
ENTREGA FINAL: ESTUDIO DE CASO - ACOPLADOR RÁPIDO

Andrés Giraldo, Caleth Carrillo, Santiago García, Reyner Yavinape, Tomás Atencia

Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

Resumen

El siguiente informe muestra los resultados y análisis derivados del caso de estudio propuesto para el semestre 2024-1 en la materia de materiales aeroespaciales. El objetivo principal fue identificar un material desconocido que sufrió una falla en su aplicación. Para ello, se realizaron pruebas de magnetismo, densidad, dureza y observación de la chispa generada mediante pulido, proporcionando información inicial sobre sus propiedades. Además, se utilizó un espectrómetro de emisión óptica para determinar su composición química. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis metalográfico de la pieza caracterizada previamente, examinando su microestructura, tipos de fases y procesos de fabricación. Este análisis permitió comparar la microestructura observada con la teórica, confirmando la caracterización realizada anteriormente. En el presente también se realizará una recopilación de lo analizado y concluido anteriormente.

Palabras Clave: *Identificación material, falla, metalografía, microestructura, acero, propiedades físicas y mecánicas.*

ABSTRACT

The following report shows the results and analysis derived from the case study proposed for semester 2024-1 in the subject of aerospace materials. The main objective was to identify an unknown material that suffered a failure in its application. For this purpose, tests of magnetism, density, hardness and observation of the spark generated by polishing were carried out, providing initial information about its properties. In addition, an optical emission spectrometer was used to determine its chemical composition. Subsequently, a metallographic analysis of the previously characterized piece was carried out, examining its microstructure, types of phases and manufacturing processes. This analysis made it possible to compare the observed microstructure with the theoretical one, confirming the characterization carried out previously. A compilation of what was previously analyzed and concluded will be made.

Keywords: *Material identification, failure, metallography, microstructure, steel, physical and mechanical properties.*

1. Introducción

En la ingeniería y la metalurgia, el análisis de fallas es de gran importancia, debido a que da indicios y ayuda a evitar que los mecanismos lleguen al deterioro y la eventual fractura de componentes estructurales sin enterarnos. El estudio de piezas que ya han experimentado fallos mecánicos nos brinda información sobre los materiales empleados, los procesos de fabricación y los factores ambientales que influyen en su integridad. Las propiedades químicas y mecánicas de un material están intrínsecamente vinculadas a diversos factores, entre los que se puede destacar su composición química, la cual influye en su comportamiento ante distintas condiciones ambientales y estímulos externos.

El presente informe presenta el análisis de un acoplador rápido que ha experimentado una falla mecánica, el objetivo principal es identificar el material de la pieza en cuestión, así como evaluar su calidad y propiedades características intrínsecas. Para esto, acudimos a un método llamado metalografía, que observa y analiza la estructura interna de los metales a nivel microscópico. Este método se basa en el principio de que las propiedades macroscópicas y el comportamiento frente a diferentes condiciones de esfuerzos, temperaturas o entorno, están ligadas e influenciadas por la microestructura del material metálico. La metalografía incluye técnicas de preparación de muestras, como selección y preparación del material, pulido, ataque químico y observación por medio de microscopios. A través de un análisis de los resultados obtenidos de diversas pruebas realizadas, este informe busca proporcionar una comprensión de los factores que contribuyeron a la falla mecánica del acoplador.

2. Metodología

Este estudio de caso se dividió en varias etapas, en las que se realizaron diferentes procesos para poder llegar a una caracterización precisa del material del acoplador rápido. La primera fase se basó en conocer la mayor parte de propiedades físicas y mecánicas del material, para así poder tener una idea inicial acerca de la composición de este acoplador rápido.

2.1 Propiedades Fisicas y Mecanicas

Conocer las propiedades físicas y mecánicas de un material es fundamental a la hora de realizar su caracterización, ya que estas propiedades determinan cómo se comportará el material bajo diferentes condiciones de uso. Las propiedades físicas, como la densidad, influyen en aspectos como el peso. Por otro lado, las propiedades mecánicas, como la dureza, son cruciales para entender cómo el material responderá a fuerzas y deformaciones, lo cual es esencial para garantizar la integridad estructural y la durabilidad del producto final.

2.1.1 Prueba de magnetismo

La primera prueba realizada en la muestra consistió en someterla al paso de un imán con el fin de analizar su comportamiento frente a fuentes magnéticas. Esta prueba ayuda a determinar si el material es ferromagnético, es decir, si tiene la capacidad de ser atraído por un imán y de magnetizarse. Además de eso, la presencia de fases magnéticas en aleaciones puede indicar ciertas propiedades mecánicas, como dureza y resistencia, lo cual es de gran ayuda a la hora de caracterizar un material.

2.1.2 Densidad

Posteriormente al material incógnito del adaptador rápido se le realizó una prueba haciendo uso de un densímetro para determinar la densidad de este metal. Para realizar esta medición de densidad, se colocó la parte que se desea analizar del adaptador rápido en una balanza de densidad, también conocida como densímetro de cuerpos sólidos o balanza de Arquímedes, este es un instrumento utilizado para medir la densidad de un objeto sólido, el cual funciona utilizando el principio de flotación de Arquímedes. La balanza de densidad consta de una plataforma de medición suspendida de un brazo móvil, esta plataforma está diseñada para sostener el objeto cuya densidad se va a medir. Para realizar la medición, se comienza pesando el objeto en el aire, sin sumergirlo en ningún líquido. Este valor corresponde a la masa del objeto en el aire. Luego, se sumerge completamente el objeto en un líquido de referencia, en este caso se sumergió en agua, contenido en un recipiente adecuado. Al sumergir el objeto en el líquido, se genera una fuerza de flotación que actúa sobre él, lo que disminuye el peso aparente del objeto. La balanza de densidad mide esta disminución en el peso y la utiliza para calcular el volumen del objeto sumergido en el líquido. Dividiendo la masa del objeto en el aire por su volumen sumergido en el líquido, se obtiene la densidad del objeto.

2.1.3 Dureza

En primera instancia se realizó una prueba de dureza a un componente metálico utilizando inicialmente una lima con una dureza de 60 HRC. La prueba de la lima es un método informal y cualitativo utilizado para evaluar la dureza de un material metálico. Consiste en intentar rayar la superficie del material con una lima de dureza conocida, en este caso, una lima con una dureza de 60 HRC. Si la lima deja una marca significativa en la superficie del material, sugiere que el material es más blando que la lima y, por lo tanto, tiene una dureza menor que 60 HRC. Por otro lado, si la lima apenas deja marcas o ninguna marca en absoluto, indica que el material es igual o más duro que la lima de 60 HRC.

Como la prueba de la lima no es el método más preciso para conocer la dureza de un material, otra de las pruebas realizadas al adaptador rápido fue la prueba de dureza en un durómetro "Rockwell". La prueba de dureza es crucial para la caracterización de los materiales porque proporciona información fundamental sobre la resistencia de un material a la deformación permanente y al desgaste. El ensayo de dureza se realizó en un durómetro "Rockwell"; este método se caracteriza por su permisividad en cuanto a la preparación de las muestras, su velocidad de ensayo y su capacidad para mostrar los valores de dureza directamente después de penetrar en el material. La dureza se calculó mediante la aplicación de dos cargas de ensayo: una carga inicial más ligera seguida de una carga adicional más pesada hasta alcanzar la carga total requerida. Después de esto, la carga se redujo nuevamente a la carga inicial. La primera carga más ligera estableció una posición de referencia. La carga adicional es aplicada y se mantiene durante un período específico para permitir la recuperación elástica. Posteriormente, se retiró la carga adicional mientras se conservó la carga inicial, lo que determina el cambio desde la

posición de referencia y, por ende, el valor de la dureza según el durómetro. Esta prueba se debe de hacer según la norma ISO 6508 la cual nos dice que debemos determinar un método, un indentador, y una carga principal, las cuales serán especificadas en la siguiente sección.

2.2 Prueba de chispa

La siguiente prueba consistía en pulir una pequeña parte del material para analizar el tipo, longitud y coloración de la chispa, si ésta la generaba. Al relacionar la chispa de este material desconocido podemos tener otro acercamiento a lo que podría ser su composición, pues cada metal produce un patrón característico de chispas debido a factores como su punto de fusión, contenido de carbono y otros elementos de aleación.

2.3 Espectrometría

Para revelar finalmente la composición química del metal desconocido, se lleva a cabo una prueba de laboratorio utilizando un espectrómetro de emisión óptica. Este dispositivo opera generando una descarga eléctrica de alto voltaje mediante un electrodo. Esta descarga eleva la temperatura de la superficie del material a un punto donde las moléculas se vaporizan, siendo excitadas por el plasma de argón generado por una chispa. Como consecuencia, se emite luz en el rango ultravioleta y visible, la cual es captada por el sistema óptico del espectrómetro y dispersada en una zona de vacío. Allí, la luz se convierte en señales eléctricas que son interpretadas para determinar la concentración de los elementos presentes en la muestra. Este método ofrece una ventaja significativa al ser rápido y altamente preciso.

2.4 Medición de espesor de película seca

Se nos indicó que en la muestra indicada debía de haber un recubrimiento químico para aumentar la resistencia a la corrosión por lo que acudimos a un Equipo de medición de espesor de película seca (ecolmeter) para medir el espesor de ese recubrimiento químico. La medición del espesor de película seca se realiza utilizando medidores especializados, como magnéticos, de corrientes inducidas o ultrasónicos, dependiendo del tipo de sustrato y recubrimiento. El procedimiento implica calibrar el medidor, aplicar la sonda perpendicularmente sobre la superficie recubierta y registrar múltiples lecturas para asegurar la uniformidad.

2.5 Metalografía

El análisis metalográfico es un estudio de alto valor para la caracterización de los materiales. Este análisis es la ciencia que estudia las características microestructurales de metales o aleaciones, las cuales están relacionadas con las propiedades químicas y mecánicas. Este importante análisis consiste en dos pasos: Preparación y Análisis. La preparación consiste en tres procesos: Corte, Montaje para un mejor manejo de muestra y Descarte / Pulido, en estos procesos de preparación el objetivo es limpiar el material y dejar acabado espejo. El paso de Análisis consiste en dos procesos: ataque químico para la revelación de la estructura y análisis de la muestra en el microscopio.

2.5.1 Corte

Para la muestra que se estudió se realizó un corte mediante un disco de corte abrasivo de carburo de silicio con una cortadora de precisión lubricada con agua. Se tomó esta decisión basándonos en que la cortadora de precisión nos proporciona un acabado en el corte sin irregularidades en su superficie, como bien lo encontraríamos en el corte aserrado con mango de cierra, lo cual nos ahorró el procedimiento de devastado con lijas de grano grueso. Se usó un disco de carburo de silicio ya que el material que se cortó es un acero de bajo carbón. Se realizó un corte en la sección transversal del elemento.

2.5.2 Montaje de la muestra

El propósito principal de montar muestras metalográficas es por la comodidad al manejar muestras de formas o tamaños difíciles durante los pasos subsiguientes de preparación y examen metalográfico. Un propósito secundario es proteger y preservar bordes extremos o defectos superficiales durante la preparación metalográfica. El método de montaje no debe ser perjudicial para la microestructura de la muestra.

Existen Diferentes tipos de montajes los cuales varían según el tipo de muestra, algunos de ellos son:

- El montaje con abrazaderas
- El montaje por compresión

Además de esto, existen sistemas de montaje moldeables (en frío) estos no requieren presión ni calor externo y se recomiendan para el montaje de muestras que son sensibles al calor y/o la presión. Los sistemas acrílicos, como VariDur y SamplKwick, son los sistemas moldeables más utilizados debido a su bajo costo y corto tiempo de curado.

Para la muestra estudiada se usó el método plástico por compresión usando una máquina para este tipo de montajes. El montaje de la pieza cortada se realizó en un molde de baquelita, también conocida como resina fenólica. Se aseguró un flujo de agua para la refrigeración de la máquina. Se retrae el cilindro y se posiciona la primera muestra, y con ayuda de un embudo se deposita una cucharada de baquelita. Se pone un cilindro donde reposa la segunda probeta y luego depositamos la segunda cantidad de baquelita sobre la probeta. Se tapa el cilindro y nos aseguramos de girar la tapa para asegurar la máquina. Iniciamos la máquina y esperamos que pase por 3 etapas: Precarga, Calor y Presión, enfriamiento. Desbloqueamos la tapa, eyectamos el cilindro y recolectamos las probetas.

2.5.3 Pulido

El pulido es un proceso que normalmente se distingue del devastado por el uso de abrasivo suelto incrustado en una superficie de soporte adecuadamente lubricada para evitar cambios en la estructura del material por el calor generado por la fricción del proceso. La elección del abrasivo, lubricante, y soporte de la superficie de pulido suele ser específica del metal y del proceso de

investigación. El proceso de pulido se suele dividir en etapas rugosas y finas. El pulido puede ser manual o automatizado. Cuando se procede se forma manual el papel de lija debe de moverse hacia adelante y hacia atrás para permitir un desgaste uniforme. En el proceso de lijado manual la muestra debe de girarse 45-90 grados para asegurar una superficie uniforme, evitar la creación de planos adicionales en la superficie y para asegurar el desvanecimiento de los rayones. Se encuentran disponibles muchos métodos automatizados de preparación de muestras, sin embargo, la mayoría de los métodos consisten en máquinas con soportes capaces de acomodar múltiples muestras que rotan sobre una superficie abrasiva.

Para poder realizar el estudio metalográfico es necesario pasar por varias etapas o procesos, los cuales buscan preparar la muestra para que el resultado sea óptimo, uno de estos procesos es el pulido del material, el cual busca dejar la muestra previamente montada con un acabado espejo para así, después del ataque químico visualizar su microestructura. Existen diferentes formas de realizar este proceso las cuales son el pulido mecánico, el pulido electroquímico y el pulido químico.

Para el pulido de la muestra se procedió primeramente con un lijado manual, montando papel de lija de diferente grano en una placa de vidrio y posteriormente se lubricó con agua para proceder al devastado de la superficie como lo dicta la norma. A medida que se devastaba la superficie se redujo el grano de lija, el proceso se realizó en el siguiente orden:



Figura 1. Lijado con Lija Grano 320



Figura 2. Lijado con Lija Grano 400



Figura 3. Lijado con Lija Grano 600



Figura 4. Lijado con Lija Grano 1200

El pulido manual fue complicado debido a que la cantidad de fuerza aplicada debía de ser mínima y controlada para evitar la creación de rayones, los cuales se generaron con facilidad debido a que la muestra era bastante blanda. Luego del pulido manual se procedió con el pulido mecánico para asegurar una superficie con menos rayones. El pulido manual se realizó rotando la muestra sobre paños suaves de gamuza y lubricando la superficie con dos diferentes líquidos por 10 minutos cada uno.



Figura 5. Pulido con Paño y lubricante de suspensión de monocristales de diamante de 9 micras.



Figura 6. Pulido con Paño y Alúmina de 1 micra.

2.5.4 Ataque químico

El ataque químico se realizó bajo la norma ASTM 407-23 (Standard Practice for Microetching Metals and Alloys). El ataque químico es un proceso de corrosión controlada que se realiza sumergiendo la superficie en algún tipo de solución adecuada. Para un material de base de acero se usó una solución de 3% de ácido nítrico y 97% de alcohol etílico o metílico, conocido como Nital. Se procedió a aplicar el nital con un algodón limpio sobre la superficie de la muestra, se suspendió su aplicación cuando la muestra se oscureció, lo cual sucede después de unos 15 segundos aproximadamente. Una vez pasados los 15 segundos se limpió la muestra con agua y luego con aire a presión para evitar residuos de la sustancia.



Figura 7. Aplicación de Nital sobre probeta.

3. Resultados y análisis

A continuación se presentarán los diferentes resultados y sus correspondientes análisis, para así mostrar de manera más detallada la respectiva caracterización del material.

3.1 Resultados de las diferentes pruebas

Se exhibirán los resultados de las diferentes pruebas:

3.1.1 Prueba de magnetismo

El resultado de la prueba de magnetismo nos arroja que la pieza de estudio manifiesta reacción cuando pasa un imán cerca de ella.

3.1.2 Densidad

Después de realizar la medición de densidad en 3 ocasiones y hallar el promedio de estas se nos presentó el siguiente resultado.

Tabla 1. Densidad.

Densidad [g/cm ³]	
Material Adaptador	7.589

3.1.3 Dureza

La prueba de dureza con lima demostró que al aplicar presión es capaz de dejar marca fácilmente. Por lo tanto la muestra es más blanda y nos da un indicio de que esperar en el durómetro.



Figura 8. Marca de lima.

Se realizó una prueba de dureza para la pieza de estudio en la escala de Rockwell con indentador de carburo tungsteno y escala B, y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Resultados de prueba de dureza.

DUREZA(HRBW)	
1	85
2	80
3	90

Estos valores fueron los entregados por el dial del durometro “Rockwell”, pero al tratarse de una pieza tipo tuerca, se debe de tratar como un cilindro hueco, cuando se toma la dureza en este tipo de muestras se debe de aplicar un factor de corrección, el cual esta especificado en la tabla A6 de la norma ASTM E18.

TABLE A6.2 Corrections to be Added to Rockwell B, F, and G Values Obtained on Convex Cylindrical Surfaces of Various Diameters^A

Hardness Reading	Diameters of Convex Cylindrical Surfaces						
	1/4 in. (6.4 mm)	5/16 in. (10 mm)	1/2 in. (13 mm)	9/16 in. (16 mm)	5/8 in. (19 mm)	7/16 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

Figura 9. Tabla A6

El promedio de dureza sin las correcciones fue de 85, y luego de realizar algunas interpolaciones para conocer el verdadero factor de corrección para un cilindro hueco de 11.6 mm de diámetro y una dureza de 85, se llegó a un factor de corrección de 2.71, valor que se le debe de sumar al valor de dureza promedio dando un total de 87.71 HRBW.

3.1.4 Prueba de Chispa

En la prueba realizada en el esmeril se presentó una chispa amarilla y alargada.



Figura 9. Prueba de chispa.

3.1.5 Prueba de espectrometría

Se hizo posible conocer la composición química del material a través de esta prueba. Se presentaron los siguientes resultados donde nos muestran el porcentaje que tienen dentro del compuesto cada elemento. Se resalta el hierro, el manganeso y el plomo.

Tabla 3. Tabla de % de elementos.

Fe	Mn	Pb	S	Cu	Ni
%					
97.59	1.119	0.3	0.286	0.154	0.127

3.1.6 Prueba Metalográfica.

Se observan los microconstituyentes presentes en la microestructura, además de incrustaciones de otros aleantes. Luego del estudio se obtuvieron los siguientes resultados.



Figura 10. pieza de estudio sin ataque químico a 500x

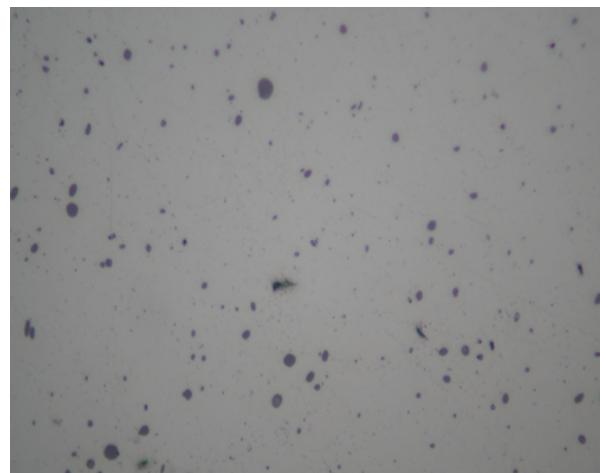


Figura 11. pieza de estudio sin ataque químico a 100x

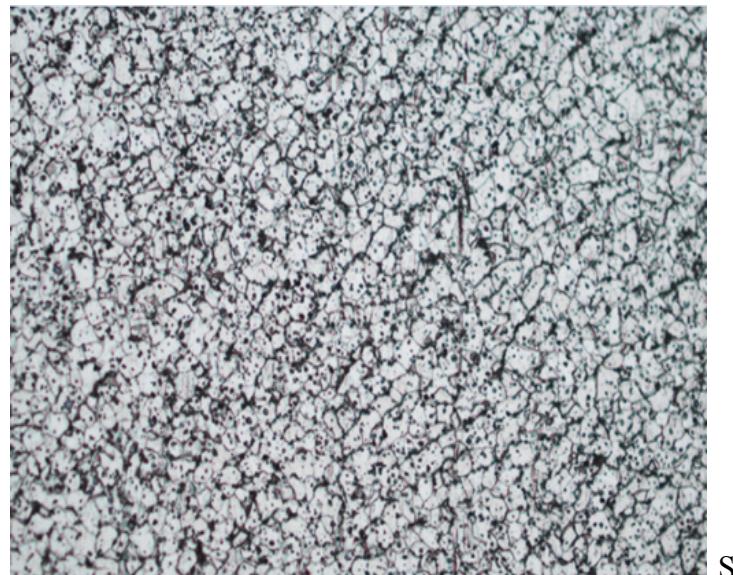


Figura 12. pieza de estudio con ataque químico a 200x

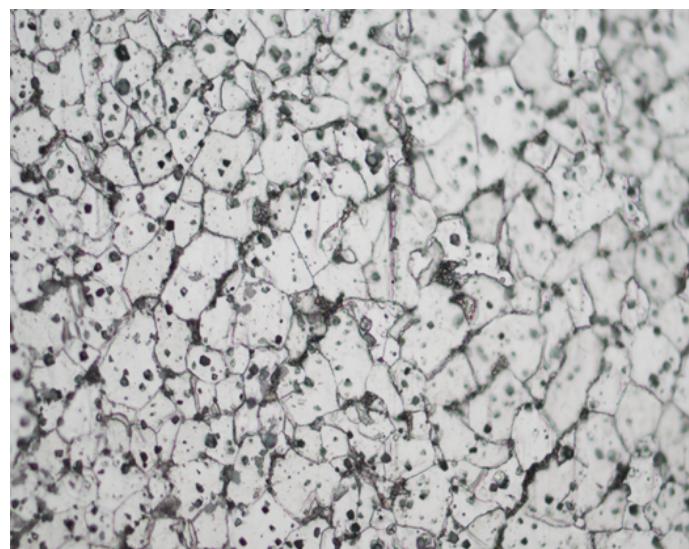


Figura 13. pieza de estudio con ataque químico a 500x

3.2 Análisis

Para este primer acercamiento a la identificación del elemento se realizó el análisis de las diferentes pruebas en el siguiente orden: Magnetismo, Prueba de chispa en esmeril, densidad y espectrometría óptica. Esto con el fin de llegar a una deducción más certera y organizada basándonos en nuestro criterio de qué tanta información pueda brindar cada prueba.

En el análisis magnético se observó que el metal es ferromagnético, lo cual indica que el elemento puede contener alto contenido en hierro. La fase cristalina a la cual se puede encontrar el hierro al ser ferromagnético es ferrita, ya que al contener un bajo contenido de carbono tiende a contener mayores propiedades magnéticas, sin embargo, este factor depende de los diferentes aleantes que contenga el material, así que no se puede asegurar con certeza esta hipótesis.

En la prueba de chispa con esmeril se observó que el elemento presenta una chispa bastante larga de color amarillo, lo cual puede indicar un bajo contenido de carbono. La chispa no presenta gran intensidad ni densidad, esto se presenta en aleaciones de hierro al carbono blandos, pero puede variar dependiendo de los aleantes que contenga. Estas observaciones en la prueba de chispa pueden indicar que el acero está aleado con alguna parte de manganeso.

En la prueba de densidad se obtuvo un resultado de 7.589 g/cc, se decidió usar la base de datos MatWeb para comparar con diferentes metales y tener un filtro. Usando los criterios de selección mostrados en la figura 1 se obtuvieron alrededor de 5.400 materiales con los criterios seleccionados por lo cual no se pudo deducir nada.

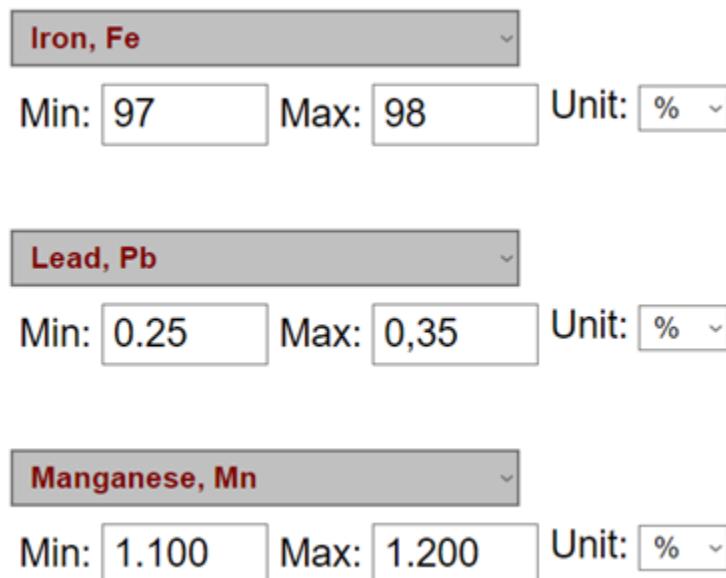
Selected Criteria

Type	Criteria	Results	
Material Category	Ferrous Metal	7245	
Property	Density From 7 To 8 g/cc	5314	
DISPLAY SEARCH RESULTS			RESET

Figura 14. Criterios de selección Matweb

La composición química del adaptador rápido muestra una matriz de hierro con un porcentaje promedio de peso de 97.79%. Se muestra dos elementos con mayor porcentaje de peso los cuales son; Manganeso con un porcentaje de peso promedio de 1.119%, este elemento se suele usar para aumentar su resistencia y templabilidad; Plomo con un porcentaje de peso de 0.3%. El porcentaje de carbono en este acero es 0.049%, ratificando la hipótesis de un acero de bajo carbono.

Para agilizar el proceso de filtrado de aceros con características similares o iguales, se ha recurrido a una confiable base de datos de materiales llamada MatWeb que ofrece la posibilidad de comparar metales con composiciones químicas similares. Se usaron los siguientes criterios de comparación y se obtuvieron 5 materiales de los cuales elegimos los dos más cercanos a las propiedades ya vistas. Analizando la comparación de las composiciones químicas de los metales se llegó a la conclusión de que el material del adaptador rápido es AISI 1000 Series Steel.



Iron, Fe	Min: 97	Max: 98	Unit: %
Lead, Pb	Min: 0.25	Max: 0.35	Unit: %
Manganese, Mn	Min: 1.100	Max: 1.200	Unit: %

Fig 15. Filtrado de elementos

Tabla 3. Comparación de elementos.

Component Elements (wt%)	Overview of materials for AISI 4000 Series	Overview of materials for AISI 1000 Series Steel Steel
Aluminum, Al (%)	0.0150 - 0.0200	0.0100 - 1.50
Boron, B (%)	--	0.000500 - 0.00600
Carbon, C (%)	0.0600 - 1.03	0.00300 - 0.800
Chromium, Cr (%)	0.150 - 1.10	0.200 - 10.0
Cobalt, Co (%)	--	7.50 - 12.0
Copper, Cu (%)	0.250 - 0.300	0.0200 - 1.50

Iron, Fe (%)	96.8 - 100	63.0 - 100
Lead, Pb (%)	0.150 - 0.360	0.150 - 0.360
Manganese,	0.250 - 2.05	0.100 - 2.20
Mn (%)		
Molybdenum,	0.0600 -	0.0500 - 4.80
Mo (%)	0.250	
Nickel, Ni (%)	0.100 - 0.400	0.0300 - 18.5
Niobium, Nb (Columbium, Cb) (%)	--	0.00500 - 0.150
Nitrogen, N (%)	--	0.00100 - 0.0700
Phosphorus, P (%)	0.0200 - 0.400	0.00100 - 0.400
Silicon, Si (%)	0.100 - 0.400	0.0100 - 1.00

Sulfur, S (%)	0.0150 - 0.500	0.00100 - 0.500
Titanium, Ti (%)	0.005	0.0100 - 1.40
Vanadium, V (%)	0.0300 - 0.100	0.00500 - 0.950
Zirconium, Zr (%)	--	0.0100 - 0.150

En la figura 12 y 13 se observa la microestructura de la pieza de estudio con ataque químico, se evidencia con claridad los límites de grano, zonas más oscuras y zonas claras, las zonas de las imágenes que se encuentran un poco distorsionadas pudieron ser ocasionadas por defectos en la pieza, y al no ser completamente perpendicular al microscopio se desenfocan las zonas más bajas de la superficie del material. Los microconstituyentes presentes en la pieza de estudio son al menos dos, los cuales son: ferrita y perlita. Las zonas claras obedecen a la fase de ferrita debido a que al momento de realizar el ataque químico la reacción sobre este es más lenta lo que hace que refleje más luz y provoca las zonas claras mientras que para el constituyente de reacción más rápida el proceso se realizará con mayor rapidez y dará como resultado zonas más oscuras que obedecen a fases de perlita, estas fases dan a entender que el material de estudio es un acero de bajo carbono por la mayor presencia de ferrita. Por lo tanto, los análisis de la caracterización hechas anteriormente reafirman que estábamos delante de un acero de bajo carbono y que íbamos por buen camino al momento de suponer que la pieza de estudio podría ser un AISI de la serie 1000.

En la figura 10 y 11 se observa la pieza de estudio sin ataque químico, no se logra ver con facilidad qué fases podrían estar presentes y la predominancia de las zonas claras podrían indicar que la concentración de hierro que es el elemento de mayor presencia en la pieza. Sin el ataque

químico es muy complicado realizar un análisis a profundidad, pues no se puede tener información completamente segura.

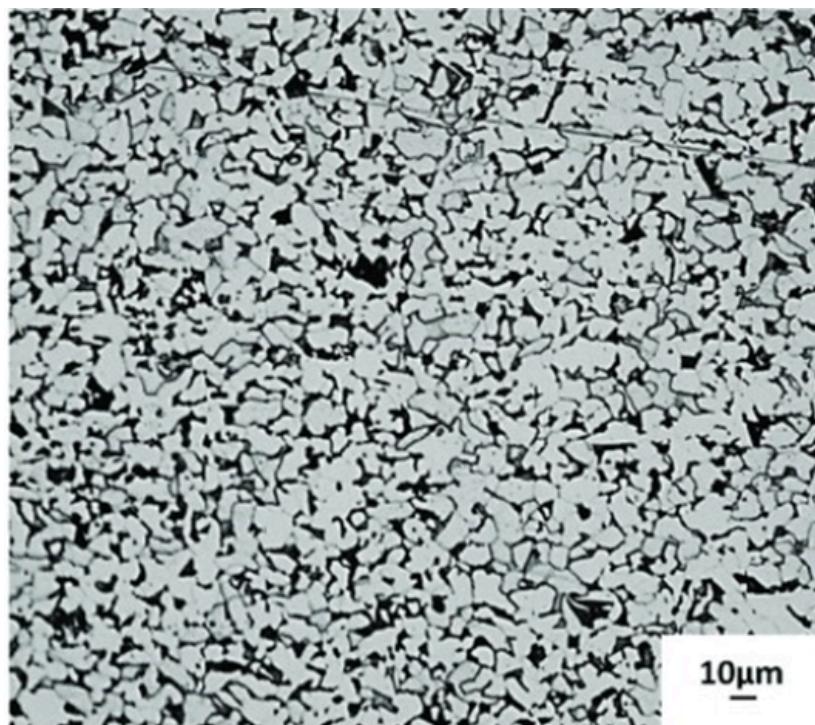


Figura 16. microestructura del AISI 1020

La figura 16 muestra la microestructura del AISI 1020 un acero de bajo carbono, se escogió este material para hacer la comparación con la pieza de estudio, al suponer que la pieza de estudio también era un acero de bajo carbono se encontró que la microestructura de ambos materiales cuenta con varias similitudes, pero al mismo tiempo existen diferencias. Una de las diferencias más notorias a primera vista es que en la figura 4 existen muchas más zonas oscuras que en la figura 9, esto indica que hay mayor concentración de perlita en la pieza de estudio que en el AISI 1020. Esta mayor concentración de perlita le proporciona al material de estudio mayor dureza, pero a la vez menor tenacidad. las proporciones de perlita y ferrita dependen de qué aplicaciones este sujeta el material por lo tanto es importante conocer cómo afectan estas proporciones a las propiedades mecánicas y determinar en qué casos es mejor aumentar una o disminuir otras, teniendo en cuenta que estas proporciones también dependen de otros factores como tratamientos térmicos y composiciones químicas.

Por otro lado la prueba de medición de espesor de película seca fue concluyente, esto debido a que este procedimiento no se pudo realizar ya que la superficie del material es porosa, por lo que

la película no es homogénea y no es posible medir el espesor con este equipo. esto no quiere decir que no exista un recubrimiento en la pieza, solo que para poder notarlo se deben de realizar procesos completamente distintos.

Para finalizar la prueba de dureza arrojo un valor de 85 HRBW, si hacemos la comparación con un acero AISI 1000, como se ha venido haciendo, la dureza de este oscila entre los 55 y 75 HRB, lo que nos indica que la pieza del acoplador rápido fue sometida a algún tratamiento térmico, como puede ser el temple y el revenido para aumentar su dureza, y así, mejorar sus propiedades mecánicas.

4. Conclusiones

La caracterización es crucial en ingeniería para seleccionar materiales para aplicaciones específicas, por lo tanto, es importante conocer cuáles son los métodos y cómo funciona cada uno para realizar el análisis de manera correcta. Los análisis de propiedades como la densidad, la respuesta magnética, la prueba de chispa y el análisis de elementos químicos proveen información que es usada para la selección de un material dependiendo de los requerimientos que se tengan. Estas pruebas y análisis también son usadas ampliamente para control de calidad de materiales que requieran de procesos críticos y necesarios para ejecutar una aplicación específica. El análisis metalográfico es una herramienta importante que provee información que ayuda en la caracterización precisa de materiales, en este caso confirmó que la pieza de estudio es un acero de bajo carbono, algo que ya se suponía con los análisis que se realizaron anteriormente. La pieza de estudio se comparó con un AISI 1020, un acero de bajo carbono. Mediante la microestructura de ambos materiales se buscó que diferencias y similitudes podrían tener estos materiales y obtener una idea más clara de qué material podría ser la pieza de estudio y, aunque las dos piezas se parecen mucho existe una mayor concentración de perlita en la pieza de estudio que en el AISI 1020 lo que le confiere propiedades mecánicas diferentes pues existe un porcentaje de carbono un poco más alto, además existen otros microconstituyentes en la pieza de estudio que afectan estas propiedades mecánicas. Este análisis proporciona información acerca de la microestructura, composición y propiedades mecánicas que son cruciales para la selección de un material y para mantener un control de calidad alto. La prueba hecha para determinar la dureza con la lima muestra que el material es blando pues deja una marca tras aplicarle presión, después se realizó la prueba de dureza bajo la escala de Rockwell B con unos factores de corrección para determinar un valor realista.

5. Referencias bibliográficas

1. Askeland, D. R., & Wright, W. J. (s. f.). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*.
2. MatWeb. (n.d.). El análisis metalográfico es un, las propiedades químicas y mecánicas.
3. ASTM International. (2023). ASTM E407-23: Standard practice for microetching metals and alloys.

4. ASTM International. (n.d.). ASTM E3: Standard guide for preparation of metallographic specimens.
5. Fases y microconstituyentes – Prácticas Metalográficas. (n.d.). Prácticas Metalográficas.
6. Aiman GZ. (2022, 13 mayo). Materiales atraídos por los imanes. AIMANGZ
7. Equipos Industriales HAB. (2022, 13 junio). Cómo identificar el tipo de material a trabajar por medio de la prueba de chispa.
8. Smith, F. (1993). Structure and Properties of Engineering Alloys.
9. ASTM International. (2024). ASTM E0018-24: Standard test methods for industrial water analysis.