. V. Kailas, Dislocations and Strengthening Mechanisms, India, 2012.
13. Basicmech, "Mechanical Engineering," Blog for Mechanical and Production Engineers, June 1, 2016. [Online]. Available: <https://basicmechanicalengineering.com/stress-strain-curve-for-mild-steel-with-stress-strain->

- relationship/?fbclid=IwAR2LjIKcHzbPfCX0BKBYBkJUAniMFMOxeZ_F8hIiAPb527W9ddvgShlUGFdRoad. [Last access: 10 12 2019].
14. Physics, Mechanical Properties of Metals, 2008.
 15. NDT Resource Center, "Elastic / Plastic Deformation," [Online]. Available: https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/deformation.htm?fbclid=IwAR0-PJpjDD_FhUjxjCS1F369IjDAIQDkz5IiNi_wWUTQkSuSPHnOKXd4xxMOKXd4x [Last access: 10 12 2019].
 16. Materials mechanics, «blogspot,» Materials mechanics, 27 11 2011. [Online]. Available: <https://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html?fbclid=IwAR2BtiW2XmMUjNCTdHzsoATqQVz7qjUX6f8EYTnn3ytXSswGoTx80Ir3oDEs>. [Last access: 10 12 2019].
 17. Wordpress, »[Online]. Available: <https://ibiguridp3.wordpress.com/res/esf/?fbclid=IwAR1ZNcLXjPCUiR10jlv1oU664G-7dps3pKcOJ7nLVqlfIhBurrxAZ3Aox5w>. [Last access: 10
 18. C. Nuñez, A. Roca and J. Jorba, MECHANICAL BEHAVIOR OF MATERIALS, Barcelona: Publications and Edicions of the University of Barcelona, 2012.
 19. F.P. Beer, E. R. Johnston, J. T. DeWolf and D. F. Mazurek, MECHANICS OF MATERIALS, Mexico: McGraw-Hill, 2009.
 20. R. Hibbeler, MECHANICS OF MATERIALS, Mexico: Pearson Education, 2006.
 21. J. William D. Callister, Materials Science and Engineering, Barcelona: REVERTÉ S.A.
 22. ASTM International, Atlas of Stress-Strain Curves, United States of America: Materials Park, 2002

Referências

1. Cia. General de Aceros S.A., SAE 1020 e SAE 1045 Engenharia de aço carbono, BOGOTÁ D.C ..

2. S. N. MORENO SANCHEZ e U. A. MARROQUIN ESPANHOL, COMPARAÇÃO MICROSTRUTURAL DOS AÇOS 1020, 1045 E 8620 TEMPERADOS DE TEMPERATURAS INTERCRÍTICAS E REVENIDAS, BOGOTÁ D.C., 2018.
3. Ferrocortes S.A.S Soluções em aço, «Ferrocortes S.A.S,» Ferrocortes S.A.S, 5 de janeiro de 2017. [Online]. Disponível: <https://www.ferrocortes.com.co/aisi-sae-1020/>. [Último acesso: 12 10 2019].
4. F. Haggag e G. E. C. Bell, "Medição das propriedades de força de escoamento e fluxo em soldas a ponto e suas ZACs em várias taxas de deformação", da 3ª Conferência Internacional da ASM sobre Tendências em Pesquisa de Soldagem, Tennessee, EUA, 1992.
5. GTU, «GTU,» [Online]. Disponível: http://abl.gtu.edu.tr/hebe/abldrive/68431132/w/storage/101_2011_1_321_68431132/downloads/week-4.pdf? [Último acesso: 10 12 2019].
6. JOVE, «jove,» ENGENHARIA ESTRUTURAL, [Online]. Disponível: <https://www.jove.com/science-education/10361/stress-strain-characteristics-of-steels?> [Último acesso: 10 12 2019].
7. SlidePlayer, "SlidePlayer", 15 2 2002. [Online]. Disponível: <https://slideplayer.com/slide/5145035/?fbclid=IwAR02K1kh-UvkUTX2oUN-KmJn54-cf0Lj6XXFcxj9qSSd0YFxFtHvrcden2k>. [Último acesso: 10 12 2019].
8. Pressbooks, "Open Oregon", Open Oregon, [Online]. Disponível: <https://openoregon.pressbooks.pub/bodyphysics/chapter/elasticity-and-hookes-law/?fbclid=IwAR1rrrf7hvkgvFAfAAOUGLAZf-t6CH0H5j5dibgY-d4F3jTPgYXZ57nVr1g>. [Último acesso: 10 12 2019].
9. J. A. Dutton, «e-Education Institute», PennState, 2018. [Online]. Disponível: https://www.e-education.psu.edu/matse81/node/2104?fbclid=IwAR1nTnwfpnoiysMpQs9RhFRy9d_HP G8c56UnpFZxBa3c8hHwZI3ZS_VeK_A. [Último acesso: 10 12 2019].
10. LearnChemE, «Youtube», 2013. [Online]. Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=cpvTwYAUeA8&fbclid=IwAR3DQDsv0N668jyaz1jfjeaUd8kSNbEIR715qkOITzlcqhoDYOcSNbgjyQ>. [Último acesso: 10 12 2019].
11. Amoukasi, DESLOCAÇÕES E MECANISMOS DE REFORÇO, 2014.

12. P. S. V. Kailas, Deslocamentos e Mecanismos de Fortalecimento, Índia, 2012.
13. Basicmech, "Engenharia mecânica", Blog para engenheiros mecânicos e de produção, 1 de junho de 2016. [Online]. Disponível: [https://basicmechanicalengineering.com/stress-strain-relationship/?fbclid=IwAR2LjIKcHzbPfCX0BKYBkJUAniMFMOxeZ_F8hliAPb527W9ddvgoad](https://basicmechanicalengineering.com/stress-strain-curve-for-mild-steel-with-stress-strain-relationship/?fbclid=IwAR2LjIKcHzbPfCX0BKYBkJUAniMFMOxeZ_F8hliAPb527W9ddvgoad). [Último acceso: 10 12 2019].
14. Física, Propriedades Mecânicas de Metais, 2008.
15. NDT Resource Center, "Deformação elástica / plástica", [Online]. Disponível: https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/deformation.htm?fbclid=IwAR0-PJpjDD_FhUjxjCS1F369IjDAIQDkz5IiNi_wWUTQkSuSPHnOKXd4xx. [Último acceso: 10 12 2019].
16. Mecânica dos materiais, «blogspot,» Mecânica dos materiais, 27 11 2011. [Online]. Disponível: <https://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html?fbclid=IwAR2BtiW2XmMUjNCTdHzsoATqQVz7qjUX6f8EYTnn3ytXSwGoTx80Ir3oDEs>. [Último acceso: 10 12 2019].
17. Wordpress, »[Online]. Disponível: <https://ibiguridp3.wordpress.com/res/esf/?fbclid=IwAR1ZNcLXjPCUiRl0jlv1oU664G-7dps3pKcOJ7nLVqlfIhBurrxAZ3Aox5w>. [Último acceso: 10
18. C. Nuñez, A. Roca e J. Jorba, COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MATERIAIS, Barcelona: Publicações e Edições da Universidade de Barcelona, 2012.
19. F.P. Cerveja, E.R. Johnston, J.T. DeWolf e D.F. Mazurek, MECHANICS OF MATERIALS, México: McGraw-Hill, 2009.
20. R. Hibbeler, MECHANICS OF MATERIALS, México: Pearson Education, 2006.
21. J. William D. Callister, Ciência e Engenharia de Materiais, Barcelona: REVERTÉ S.A.
22. ASTM International, Atlas de curvas de tensão e deformação, Estados Unidos da América: Materials Park, 2002