

Análisis de esfuerzos mecánicos en zapata-cable de un arnés eléctrico

Recibido: 25 agosto, 2017.
Aceptado: 23 septiembre, 2017

E. Lugo Cornejo¹
M.G. Guerrero Porras²
B. Ponce Medina³
B.R. Lugo Guerrero⁴

Para Citar este artículo:

E. Lugo Cornejo; M.G. Guerrero Porras; B. Ponce Medina; B.R. Lugo Guerrero. (mayo de 2018). Análisis de esfuerzos mecánicos en zapata-cable de un arnés eléctrico. Revista Tectzapic, Vol. 4 No. 1, pág. 13 – 20. En línea: <https://www.eumed.net/rev/tectzapic/2018/01/arnes-electrico.html>.

RESUMEN

Un arnés es el conjunto de cables de conducción eléctrica que junto con otros aditamentos accionan los diversos dispositivos eléctricos de un vehículo, se constituye principalmente por el ensamble de zapatas y cables de cobre. Este se produce en una planta maquiladora de la ciudad. El estudio demostró la utilidad de los datos obtenidos en los ensayos a la tensión a los circuitos eléctricos, para con ellos construir la curva esfuerzo-deformación y analizar el comportamiento mecánico que sufren los ensambles zapata- cable para así, prevenir el manejo brusco durante el proceso que altere la calidad del producto final. Para el estudio se recibieron las muestras y en el laboratorio se realizaron los ensayos a la tensión en zapata-cable, ya que en la empresa solamente registran el dato de la fuerza máxima de tensión que soporta el ensamble del circuito y no utilizan los datos para elaborar la curva esfuerzo-deformación, que permite conocer el límite elástico, la zona elástica y zona plástica entre otros y así, evitar desajustes y separación del ensamble en el momento de la manipulación durante la fabricación del arnés.

Como consecuencia de los ensayos a los que fueron sometidas las muestras, se obtuvieron diferentes tablas y gráficas de su comportamiento, se identificaron el límite elástico y la zona plástica y se demostró que la gráfica esfuerzo-deformación pueda ser empleada a probetas normalizadas en los ensayos para adaptarse a otro tipo de aplicaciones.

ABSTRACT

A harness is the set of electric conduction cables that along with other attachments actuate the diverse electrical devices of a vehicle, is constituted mainly by the assembly of shoes and cables of copper. This is produced in a maquiladora plant in the city. The study showed the usefulness of the data obtained in the tests to the voltage to the electrical circuits, in order to construct the stress-deformation curve and to analyze the mechanical behavior suffered by the terminal-assemblies in order to prevent rough handling during the process that alter the quality of the final product. For the study the samples were received and in the laboratory the stress tests were carried out in terminal-cable, since in the company only they register the data of the maximum tension force that supports the assembly of the circuit and do not use the data for to elaborate the stress-deformation curve, which allows to know the elastic limit, the elastic zone and plastic zone among others and thus, to avoid misalignment and separation of the assembly at the moment of the manipulation during the manufacture of the harness.

¹ Docente tiempo parcial del Departamento de Ingeniería Industrial. lugocornejoeffrain@gmail.com

² Docente tiempo completo del Departamento Cs. Económico Administrativas. guadalupe.guerrero.porras@gmail.com

³ Docente tiempo completo del Departamento de Ingenierías. baldomero.ponce@tecvalles.mx

⁴ Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial. beuribelugo@gmail.com

As a consequence of the tests to which the samples were submitted, different tables and graphs of their behavior were obtained, the elastic limit and the plastic zone were identified and it was demonstrated that the stress-deformation graph can be used to standardized test specimens in the tests to suit other applications.

PALABRAS CLAVE: Ensayo, esfuerzo-deformación, límite máximo, elasticidad, plasticidad, análisis de esfuerzos

KEYWORDS: Test, stress-deformation, maximum limit, elasticity, plasticity, stress analysis.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los materiales en ingeniería, permite comprender los usos y aplicaciones en diversos bienes de consumo para la sociedad, los materiales metálicos y termoplásticos muestran una región inicial elástica seguida por una región plástica no lineal, al aplicar un esfuerzo a un material, esta muestra primero una deformación elástica, la deformación que se produce desaparece por completo cuando se elimina el esfuerzo aplicado. Sin embargo, al continuar aumentando el esfuerzo aplicado, el material empieza a mostrar deformación tanto elástica como plástica. Al final, el material cede al esfuerzo aplicado El valor crítico del esfuerzo necesario para iniciar la deformación plástica se llama límite elástico del material. En los materiales metálicos este es el esfuerzo necesario para iniciar el movimiento de las dislocaciones o deslizamientos. (Askeland, 2015)

El esfuerzo obtenido con la máxima fuerza aplicada es la resistencia a la tensión o resistencia a la atracción, que es el esfuerzo máximo en la curva esfuerzo deformación ingenieril. En muchos materiales dúctiles, la deformación no permanece uniforme. En algún punto una región se deforma más que otra y se presenta una reducción local grande de la sección transversal en dicho punto, esta región de deformación local se llama “cuello”. A este fenómeno se le llama estricción o formación de cuello. (Ídem)

En este caso el ensayo de la tensión es el método que con más frecuencia se utiliza para determinar las propiedades mecánicas de los materiales, como resistencia, tenacidad, ductilidad, módulo de elasticidad y capacidad de endurecimiento por deformación. La prueba requiere de preparar primero un espécimen de prueba (probeta), aunque la mayoría de las probetas de tensión son sólidas, redondas, también pueden ser planas y tubulares (Kalpakjian, 2014).

Un arnés eléctrico es un conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas y otros componentes que tienen la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro. La cantidad, orientación de clips, el tipo y lugar donde se aplique la cinta o la variedad, tipo y tamaño de los conectores, dependerá de la zona o módulo del automóvil (Tapia Madera, 2016). Los arneses se ensamblan en diferentes etapas hasta formar el producto final, que es el arnés eléctrico automotriz y su principal componente es el circuito eléctrico formado por zapatas y cables de cobre.

Como parte del control de calidad de la empresa, se realizan pruebas de tensión en los ensambles zapata-cable, para esto, se apoyan en la máquina de ensayo a la tracción Multi-Test 2.5, pero solamente obtienen un dato, que es la fuerza máxima de tensión que soporta

dicho ensamble, no utilizan los datos para elaborar la curva esfuerzo-deformación, que podría ayudar a conocer el límite elástico y la zona plástica entre otros y así, evitar desajustes y separación del ensamble mencionado en el momento de la manipulación durante la fabricación del arnés.

En este estudio se demuestra la importancia de aplicar los datos para obtener la curva esfuerzo-deformación y conocer el comportamiento mecánico que sufren los ensambles y cómo incide en la calidad del producto final.

METODOLOGÍA

La muestra de circuitos fue directamente entregada por los departamentos de ingeniería y control de calidad para el estudio, con el argumento del estricto control que se tiene de los materiales. Fue tomada de las líneas de producción 10 y 2 que presentaron problemas de ensamble zapata-cable debido a la manipulación de los circuitos durante la fabricación del arnés. (Tabla 1)

Tabla 1 Líneas de producción con problemas de ensamble zapata-cable debido a la manipulación de arnés

Línea	Producción (arneses)
10	340
2	80

El ensayo a la tensión de los diez circuitos con dimensiones de 196.50 mm de longitud, 1.75 mm de ancho y 1.07 mm de altura, se realizó en la máquina universal Shimadzu con una capacidad de 1000 kgf/mm² con la ayuda del software Trapezium X integrado al equipo, de los datos obtenidos se construyeron diez gráficas con el siguiente método de ensayo (Tabla 2)

Tabla 2 Método de ensayo a la tensión para circuitos

I.- Sistema	Modo de ensayo: sencillo (curva esfuerzo-deformación)
	Tipo de ensayo: Tensión
	Polaridad de la fuerza: tracción
	Sentido de la fuerza: arriba
	Unidad: sistema métrico
II.- Sensores	Única celda: escala total 1000 kg
	Fuerza-desplazamiento

II.- Ensayo	Velocidad de desplazamiento: 5 mm/min
IV.- Muestras	Diez muestras de 196.50X1.75X1.07 mm Materiales: Ensamble zapata con cable
V.- Datos procesados	Fuerza máxima
VI.- Gráfico	Cartesiano: Eje Y fuerza, Eje X desplazamiento, con desdoblamiento automático

RESULTADOS

La tabla 3 muestra los datos obtenidos del ensayo a la tensión de las diez muestras de circuitos.

Tabla 3 Datos obtenidos del ensayo a la tensión de diez muestras de circuitos

TERMINAL	AREA (mm ²)	FUERZA MAXIMA- Fmax- Kgf	TENSION MAXIMA -σMax- Kgf/mm ²	FUERZA LIMITE ELASTICO -Fy- (Kgf)	TENSIÓN LIMITE ELASTICO -σy- (Kgf/mm ²)
1	1.96	12.77	6.51	7.00	3.57
2	1.29	8.12	6.30	4.00	3.10
3	1.30	8.77	6.74	7.25	5.57
4	2.76	10.78	3.90	9.50	3.40
5	2.57	15.23	5.93	10.50	4.08
6	2.58	18.01	6.98	13.00	5.03
7	1.32	8.93	6.76	7.50	5.68
8	1.31	10.20	7.78	7.50	5.72
9	1.98	13.54	6.83	10.00	5.05
10	2.03	11.66	5.75	8.00	3.94
\bar{X}	1.91	11.80	6.35	8.43	4.51

Como se puede observar, para cada 11.80 kgf máxima, el material ejerce una tensión máxima de 6.35 kgf/mm² de los circuitos muestreados, este sería el promedio de fuerza máxima que un operador deberá ejercer en la manipulación de los circuitos para evitar que el ensamble no sobrepase la resista máxima a la tensión que sufre el material y este se separe y repercuta en la calidad del producto terminado.

Así pues, de los ensayos a la tensión de las diez muestras de circuitos se obtuvieron los datos relacionados con la fuerza en el límite elástico (ver tabla 3), es decir, la cantidad de kilos fuerza antes de la deformación del material y al igual que la tensión que ejerce el material en dicho límite. En otras palabras, cuando un operador ejerza en promedio 8.43 kgf estará en el límite elástico y el material del ensamble ejerce una tensión de 4.51 kgf/mm², si el operador excede la fuerza promedio de manipulación en el límite elástico, provocará que se sobrepase la tensión, entonces, el circuito pasará a su deformación plástica causando un alargamiento que afecta a la calidad del arnés.

En la tabla 4 se expresan los datos que se obtuvieron del ensayo a la tensión de las diez muestras de circuitos para el cálculo del porcentaje promedio de alargamiento en el límite máximo a la tensión.

Tabla 4 Porcentaje de alargamiento de diez muestras de circuitos

TERMINAL	ESPEJOR DE TERMINAL (mm)	ANCHO DE TERMINAL (mm)	LOGITUD INICIAL CIRCUITO -I _o - (mm)	LOGITUD FINAL CIRCUITO -I _f (mm)	ALARGAMIENTO DE CIRCUITO (%)
1	1.1	1.78	177.00	199.03	12.44
2	0.91	1.42	226.00	229.25	0.55
3	0.91	1.43	222.00	225.60	1.62
4	1.51	1.83	192.00	196.00	2.08
5	1.14	2.25	192.00	211.60	10.20
6	1.15	2.25	190.00	210.50	10.78
7	0.92	1.43	190.00	195.90	3.10
8	0.91	1.44	188.00	191.90	2.07
9	1.11	1.78	163.00	177.00	8.50
10	1.04	1.95	225.00	230.50	2.44
X	1.07	1.756	196.50	206.73	5.38
intervalo	0.91-1.51	1.42-2.25	163-226	177-230.50	1.62-12.44

El alargamiento se da como consecuencia de someter los especímenes a esfuerzos de tracción, produciendo una deformación relativa del material hasta la rotura, el promedio representa el comportamiento de estos, que pasan de la zona elástica a la zona plástica (ver figuras 1 a 10), aquí se presenta la deformación permanente hasta el punto máximo de tensión, al continuar sometiendo los circuitos a esfuerzos de tracción, se forma una reducción de área en el material llamada “cuello” lo que lleva al desprendimiento del ensamble zapata-cable. Si el operador sobrepasa el límite máximo a la tensión el circuito aumenta en promedio un 5.38% de su longitud inicial a una longitud final. En un intervalo de alargamiento en las muestras de 1.62 a 12.44 %.

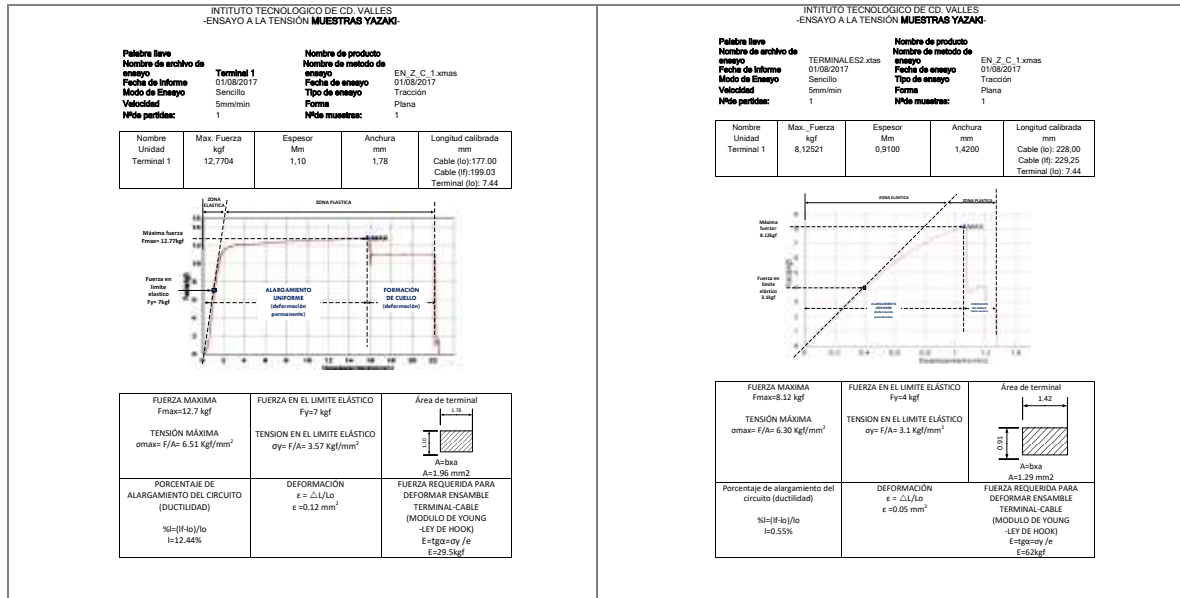


Figura 1 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 1

Figura 2 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 2

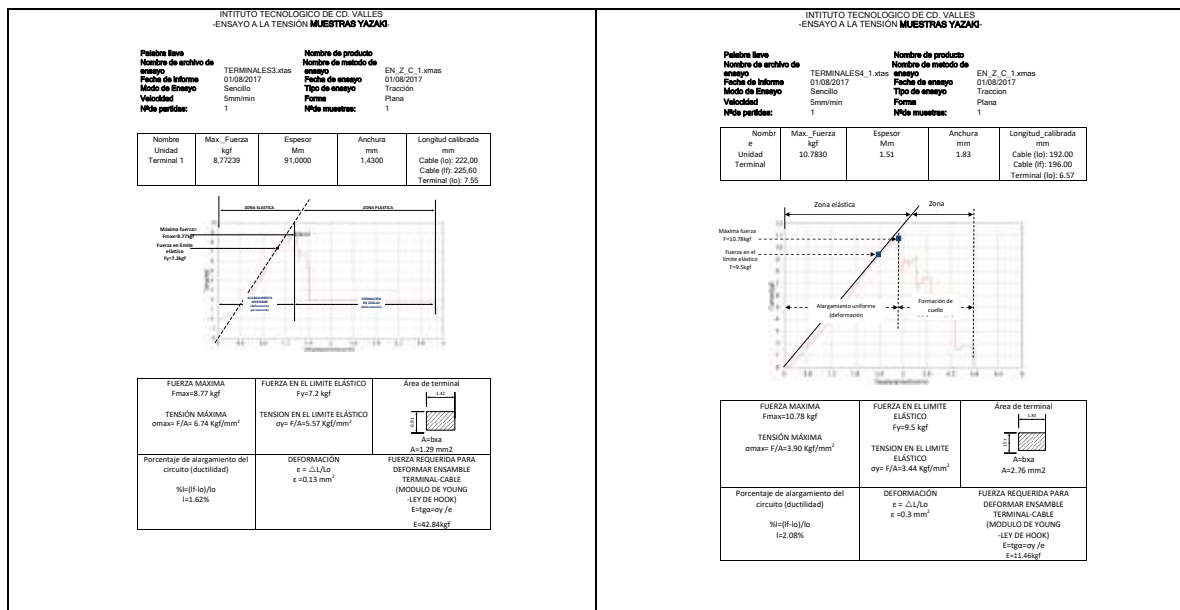


Figura 3 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 3

Figura 4 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 4

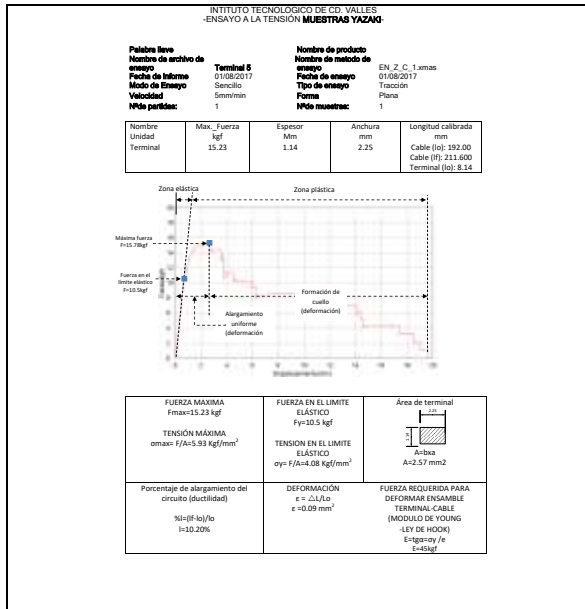


Figura 5 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 5

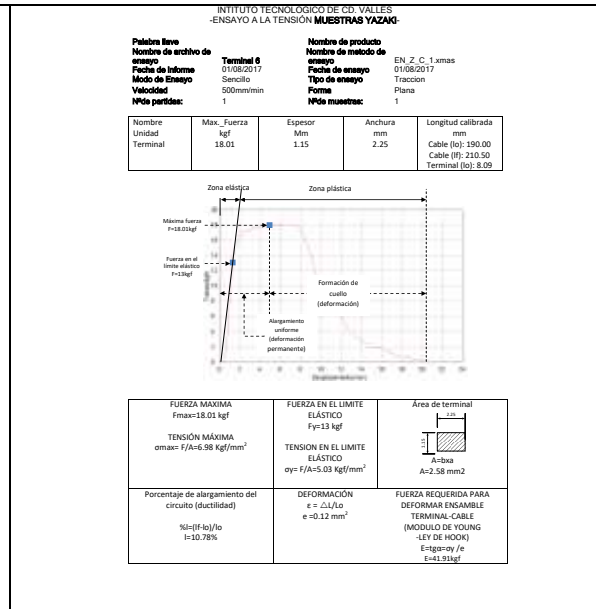


Figura 6 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 6

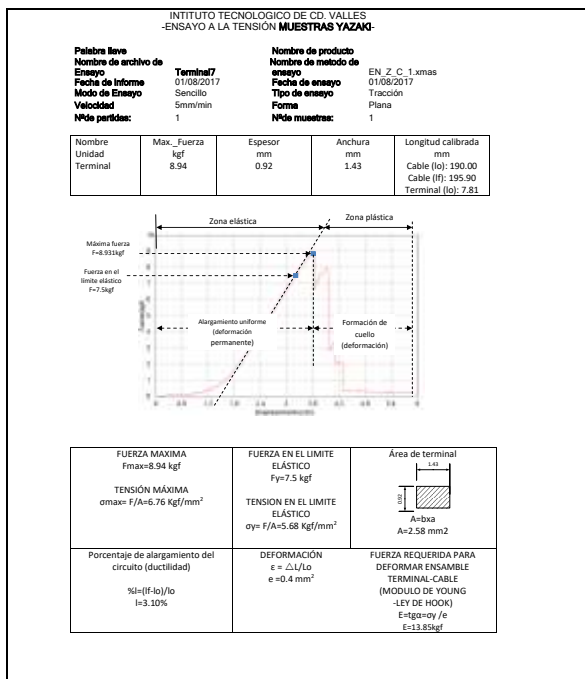


Figura 7 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 7

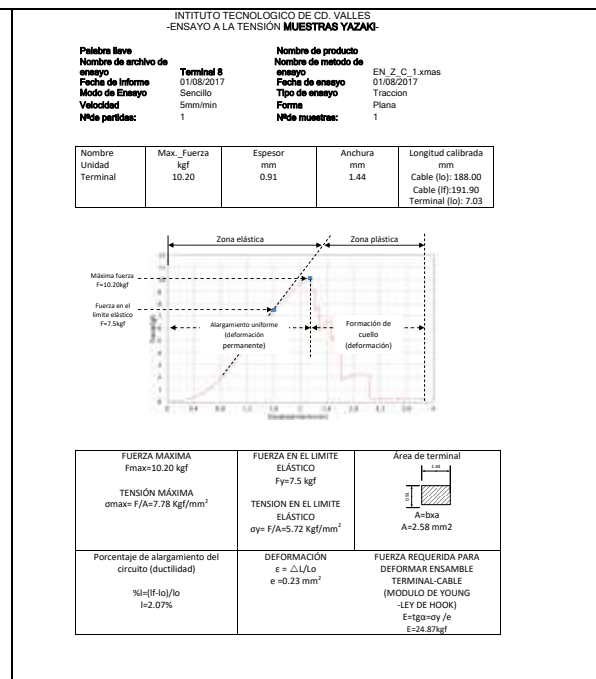


Figura 8 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 8

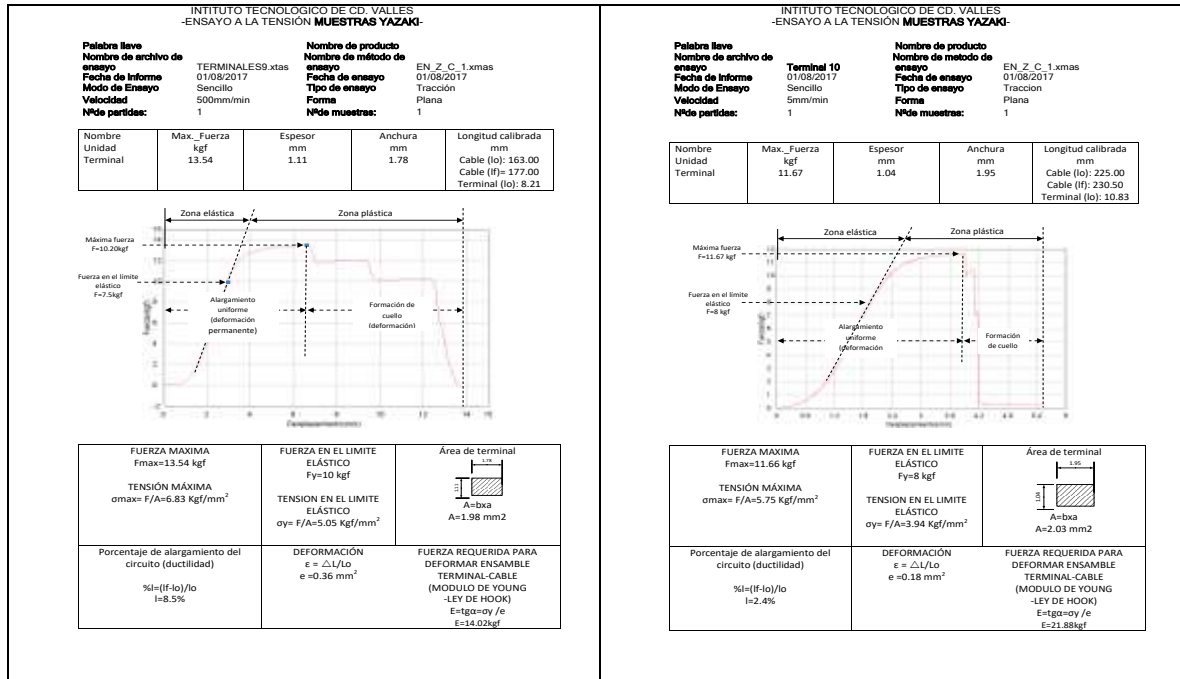


Figura 9 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 9

Figura 10 Ensayo a la tensión circuitos, zapata-cable. Muestra 10

CONCLUSIONES

En conclusión, los datos obtenidos en los ensayos a la tensión en circuitos eléctricos de arneses automotrices son útiles para la construcción de la gráfica esfuerzo-deformación que puede también adaptarse a otro tipo de aplicaciones y aun cuando las curvas no presentaron una parábola definida que presenta una probeta normalizada, se pudo indicar en ellas los elementos teóricos que contiene y así tener un beneficio en la toma de decisiones para el mejoramiento del producto.

Se recomienda aplicar este método para medir el comportamiento en otros componentes, donde sea necesario conocer esfuerzos en sus ensambles a la tensión.

BIBLIOGRAFÍA

- Askeland, D. P. (2015). *Ciencia e ingeniería de los materiales*, v.3. México: Thomson.
- Gálvez, F. A. (2002). El efecto de la velocidad de deformacion en la rotura de alambres de acero durante el trefilado. *Anales de mecánica de la fractura*, 73-78.
- Kalpajian, S. &. (2015). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México : Pearson.
- Shackelford, J. (1995). *Ciencia de materiales para ingenieros*. México : Prentice Hall.

- Smith, W. H.-C. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. México : McGraw Hill.
- Tapia Madera, A. (2016). *Diseño de arneses eléctricos para General Motors (Tesis para obtener el título de Ingeniería en Mecatrónica, UNAM)*. México: La Autora.
- Van Vlack, L. &. (1990). *Materiales para ingeniería*. México: CECSA.