

Análisis comparativo entre los aceros AISI 1020 y 4130 del chasis de los automóviles Baja-SAE

RESUMEN: La investigación realizada en el año 2015 en el Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH), consiste en seleccionar el mejor material para realizar un mejor diseño del chasis en los vehículos tipo Baja-SAE, mediante un análisis entre un tubo de acero AISI 1020 y un tubo de acero AISI 4130. La propuesta se realiza por medio de una simulación de cargas estáticas en ambos materiales con la ayuda del software Solid Works Simulation 2012. En la etapa de mallado, en el software, para el tubo se optó por usar el mallado fino y sólido ya que es la definición máxima de calidad que soporta el software Solid Works. Para el material AISI 4130 se realizaron pruebas de tensión variando las fuerzas para observar cómo se iban deformando y cuánta fuerza soportaban para así poder hacer la comparación. Estas pruebas fueron de 8000, 10000, 12000, 16000, 24000 y 60000 kilogramos de fuerza aplicados. Para el AISI 1020 se le realizaron también las mismas pruebas que el AISI 4130 solo que las fuerzas sí difieren con las anteriores. Se hicieron análisis con 1000, 4000, 8000 y 24000 kilogramos de fuerza aplicadas.

También se realizaron pruebas destructivas de impacto en el Péndulo Charpy y pruebas de flexión en la máquina universal de ensayos mecánicos.

Dicho análisis determina cuál de los dos aceros tiene mejores propiedades de resistencia a la tensión, al impacto y a la flexión.

PALABRAS CLAVE: Análisis, tubo, acero, chasis, vehículos.



Colaboración

Francisco Rosas Pérez; Francisco Ignacio Ávila Delgado; Ignacio De Luna Zamora, Instituto Tecnológico de Chihuahua

ABSTRACT: The research conducted in 2015 at the Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH), consist to select the best material to create a better chassis design in BAJA SAE vehicles, through analysis between an AISI 1020 and AISI 4130 steel tube. This proposal was made through simulations of static charges in both materials using Solid Works Simulation 2012 software. At the meshing stage for the tube, it was decided to use a fine and solid mesh due to the highest definition Solid Works software can support. About AISI 4130 material plenty stress tests were performed varying loads to see how they deform and endure in order to make a comparison. The loads used in simulation were about 8'000, 10'000, 12'000, 16'000, 24'000 and 60'000 kilograms of force applied. Same tests from AISI 4130 were made for AISI 1020; however these forces differ with the other ones. Analysis collected 1'000, 4'000, 8'000 and 24'000 kilograms of force applied.

In turn, destructive impact tests in Charpy Pendulum and bending tests on the universal machine were also performed in mechanical trial.

INTRODUCCIÓN

Baja SAE es una competencia intercolegial de diseño automotriz que se originó en la Universidad del Sur de Carolina en 1976 [9], siendo hasta el año de 1985 cuando el Instituto Tecnológico de Chi-

huahua empezó con el primer club de Mini Baja y hasta la fecha siguen participando en esta competencia. Baja SAE consiste en tres concursos regionales que simulan los proyectos de diseño de ingeniería al mundo real y sus desafíos relacionados. Los estudiantes de ingeniería tienen la tarea de diseñar y construir un vehículo todo terreno.

Debido a lo anterior se decide analizar el acero AISI 4130, el cual es un acero con aleación de Cromo y Molibdeno, que cumple con los lineamientos de la competencia Baja SAE. Estos aceros, al Cromo - Molibdeno, son relativamente baratos, poseen buenas características de ductilidad y soldabilidad. Los aceros al Molibdeno son menos susceptibles a fragilizarse, como consecuencia del revenido, que los demás aceros aleados [5]. Es un importante formador de carburos estables a altas temperaturas por lo que su adición aumenta la dureza y resistencia [3]. Este acero aleado tiene como propiedad baja resistencia a la corrosión, respondiendo al tratamiento térmico a un nivel alto y cuando requiere que el material tenga una mayor resistencia a la abrasión y al desgaste puede nitrurarse calentándose aproximadamente a 500° C en una atmósfera de amoníaco y así obtener una superficie más dura [2]. También puede ser tratado térmicamente para que sus propiedades mecánicas mejoren.

El bastidor o chasis es una estructura de sostén en la que se fijan de una u otra forma los distintos elementos y grupos mecánicos que componen el automóvil, motor, grupos de transmisión, elemento de dirección, carrocerías, entre otros [1].

En los primeros automóviles los bastidores se construyeron de madera siguiendo con la morfología de los carruajes de entonces, y posteriormente algunos constructores emplearon bastidores metálicos de tubos y perfiles laminados. Finalmente los bastidores se construyeron de elementos de plancha embutida, unidos unos a otros por remachado y más adelante, por soldadura, siendo este tipo los bastidores el que se siguen empleando en la actualidad [8].

El chasis del vehículo además de soportar el peso de todos los elementos debe soportar las sobrecargas de uso, lo que incluye no sólo el peso de la carga y los ocupantes del vehículo, sino también las cargas dinámicas originadas por el funcionamiento de los distintos elementos y por el propio movimiento del vehículo [6].

El bastidor es el que soporta todos los órganos mecánicos del vehículo y absorbe las fuerzas de flexión y los impactos que se producen en la marcha del vehículo, también es la parte más resistente en caso de colisión como se muestra en la figura 1. Este bastidor se puede deformar de diversas formas, las cuales se pueden agrupar en distintas categorías, aunque en ocasiones se pueden presentar varias a la vez, siendo las más frecuentes: Desviación lateral, Hundimiento, Aplastamiento, Diamante, entre otras [4].



Fig. 1 Chasis impactado del vehículo Baja-SAE

Fig. 1 Chasis impactado del vehículo Baja-SAE
El chasis, en muchas de las ocasiones, durante la competencia, si no tiene el material adecuado solía romperse. Así, en el proceso del diseño del chasis, se requiere buscar y comparar los distintos materiales que pueden utilizarse en su construcción. De esta manera, después de un análisis de dos diferentes tipos de materiales (comparaciones físico-químicos entre los dos materiales) que fueron sometidos a pruebas de Von Mises, se decide usar la aleación de Cromo Molibdeno o acero AISI 4130.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una prueba en la máquina universal para comparar la resistencia a la tensión de ambos materiales, comenzando con el tubo de material AISI 4130, dicho tubo contaba con un relleno de 5 centímetros de Aluminio en los extremos, éste relleno al igual que el Cromo Molibdeno fue vencido por la fuerza de sujeción de la mordaza de la máquina universal como se muestra en la Fig. 2 quedando el estudio inconcluso. Al no tener resultados ciertos se procedió a utilizar el software de Solid Works para los análisis requeridos.



Fig. 2 Extremos aplastados por la máquina de tensión

Se realiza el análisis de tipo lineal con una carga estática por medio de un área de partición, ya que en el software Solid Works al querer hacer un análisis dinámico no se pueden variar las cargas aplicadas porque estas mismas van variando conforme al tiempo, por lo que se tomó como referencia estas cargas fijas en el tiempo al momento de hacer éste análisis estático.

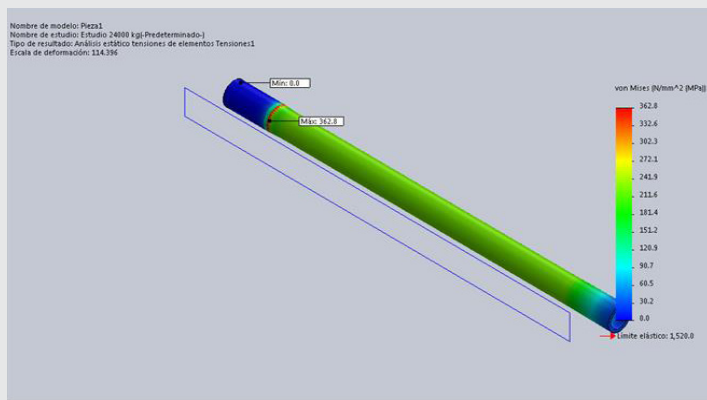
Se realiza un análisis de tensión con el software Solid Works como si se tratase de probar en una máquina universal. Para realizar esto se simuló una sujeción fija del tubo de 5 centímetros solo por un extremo como si fuera la mordaza que sostiene al tubo en la maquina universal; después de esto se le añadió la contraparte de dicha máquina, para simular eso se procedió a poner en 5 centímetros un área de partición y así poner una fuerza en dirección opuesta a la sujeción. Ya con la fuerza existente se puso el mallado y se pasó a modo de ejecutar.

En la etapa de mallado para el tubo se optó por usar el mallado fino y sólido ya que es la definición máxima de calidad que soporta el software Solid Works.

Para el material AISI 4130 se realizaron algunas pruebas variando las fuerzas para observar cómo se iban deformando y cuánta fuerza soportaban para así poder hacer la comparación. Estas pruebas fueron de 8000, 10000, 12000, 16000, 24000 y 60000 kilogramos de fuerza aplicados.

Para el AISI 1020 se le realizaron también las mismas pruebas que el AISI 4130 solo que las fuerzas sí difieren con las anteriores. Se hicieron análisis con 1000, 4000, 8000 y 24000 kilogramos de fuerza aplicadas.

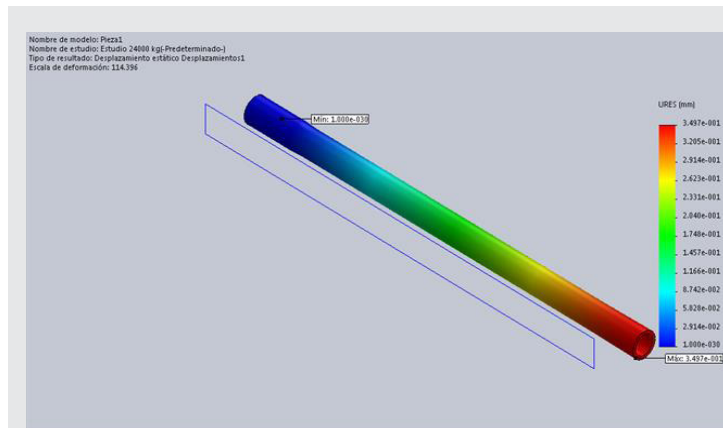
En la Fig. 3. se muestra la gráfica de concentraciones de esfuerzos y de deformación por desplazamiento de cuando se le aplicaron 24000 kilogramos al material AISI 4130. Se puede observar que no existen concentraciones de esfuerzo por el color azul; aun así predomina el color verde que tiene un valor de aproximadamente 230 MPa y teniendo en la parte superior de la mordaza que está simulada una concentración de esfuerzos máxima de 362.8 MPa.



Pieza1-Estudio 24000 kg-Concentración de esfuerzos.

Fig. 3 Concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos

En la Fig. 4. se ve que predominan los colores azul, verde y rojo, siendo éste último donde se encuentra la mayor parte del desplazamiento generado por 24000 kilogramos de fuerza, teniendo un valor de 0.35 milímetros. El azul tiene un valor bastante pequeño en comparación al rojo de 1 micrómetro.



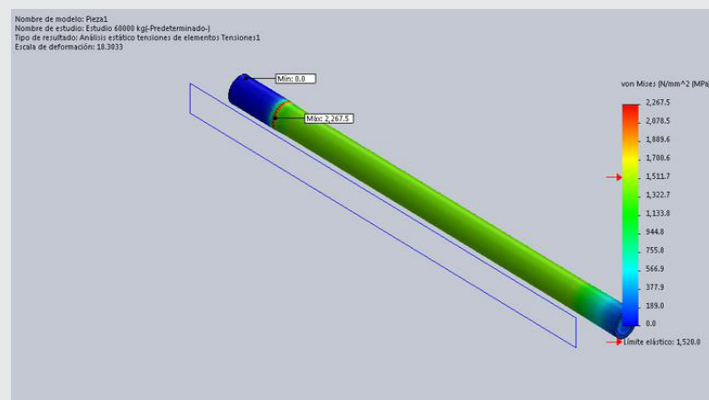
Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 4 Deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos

Al igual que el anterior, se muestran los resultados de concentración de esfuerzos y de deformación por desplazamiento pero ahora para 60000 kilogramos.

En la Fig. 5 Se muestra la concentración de esfuerzos con 60000 kilogramos y se puede apreciar que sólo en la parte donde se sujeta la barra no existe concentración alguna de esfuerzo. Siguiéndole el color verde donde se puede observar que sobrepasa el límite elástico que es de 1.520 MPa y una pequeña porción de color rojo donde existe una máxima concentración de esfuerzos de 2267.5 MPa.

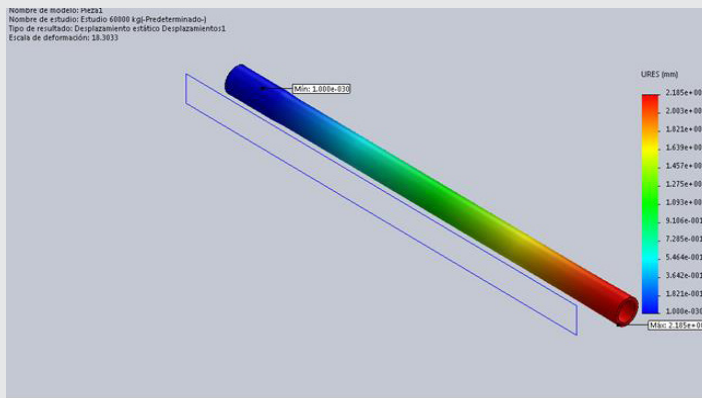
Al aplicarse una fuerza de mayor de 60000 kilogramos se puede ver claramente que si existe una deformación permanente del material ya que sobrepasa su límite elástico.



Pieza1-Estudio 60000 kg-Concentración de esfuerzos.

Fig. 5 Figura de Concentración de esfuerzos con 60000 kilogramos

En la Figura 6. Se muestra la deformación por desplazamiento con 60000 kilogramos. Se tienen tres colores principalmente; siendo el azul un color que significa un desplazamiento mínimo con 1 micra, pasando por el verde con un desplazamiento promedio de 1.4 milímetros y por último el color rojo que quiere decir que la barra sufre un desplazamiento máximo de 2.185 milímetros. Pero al ser su deformación un valor de milimétrico no repercute mucho en dicha barra.

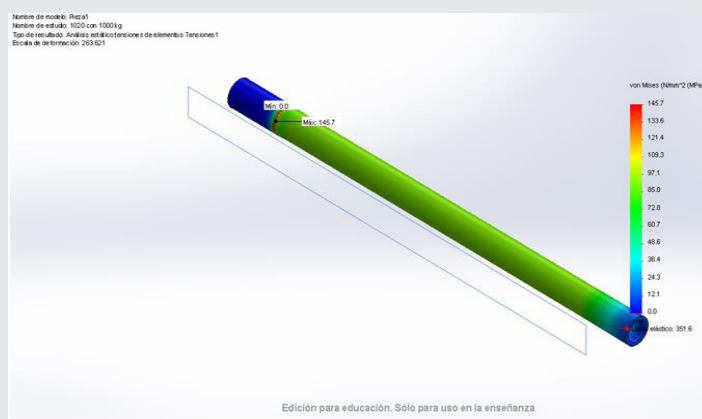


Pieza1-Estudio 60000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 6 Deformación por desplazamiento con 60000 kilogramos

Al material AISI 1020, como ya se mencionó, se le hicieron los mismos análisis pero con cargas estáticas menores por ser un material que soporta menos. Se muestran a continuación los resultados cuando se le aplicó una fuerza mínima de 1000 kilogramos.

En la Fig. 7 Se muestra la concentración de esfuerzos con 1000 kilogramos, se ve que el color azul representa que no existe concentración de esfuerzos, pero predomina el color verde con una concentración promedio de 80 MPa; siendo la parte posterior a la mordaza que se simula donde existe una concentración máxima de esfuerzos de 145.7 MPa que se puede apreciar por medio del color rojo. Esto no representa alguna deformación, por lo que soporta perfectamente esta fuerza.

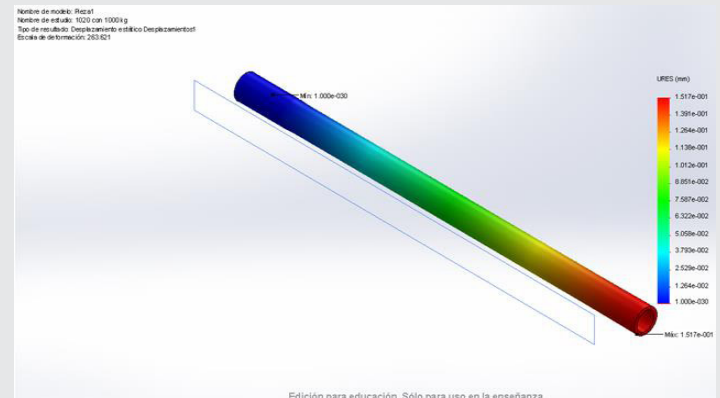


Pieza1- Estudio 1000 kg- Concentración de esfuerzos.

Fig. 7 Concentración de esfuerzos con 1000 kilogramos

En la Fig. 8 se muestra la deformación por desplazamiento con 1000 kilogramos, en el cual existen tres colores; el azul representa un desplazamiento de 1 micra, siguiendo con el color verde que representa un desplazamiento de aproximadamente 0.78 micras y el color rojo que presenta una deformación de 0.151 milímetros, siendo insignificantes las deformaciones presentadas en este análisis con dicha fuerza aplicada.

Los análisis posteriores a éste que son los de 4000, 8000 y 24000 kilogramos, sobrepasaron el límite elástico, por lo que sólo se mostrará el de mayor deformación para efectos de comparación.

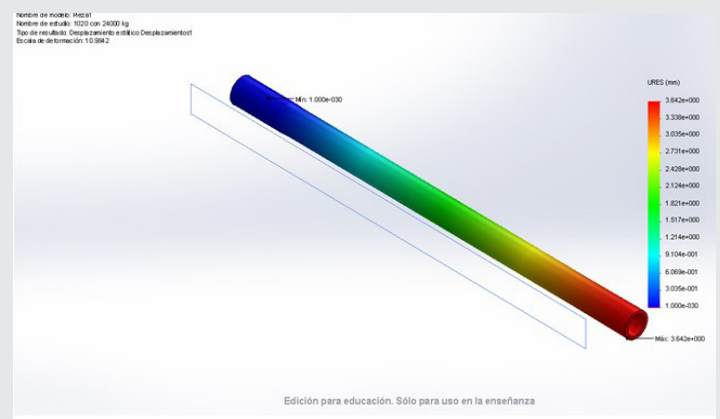


Pieza1-Estudio 1000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 8 Deformación por desplazamiento con 1000 kilogramos

Los resultados para el mismo material pero con 24000 kilogramos se muestran a continuación:

En la Fig. 9 muestra una concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos, se puede ver que en donde se encuentra la sujeción de la mordaza no existe concentración de esfuerzos, pero en el otro extremo de la barra se puede observar que existe un tono de azul más bajo representando, que superó el límite elástico a los 351 MPa; a partir

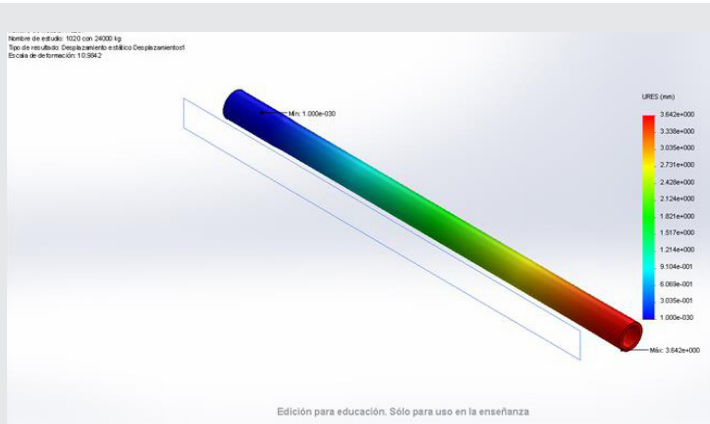


Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig.9 Concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos

de este color se tendrá una deformación permanente en la barra, como es el caso del color verde y del rojo donde en éste último se tiene una concentración máxima de 3.496 MPa.

En la Fig. 10 muestra deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos, se ve al igual que en las ilustraciones anteriores de deformación por desplazamiento que el color azul más fuerte representa una deformación nula; siguiéndole con el color verde que presenta un desplazamiento de aproximadamente 1.8 milímetros y por último el color rojo donde existe la mayor deformación de 3.64 milímetros. Éste último desplazamiento es el más significativo de todos los análisis del material AISI 1020, pero aun así sigue siendo un desplazamiento milimétrico por lo que no influye mucho en el resultado final.



Pieza1-Estudio 24000 kg- Deformación por desplazamiento.

Fig. 10 Deformación por desplazamiento con 24000 kilogramos

Análisis físico-químico de aceros AISI 1020 Y AISI 4130

Como se ha dicho, el material usado anteriormente para la elaboración del chasis era de acero comercial 1020 con diámetros distintos, pero al ver que no cumple con las expectativas, se empezó a buscar otra aleación y no fue hasta el año del 2002 cuando se decidió por una aleación de Cromo- Molibdeno tipo AISI 4130, el cual se estaba probando en la fabricación del chasis para ver si daba mejores resultados que el AISI 1020. Éste último, es uno de los aceros más utilizados, son fáciles de formar, de ahí su popularidad donde no se requiere una alta resistencia. El AISI 1020 es un acero al carbono que tiene 0.2% en peso de carbono. Los contenidos de los elementos químicos en un acero AISI 1020 pueden estar dentro de los intervalos mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Elementos Químicos en un acero AISI 1020. (Pazos Peinado, 2005)

Elemento	Porcentaje en peso
Carbono	0.17 a 0.23
Hierro	99.08 a 99.53
Manganeso	0.3 a 0.6
Fósforo	0.04 máximo
Azufre	0.05 máximo

Haciendo un resumen comparativo en las propiedades de ambos aceros mostrados en la tabla 1, se pueden observar las propiedades químicas de ambos materiales, ver la tabla 2.

Tabla 2. Análisis Químico nominal, %. [5]

Código	Nombre del acero	Análisis químico nominal, %							
		Cr	Mn	Mo	Ni	V	P	S	Si
10XX	Al Carbón		0.4				0.04	0.05	
41XX	Cromo-Molibdeno	1.0	0.8	0.2			0.04	0.04	0.30

Para dar inicio al análisis en ambos aceros, se verifica en la tabla 3 que el acero AISI 4130 tiene una mayor resistencia a la tensión comparada con el acero AISI 1020, independientemente del proceso de fabricación con el que se haya elaborado.

Tabla 3. Tratamientos y propiedades mecánicas de aceros seleccionados [5].

	YS (σ), Mpa	Elastic Modulus (E), Gpa	Density (ρ), g/cc	Cost
				Category (C)
AISI 1020	280	210	7.8	5
AISI 4130	1520	212	7.8	3
AA 6061	275	70	2.7	4
Epoxy-70%	1270	28	2.1	2

Prueba de Impacto entre los aceros AISI 1020 Y AISI 4130

Se realizaron pruebas de impacto a ambos aceros en el Péndulo Charpy del laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Chihuahua, se utilizaron muestras de los tubos antes mencionados con una longitud de 220 mm. En ambas pruebas, a cada muestra se le aplicó el mismo ángulo de carga de 157°, dando como resultados un ángulo de 2° y 5° en la escala graduada del Péndulo Charpy para el Acero 4130 y el Acero 1020 respectivamente. El resultado en la escala graduada del Péndulo Charpy no muestra una diferencia muy marcada, pero en la Figura 11 podemos observar la deformación de ambos materiales debido al impacto, mostrando una marcada diferencia entre ambos materiales, donde podemos observar que el acero 1020 es menos resistente a la prueba de impacto.

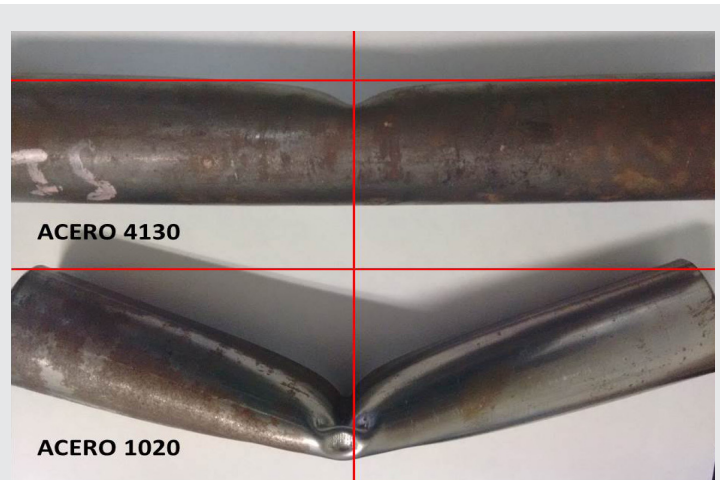


Fig. 11 Deformación de ambos aceros por prueba de impacto

Prueba de Flexión entre los aceros AISI 1020 Y AISI 4130 Se realizaron pruebas de Flexión a ambos aceros en la Máquina Universal Marca: Shimadzu, Modelo: UH-300KNI del laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Chihuahua, se utilizaron muestras de los tubos antes mencionados. En ambas pruebas, a cada muestra se le dio la misma distancia entre los soportes de apoyo de 9 pulgadas, dando como resultado una carga máxima de 539.469 lbf para el acero 1020 como se muestra en la figura 12 y una carga máxima de 2973.40 lbf para el acero 4130 como se muestra en la figura 13.

En la figura de deformación por desplazamiento de 24000 kilogramos se ve que se tiene una deformación máxima de 0.35 milímetros y en la de 60000 kilogramos se presenta una deformación máxima de 2.18 milímetros. Pero como se puede apreciar en ambas gráficas estos milímetros no representan un desplazamiento visible o importante, por lo que soporta bien las cargas aplicadas.

Comparación de colores de las gráficas del AISI 1020

En las figuras de concentración de esfuerzo con una fuerza mínima de 1000 kilogramos, se ve que no afecta mucho a la barra teniendo un esfuerzo máximo de 145 MPa, siendo la mitad de su límite elástico, por el contrario, en todos los análisis con fuerzas mayores a ésta, su límite elástico se ve sobrepasado y al hacer el análisis con la fuerza máxima de 24000 kilogramos se ve que lo supera por mucho y se puede verificar observando el valor máximo de la concentración de esfuerzos que es casi 10 veces su valor límite.

En la figura donde se muestran las deformaciones por desplazamiento por una fuerza de 1000 kilogramos se puede ver que el resultado es una desplazamiento de 0.15 milímetros y en la figura donde actúa una fuerza de 24000 kilogramos, se observa un desplazamiento de 3.64 milímetros. Ambos presentan un desplazamiento no tan pronunciado, queriendo concluir que sus desplazamientos no serán tan graves al momento de aplicar dichas fuerzas.

Después de observar las investigaciones realizadas anteriormente, podemos concluir que el acero AISI 1020 aguanta por mucho menos que el acero AISI 4130, ya que aparte de tener un límite elástico menor, se vence con menos kilogramos de fuerza aplicados.

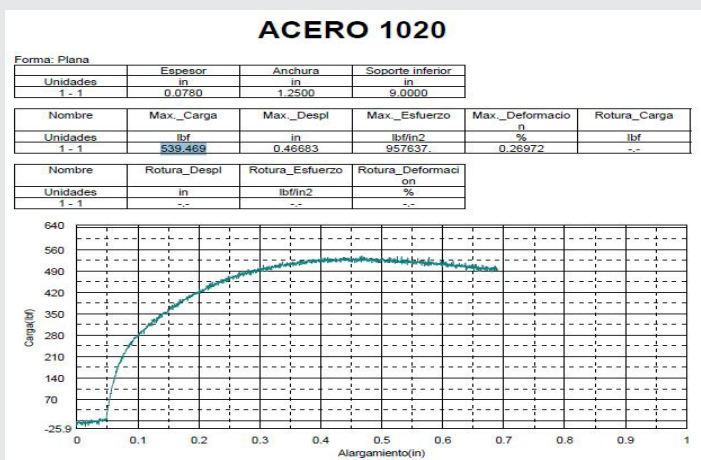


Fig. 12 Gráfica de Flexión Acero 1020

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Comparación de colores de las gráficas del AISI 4130.

En las figuras de concentración de esfuerzos con 24000 kilogramos y anteriores se puede observar que la barra vuelve a su estado original ya que no vence su límite elástico, pero al momento de aplicarle una fuerza de 60000 kilogramos, se puede ver claramente como sobrepasa su límite elástico, teniendo una mayor concentración de esfuerzos que las anteriores analizadas y así puede significar una deformación permanente en el material.

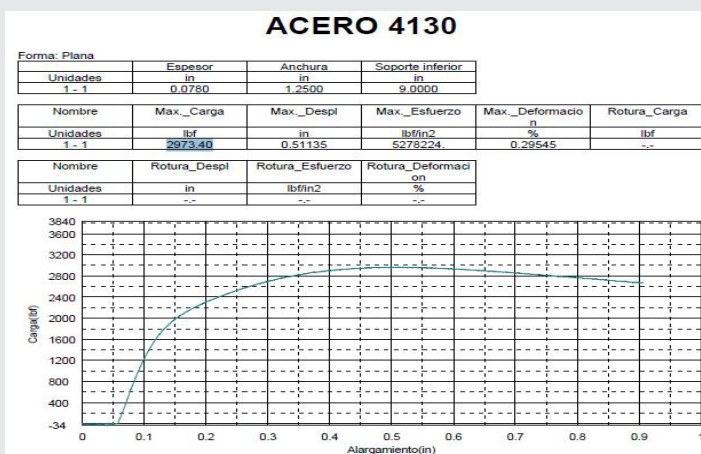


Fig. 13 Gráfica de Flexión Acero 4130

REFERENCIAS

[1] Alonso Pérez, J. M. (2010). *Técnicas del Automóvil Chasis (8 ed.)*. Madrid, España: Paraninfo.

[2] Altng, L. (1996). *Proceso Para Ingeniería de Manufactura (3 ed.)*. Nueva York: Alfaomega.

[3] Barroso Herrero, S., & Ibáñez Ulargui, J. (2014). *Introducción al conocimiento de materiales*. Madrid: UNED.

[4] Gómez Morales, T., Navarro, J. M., Águeda Casado, E., & García Jiménez, J. L. (2002). *Estructuras del vehículo*. Paraninfo.

[5] Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Ciudad de México: Pearson. Prentice Hall.

[6] Mezquita, F. (2004). *Tratado sobre automóviles, Tomo I*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

[7] Pazos Peinado, N. (2005). *Tecnología de los metales y procesos de manufactura*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

[8] Pérez, J. M. (2010). *Técnicas de Automóvil Chasis*. Thomson Paraninfo.

[9] SAE. (2015). (SAE INTERNATIONAL, 2015).