

**Evaluación microestructural de alambrones y alambres de acero procesados en la empresa
industrias metálicas Corsan S.A.**

Nicolás Rivero Meza

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Metalúrgico

Directora

Ana Emilse Coy Echeverría

Doctora en Ingeniería de Materiales

Codirectora

Elizabeth Franco Moreno

Ingeniera Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

Este proyecto no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres Norberto, Solangel y mi hermana Natalia, quienes desde la distancia siempre estuvieron apoyándome.

A mis tíos Alonso y María Helena, mis primos Juan Sebastián y Andrés Felipe, quienes han sido una parte fundamental en mí desde la infancia hasta el presente y me han guiado en parte de mi proyecto profesional.

A mis amigos y compañeros de la universidad con los que crecimos y nos formamos durante todo este tiempo, en especial a Diego Alberto Medina Grateron, que siempre estuvo pendiente de los desarrollos significativos y avances de este proyecto y fue un apoyo incondicional a pesar de las múltiples adversidades.

A María Camila García Díaz, quien desde el primer instante en que llegué a Medellín, me abrió las puertas de su hogar y fue cómplice de muchas anécdotas en Los Laureles.

A Stephanie Quintero Parada, quien al momento de llegar a mi vida a pesar de la distancia de ese entonces se convirtió en mi más grande apoyo y me enseñó a poner la vida en orden así como el significado del fruto del esfuerzo propio.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander y a la empresa Industrias Metálicas CORSAN S.A. por haberme brindado la oportunidad de tener esta primera experiencia a nivel industrial, sobre todo al profesor Pedro Luis Delvasto, quien fue el que hizo el contacto con la empresa y me dio la oportunidad de hacer la práctica.

Agradezco muy especialmente a mi directora la Dra. Ana Emilse Coy Echeverría, quien me permitió trabajar de la mano de ella, que a pesar de los percances que siempre se presentaban, ella estuvo para darme su mano, ayudarme y corregirme en cada momento de la realización de este proyecto, así como al profesor Jaime Alberto Gonzales Gonzales por su constante asesoría a la hora de realizar la caracterización y los asertivos análisis de resultados y a los técnicos del laboratorio de metalografía, Juan Domingo Carreño Anaya y Sergio Andrés González Calderón.

Agradezco encarecidamente al equipo de ingenieros de Industrias Metálicas CORSAN, el ingeniero y gerente Luis Gabriel Cadavid, el ingeniero Juan Carlos Mesa, el ingeniero Leonardo Cortes y la ingeniera Elizabeth Franco, así como al departamento de calidad, todo el grupo de operarios de planta y toda la familia CORSAN, quienes en mi instancia en dicha empresa fueron un pilar fundamental en este proceso de aprendizaje

Contenido

	Pág.
Introducción	14
1. Antecedentes	15
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. Metodología	20
3.1 Selección de los puntos críticos de proceso	20
3.2 Caracterización metalográfica	20
3.2.1 Toma y preparación de las muestras	20
3.2.2 Análisis metalográfico	21
3.3 Determinación de las posibles causas de falla	21
3.4 Reevaluación del plan de inspección	22
4. Resultados	22
4.1 Selección de los puntos críticos del proceso	22
4.1.1 Materia prima	24
4.1.2. Producto en proceso	24
4.1.3 Producto terminado	25

4.2 Caracterización metalográfica	27
4.2.1. Materia prima.....	27
4.2.2 Análisis microestructural	32
4.2.3. Productos en proceso	36
4.2.4. Producto terminado.....	39
4.3 Determinación de las posibles causas de falla	40
4.3.1 Alambres brillantes	41
4.3.2 Alambres especiales.....	41
4.3.3 Porosidades	42
4.4 Reevaluación del plan de inspección	43
4.4.1. Objetivo.....	43
4.4.2. Alcance	43
4.4.3. Metodología.....	43
4.4.4. Auxiliar de calidad. Ingresar en el sistema el producto no conforme	45
4.4.5. Coordinador de Sección, Inspector de Calidad o Auxiliar	46
5. Conclusiones	46
Referencias bibliográficas.....	48
Apéndices.....	50

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Diagrama del proceso de trefilado para la fabricación de los alambres brillante, recocido y especial.....	23
<i>Figura 2.</i> Gráfico de alambres brillantes por referencia vs porcentaje de reclamaciones	25
<i>Figura 3.</i> Gráfico de alambres especiales por referencia vs porcentaje de reclamaciones.....	26
<i>Figura 4.</i> Diagrama esquemático de la selección de las muestras.....	27

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición química de alambrones AISI/SAE 1006.</i>	28
Tabla 2. <i>Composición química de alambrones AISI/SAE 1018 CHQ.</i>	29
Tabla 3. <i>Micrografías ópticas a 100X y 500X de la sección longitudinal de los alambrones AISI/SAE 1006, sin ataque metalográfico para análisis de inclusiones no metálicas.</i>	30
Tabla 4. <i>Inclusiones presentes en los alambrones AISI/SAE 1006</i>	31
Tabla 5. <i>Cuadro comparativo de inclusiones no metálicas en micrografías en tomas longitudinales a 100X y 500X de los alambrones AISI/SAE 1018 CHQ.</i>	31
Tabla 6. <i>Cuadro comparativo de grados de severidad de alambrones AISI/SAE 1018 CHQ.</i>	32
Tabla 7. <i>Microestructuras de la sección transversal de los alambrones AISI/SAE 1006 evaluados, suministrados por las diferentes empresas, tomadas a diferentes aumentos.</i>	33
Tabla 8. <i>Microestructura de la sección transversal de los alambrones AISI/SAE 1018 CHQ, Suministrados por las diferentes empresas, tomadas a diferentes aumentos.</i>	35
Tabla 9. <i>Micrografías a 500X de la sección longitudinal del alambraón AISI/SAE 1006 de P 550 antes y después de ser transformado al alambre brillante 420.</i>	37
Tabla 10. <i>Micrografías a 500X de la sección longitudinal del alambraón AISI/SAE 1006 de G 800 antes y después de ser transformado al alambre brillante 600.</i>	39

Tabla 11. *Micrografía tomada a 500X de la sección longitudinal del alambón AISI/SAE 1018 CHQ de G 550 antes y después de ser transformado al alambre especial 278.....* 40

Tabla 12. *Cuadro comparativo de muestras corroídas observadas en el microscopio óptico a 100X junto a las mismas muestras después de ser lijada y observada a100X.* 42

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Formatos	50

Resumen

Título: Evaluación microestructural de alambrones y alambres de acero procesados en la empresa industrias metálicas Corsan S.A.*

Autor: Rivero Meza, Nicolás**

Palabras claves: Alambres, trefilado, acero al carbono, calidad

Descripción

La empresa INDUSTRIAS METÁLICAS CORSAS S.A. ha venido presentando un plan de mejora continua para asegurar la más alta calidad de los productos que ahí se han venido fabricando. Dentro de este plan se proyectó hacer el seguimiento del producto desde la recepción de materia prima hasta la entrega del mismo. Por lo anterior, en el presente trabajo de grado se planteó realizar la evaluación microestructural de los aceros en las diferentes etapas del proceso, en el que se caracterizaron alambrones nacionales e importados, así como de productos en proceso y terminados. La preparación de las muestras se realizó bajo las normas ASTM y el análisis microestructural se realizó mediante microscopía óptica, determinando además el contenido de inclusiones no metálicas y el tamaño de grano. Los resultados obtenidos por microscopía se correlacionaron con los valores de dureza y de composición química que se encontraban en los certificados de calidad de las empresas proveedoras. A pesar de tener valores parecidos, a nivel microestructural tenía variaciones que al momento de hacer el análisis de dichos resultados permitió hacer la reevaluación del plan de inspección bajo normas internacionales estandarizadas dictadas por la ASTM y de esta forma hacer el control de calidad desde la materia prima que ingresa a la planta de producción, hasta la obtención del producto final y de esta forma cumplir con los requerimientos exigidos por el cliente.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Directora: Ana Emilse Coy Echeverría, Doctora en Ingeniería de Materiales. Codirectora: Elizabeth Franco Moreno, Ingeniera Industrial

Abstract

Title: Microstructural evaluation of steel wire rods and wires processed in the company industrias metalicas Corsas S.A.*

Author: Rivero Meza, Nicolas**

Keywords: Wires, wire drawing, carbon steel, quality

Description

The company INDUSTRIAS METÁLICAS CORSAS S.A. has been presenting a continuous improvement plan to ensure the highest quality of the products that have been manufactured there. Within this plan, it was planned to tracing the product from the receipt of raw material until the delivery of the same. Therefore, in the present degree work it was proposed to perform the microstructural evaluation of the steels in the different stages of the process, in which national and imported wire rods were characterized, as well as in process and finished products. The preparation of the samples was carried out under ASTM standards and the microstructural analysis was carried out by optical microscopy, determining also the content of non-metallic inclusions and the grain size. The results obtained by microscopy were correlated with the values of hardness and chemical composition that were found in the quality certificates of the supplying companies. Despite having similar values, at the microstructural level there were variations that at the time to do the analysis of these results made it possible to reevaluate the inspection plan under standardized international standards dictated by the ASTM and in this way to do the quality control from the raw material that enters the production plant, until the final product and the final product are obtained. This way comply with the requirements demanded by the client.

* Degree project

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Metallurgical Engineering and Materials Science. Director: Ana Emilse Coy Echeverría, PhD in Materials Engineering. Co-director: Elizabeth Franco Moreno, Industrial Engineer

Introducción

Industrias Metálicas Corsan S.A es una empresa de alto reconocimiento en el departamento de Antioquia, ubicada en la ciudad de Medellín, dedicada a la producción y comercialización de elementos derivados de alambrones de acero. Su proceso se enfoca en la trefilación de alambrones de distintos proveedores para producir una gran variedad de productos como alambres trefilados que son posteriormente conformados para producir tornillos, clavos, alambres de púas y otros tipos de alambres con procesos específicos destinados a clientes que los usan para fabricar otro tipo de productos. Para garantizar productos de la más alta calidad, es fundamental conocer la calidad de las materias primas que serán usadas para producir alambres y demás productos.

Industrias Metálicas Corsan S.A al ser una empresa que siempre busca ser competitiva en el mercado de productos elaborados a partir de alambrones de acero, se ha propuesto realizar un plan de mejora continua en cada una de sus líneas de producción y así garantizar que los productos realizados cumplan con los requerimientos de los clientes. Se consideró realizar un estudio de carácter metalográfico que permitiera determinar las características microestructurales y definir las condiciones de uso de los alambrones de acero (materia prima), así como a las referencias resultantes de dichos alambrones procesados en diferentes líneas y que requieren un mayor seguimiento por parte de la empresa.

1. Antecedentes

El trefilado es un proceso mediante el cual se fabrican alambres y consta en una serie de operaciones de estirado donde se fuerza al metal a pasar por una matriz o hilera mediante fuerzas de tracción al extremo del material. Este proceso suele hacerse en frío, pero en la operación se producen fuertes deformaciones que originan incrementos considerables de temperatura, aunque no suelen superar la temperatura de recristalización. (DIETER, pág. 568)

El trefilado se inicia con un alambroón enrollado que ha sido laminado en caliente. El alambroón se limpia por decapado para eliminar cualquier cascarilla que originaría defectos en el alambre de acero. La siguiente etapa consiste en recubrir el alambroón en cal que actúa como absorbente y portador de lubricante en el llamado estirado en seco y también actúa como neutralizante de los ácidos procedentes del decapado. En el estirado en seco los lubricantes suelen ser grasas o polvo de jabón. (ENRIQUEZ BERCIANO, 2010, págs. 78-80)

La mayoría de los alambrones de acero trefilados tienen un porcentaje de carbono menor del 0,20 %. Al ser trefilados en frío, éstos sufren un considerable aumento en la resistencia a la tracción, que depende del número de pasos al que haya sido sometido. Al aumentar el contenido en carbono y manganeso en el acero disminuye su conformabilidad y aunque pueden ser trabajados en frío, estos requieren de procesos de recocido durante el proceso. (Forming and Forging, 1993, pág. 630)

Dependiendo del tipo de metal o aleación y las reducciones a las que haya sido sometido, pueden ser necesarios varios tipos de tratamientos térmicos de recocido. En el caso de los alambres de acero con más de 0,25 % de carbono, éstos son sometidos a un tratamiento que

consiste en calentar hasta temperatura de austenización y enfriar en un baño con plomo, manteniendo a 300°C para transformarlo en una mezcla de perlita fina y bainita, esto se hace con el fin de mejorar sus propiedades para el trefilado. (VALENCIA GIRALDO, 2009, págs. 217-219)

Los alambrones al salir del tren de laminación se les forman una capa de óxido superficial, que antes de ser trefilados debe ser eliminada. Anteriormente se realizaba un decapado mediante un baño en ácido sulfúrico o clorhídrico, pero estos baños son altamente contaminantes, así que actualmente se hace es una remoción de tipo mecánico llamado decalaminado, el cual consiste en flectar el alambón al principio del proceso de deformación en múltiples direcciones. La eficiencia de este proceso está directamente ligado al tipo de óxido formado en la superficie del alambón, como es el caso del monóxido de hierro, que en altas concentraciones, y después de decalaminar el alambón, tiende a incrustarse en la matriz, favoreciendo así al rompimiento del acero durante la trefilación, por eso es importante determinar las condiciones operacionales de enfriamiento a la salida del laminador para que al momento de formar la capa de óxido no sea nociva para procesos posteriores que afecten la calidad del acero. (CAMURRI, CANDIA, & O., 2002, págs. 117-123)

A lo largo del proceso del trefilado es necesaria la combinación de varias fuerzas para que ocurra la deformación como lo son la fuerza de tiro y de roce. Esta fuerza combinada depende directamente de unas variables operativas que permiten alcanzar la fuerza necesaria para trefilar como son: el semiángulo de la hilera, porcentaje de reducción del alambre, límite elástico del material y la fricción generada entre el alambre y la hilera. (ARTIGAS & CORNEJO, 2009, págs. 35-41.)

Los problemas más frecuentes en el proceso de trefilado se asocian al estado de la hilera, la velocidad de trabajo y los semiángulos de entrada del alambón a la hilera. Otro factor a tener en cuenta durante el trefilado es que la deformación resultante del proceso no es homogénea ya que el flujo de material en la superficie es más considerable cuando se usan semiángulos mayores. (ARTIGAS & CORNEJO, 2009)

Entre los defectos más comunes a nivel superficial se encuentran los cortes (con pliegues, a 45°, por cono y copa.), los cuales destacan las fracturas y desgarros generados por incrustaciones en el alambón, variaciones en la geometría del alambón, mal decalaminado de este o mal alineación de las hileras en el sistema competo de trefilación. (ARTIGAS & CORNEJO, 2009)

También se encuentran las fracturas las cuales pueden estar asociadas a rayaduras excesivas, producidas ya sea por hileras mal preparadas, falta de lubricación o por procesos de soldadura donde el material queda mal esmerilado o mal cortado, debido a la pobre preparación previa para el proceso de fusión y mal tratamiento pos-soldadura. (ARTIGAS & CORNEJO, 2009).

En la actualidad, para los procesos de producción de Industrias Metálicas Corsan S.A., la materia prima (alambón) es suministrada por diferentes empresas siderúrgicas de diferentes calidades como los son los AISI/SAE 1006, 1008, 1012 y 1045. También utiliza alambrones, de calidades AISI/SAE 1018 CHQ (Cold Heading Quality), 1045 y 4340.

Corsan S.A. está dedicada a elaborar tres tipos básicos de alambres: i) alambre brillante, el cual se obtiene a partir del trefilado del alambón que pasa por un número n de pasos; ii) alambre recocido, que se obtiene a partir de un alambre brillante el cual es llevado a los hornos de campana para ser sometido a un tratamiento térmico de recocido con atmósfera controlada con nitrógeno; y iii) el alambre especial que consiste en alambres brillantes sometidos a recocido que son nuevamente trefilados.

La empresa destina los alambres trefilados a dos tipos de clientes: interno y externo. El interno es exclusivamente para el consumo interno de la planta, en donde se procesan los alambres para producir objetos derivados de los alambres tales como tornillos, puntillas y clavos, que posteriormente son templados o galvanizados, según sea el producto. También destina alambres para ser galvanizados en caliente, para luego ser transformados en alambres de púas. El externo son todas aquellas empresas de afuera que compran alambres trefilados que necesitan para transformarlos en otro tipo de objetos como lo son: tornillos, herrajes, parrillas, etc.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar mediante análisis metalográfico las características microestructurales de alambrones y alambres de acero procesados en la empresa Industrias Metálicas Corsan S.A.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir por medio del uso de análisis metalográfico la condición de uso de la materia prima, producto en proceso y producto terminado en dos líneas de proceso en Industrias Metálicas Corsan S.A.
- Identificar las posibles causas de falla de los alambres procesados basados en el análisis metalográfico.
- Reevaluar el plan de inspección existente en Corsan S.A. para enfocar el análisis principalmente en la calidad del alambraón y los alambres producidos en dos líneas de procesos seleccionadas.

3. Metodología

3.1 Selección de los puntos críticos de proceso

Con base al análisis de las problemáticas más frecuentes presentadas por los alambres y atendiendo a las reclamaciones de los clientes, en esta etapa se seleccionaron los puntos críticos de proceso en los que se tomaron las muestras para su evaluación microestructural.

3.2 Caracterización metalográfica

3.2.1 Toma y preparación de las muestras. Para esta etapa se tomaron tres muestras de alambre de cada punto crítico (materia prima, producto en proceso y producto terminado). Estas muestras fueron cortadas en secciones longitudinal y transversal, y posteriormente, para facilitar su manipulación, fueron encapsuladas utilizando una resina de metil-metacrilato de montaje en frío. Una vez montadas, las muestras se desbastaron con papel de carburo de silicio desde granulometría 80 a 2000 y posteriormente fueron pulidas con suspensiones acuosas de alúmina de 3, 1 μm , finalizando con una suspensión de sílice coloidal de 0,05 μm . Todo el procedimiento se realizó siguiendo la norma ASTM E3. (ASTM, 2015)

Con el fin de revelar la microestructura, las muestras pulidas fueron atacadas mediante inmersión, con el reactivo de ataque nital al 2%, por un tiempo aproximado de 10 segundos para los AISI/SAE 1018 CHQ y un tiempo de 30 segundos para los AISI/SAE 1006 y posteriormente

fueron lavadas con un chorro de agua, y secadas etanol y aire caliente. El procedimiento se realizó siguiendo las especificaciones establecidas por la norma ASTM E 407. (ASTM, 2015)

3.2.2 Análisis metalográfico. El análisis metalográfico se hizo con el fin de determinar contenido de inclusiones no metálicas, forma y distribución de las fases presentes, y tamaño de grano, tanto de la materia prima como del producto en proceso y terminado. Para esto se usó un microscopio Olympus GX71 el cual cuenta con diferentes objetivos que permiten la toma de imágenes desde 50X a 2000X, perteneciente a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.

Se hizo un análisis comparativo de las de inclusiones no metálicas que presentaron los alambres provenientes de las diferentes empresas. Para esto, las muestras fueron analizadas en la sección longitudinal, sin ataque y a 100X, siguiendo la norma ASTM E45. (ASTM, 2015)

Así mismo, se analizaron las características microestructurales de los diferentes aceros (fases y constituyentes) a diferentes aumentos, y finalmente se determinó el tamaño de grano mediante el método de comparación, utilizando una rejilla graduada acoplada al sistema óptico del microscopio. Este último procedimiento se hizo aplicando la norma ASTM E 112. (ASTM, 2015)

3.3 Determinación de las posibles causas de falla

Con base en los resultados obtenidos en la etapa anterior se hicieron los análisis de las posibles causas de falla que presentan los alambres y los alambres procesados. Además, se revisaron las condiciones de trabajo de los equipos y/o procesos que así lo requirieron.

3.4 Reevaluación del plan de inspección

Con base en los resultados obtenidos se planteó reevaluar el plan de inspección que permite realizar la detección de dicha defectología, si la hubiese, en las líneas de proceso seleccionadas, así como en la recepción de materias primas.

4. Resultados

4.1 Selección de los puntos críticos del proceso

Como se mencionó en el apartado de antecedentes, Industrias Metálicas Corsan fabrica tres tipos de alambres: brillante, recocido y especial. La Figura 1 muestra las etapas del proceso de trefilado para cada tipo de alambre, desde la recepción de materia prima hasta la producción de cada uno de estos alambres.

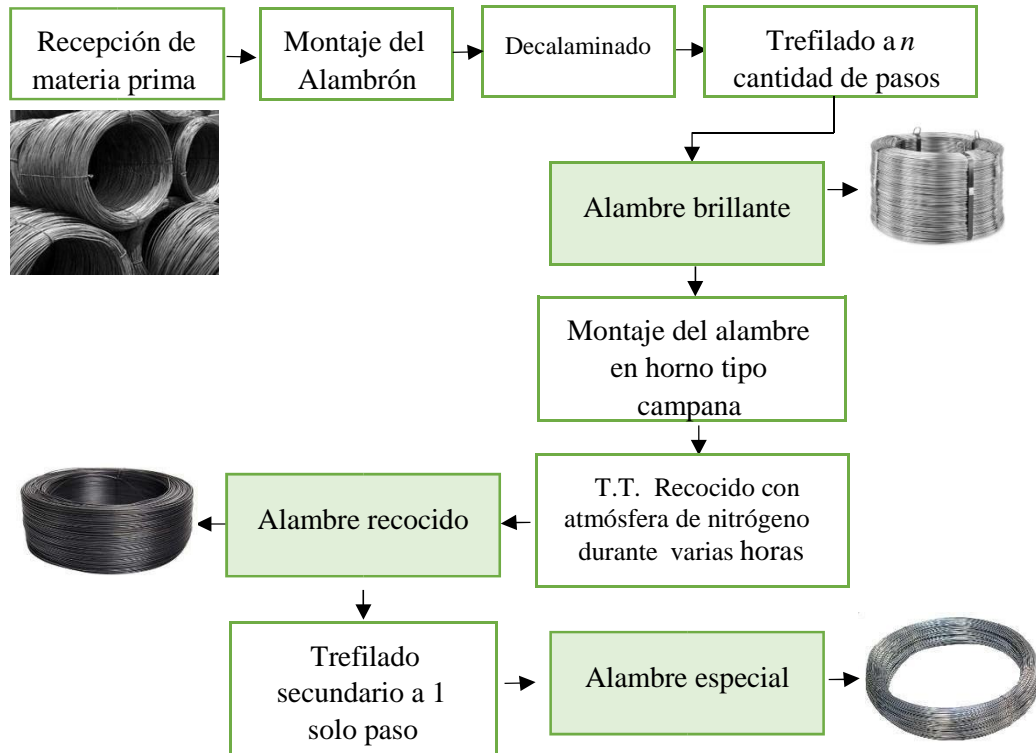


Figura 1. Diagrama del proceso de trefilado para la fabricación de los alambres brillante, recocido y especial.

Revisando los diagramas de procesos de producción de la planta, se seleccionaron como puntos críticos: i) la recepción de la materia prima, para conocer el estado de suministro de los alambres; ii) producto en proceso, alambre brillante, parte del cual, según su programación, es destinado para la fabricación de alambres especiales; y iii) como productos terminados se tienen los alambres especiales.

4.1.1 Materia prima. Los alambres evaluados fueron los procedentes de las empresa **P** AISI/SAE 1006, **K** en calidades AISI/SAE 1006 y AISI/SAE 1018 CHQ, **H** AISI/SAE 1018 CHQ, y **G** AISI/SAE 1006 y AISI/SAE 1018 CHQ.

4.1.2. Producto en proceso. Los alambres procesados fueron seleccionados con base en los resultados de la Figura 2, en los que se tuvo en cuenta las referencias que más impacto generaron al interior del proceso, durante el primer semestre del 2016. Dada la variedad de referencias se optó por el brillante 600 C4 y brillante 420 C8, debido a que al momento de hacer el muestreo eran las referencias más producidas en ese momento.

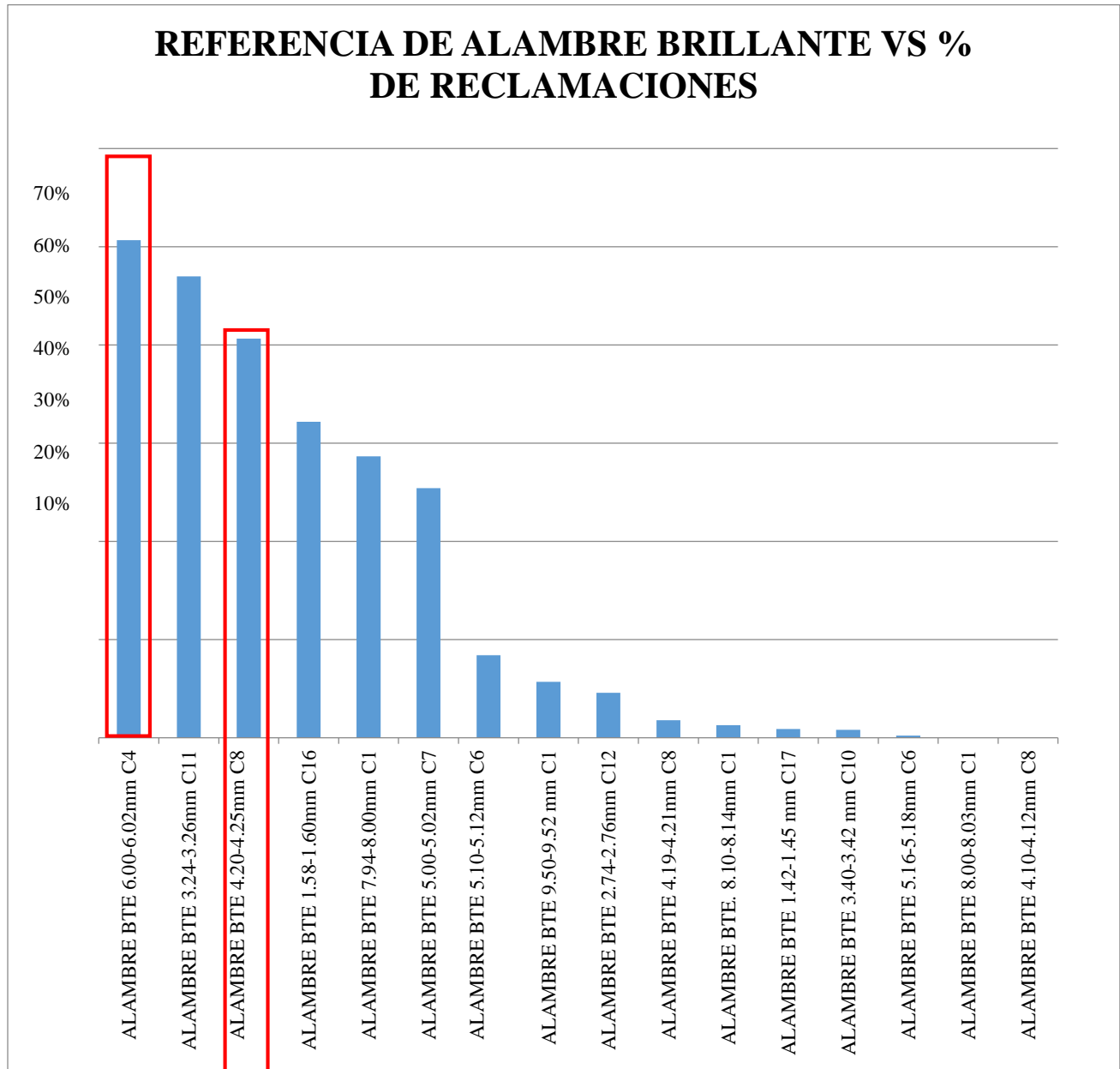


Figura 2. Gráfico de alambres brillantes por referencia vs porcentaje de reclamaciones

4.1.3 Producto terminado. El alambre terminado fue seleccionado con base en los resultados de la Figura 3, en los que se tuvo en cuenta la referencia que más generó impacto interno durante el primer semestre del 2016, el cual fue el alambre CHQ 278.

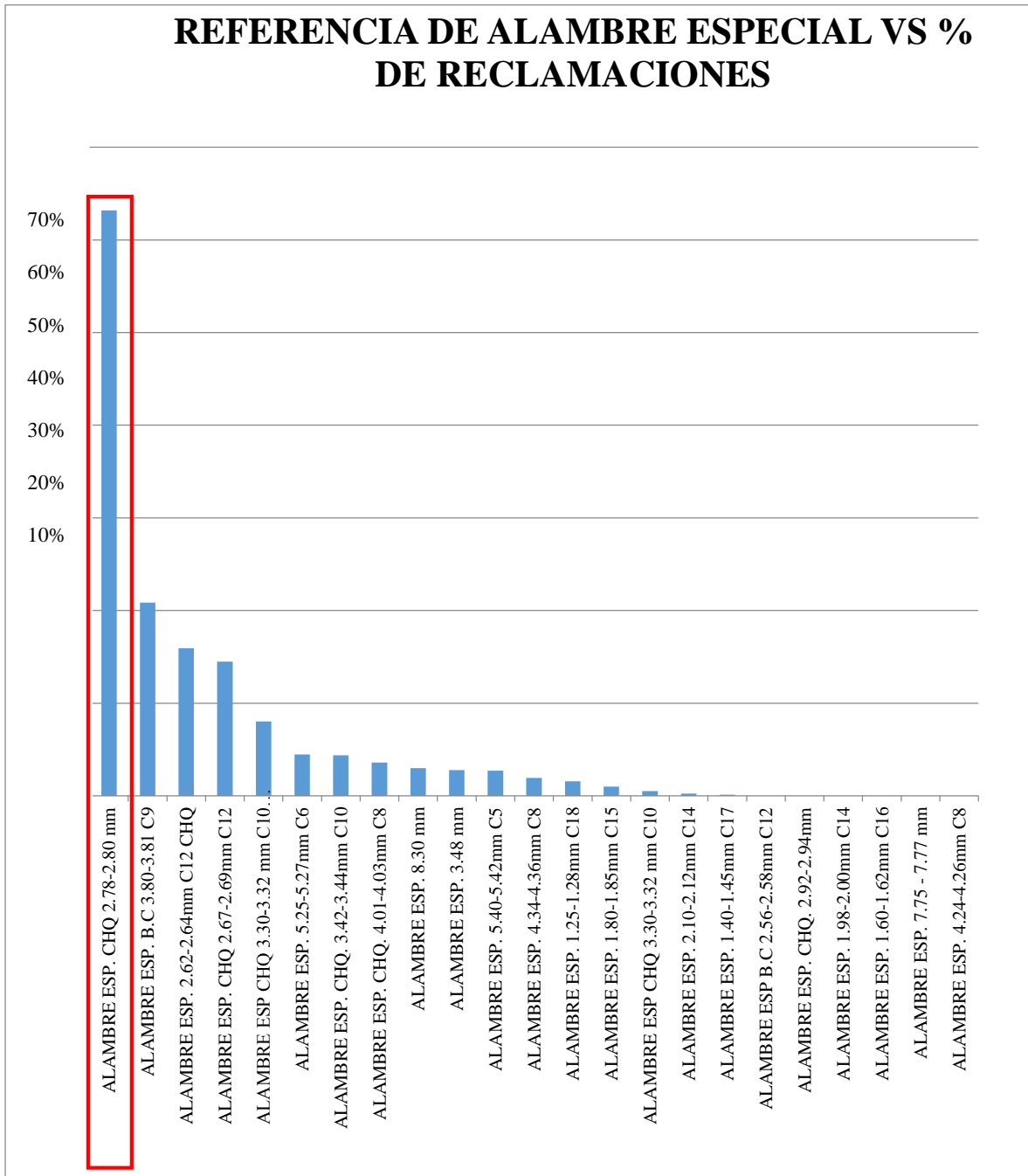


Figura 3. Gráfico de alambres especiales por referencia vs porcentaje de reclamaciones

En la Figura 4 se muestra de forma esquemática los aceros evaluados, seleccionados de cada etapa del proceso de trefilación, desde la recepción de materia prima hasta el producto terminado.

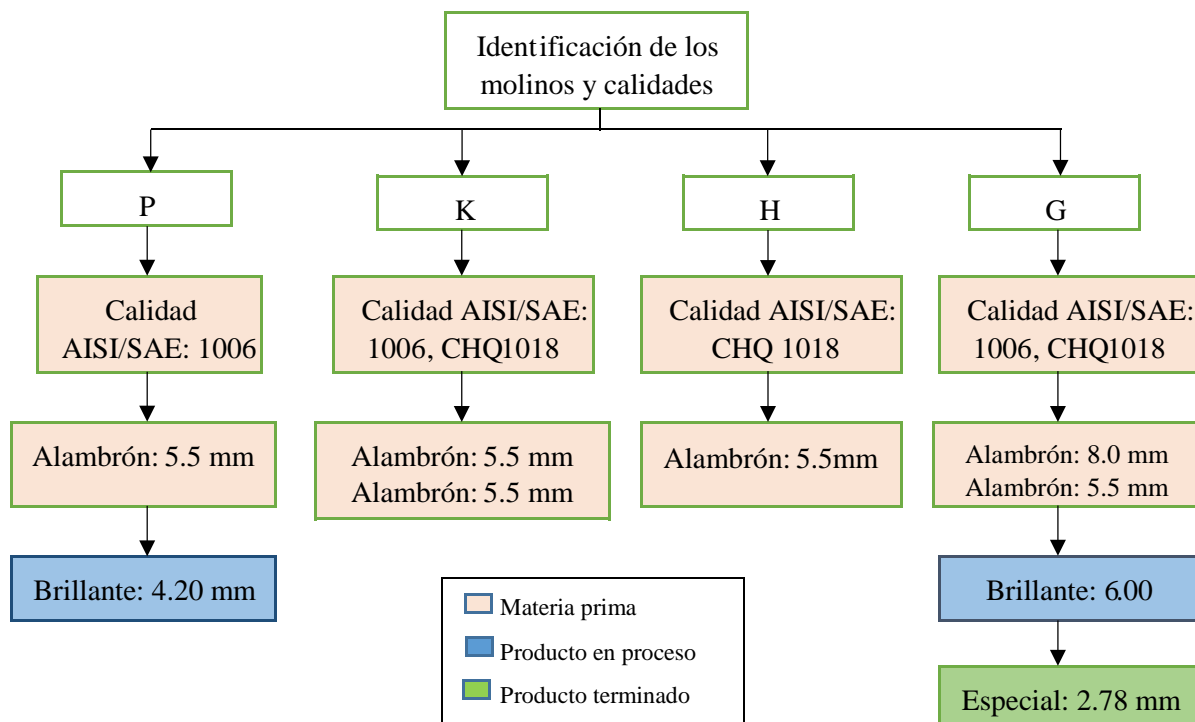


Figura 4. Diagrama esquemático de la selección de las muestras.

4.2 Caracterización metalográfica

4.2.1. Materia prima. Antes de la caracterización metalográfica se hizo necesario analizar la composición química de los alambres suministrados por las diferentes empresas proveedoras con el fin de establecer si había variaciones significativas en la composición.

4.2.1.1. Composición química. En las Tablas 1 y 2 se muestra de forma comparativa los valores de composición química de los alambres; los datos fueron tomados de los respectivos certificados de calidad de cada uno de los proveedores. Estos valores fueron comparados con los valores nominales establecidos por la norma ASTM A510: Requerimientos generales para alambres y alambre redondo grueso de acero al carbono. (ASTM , 2003)

Tabla 1.

Composición química de alambres AISI/SAE 1006.

<i>Molino</i>	<i>%C</i>	<i>%Mn</i>	<i>%P</i>	<i>%S</i>	<i>%Si</i>
<u>P</u>	0.07	0.33	0.015	0.014	0.08
<u>G</u>	0.04	0.30	0.013	0.007	0.06
<u>K</u>	0.035	0.29	0.015	0.011	0.02
Nominal	0.08 Max	0.25-0.40	0.040 Max	0.050 Max	-

Como se puede observar en la Tabla 1, el alambre AISI/SAE 1006 de **P** presenta un porcentaje de carbono más elevado, casi el doble, con respecto a los que tienen **G** y **K**. Así mismo, el contenido en azufre de los alambres **P** llega a ser el doble de los de **G**, mientras que el porcentaje de manganeso y fósforo se mantiene casi igual entre los tres. Destaca el bajo contenido de silicio en **K** con respecto a los otros dos. A pesar de las variaciones encontradas, los porcentajes dados por cada uno de los proveedores se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma ASTM A510, por lo que cumplen con los estándares de composición química.

Tabla 2.

Composición química de alambrones AISI/SAE 1018 CHQ.

<i>Molino</i>	<i>%C</i>	<i>%Mn</i>	<i>%P</i>	<i>%S</i>	<i>%Si</i>
<u>G</u>	0.17	0.66	0.023	0.006	0.20
<u>H</u>	0.18	0.42	0.005	0.005	0.06
<u>K</u>	0.18	0.70	0.015	0.002	0.04
<i>Nominal</i>	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040 Max	0.050 Max	-

Con relación a los alambrones de acero AISI/SAE 1018 CHQ, los tres poseen prácticamente los mismos contenidos de carbono (Tabla 2), y se encuentran por debajo límite superior establecido por la norma. Por otro lado, se destaca el alambón de **H** por tener niveles de manganeso y fósforo mucho menores que los de **G** y **K**. Así mismo, el alambón de acero de **K** posee los niveles más bajos de azufre y silicio de todos. Llama la atención también las bajas concentraciones de fósforo y azufre de aceros de los tres proveedores. En general, las composiciones entre los tres alambrones AISI/SAE1018 CHQ son muy variantes entre ellos a excepción del carbono, pero todos ellos se encuentran dentro de las especificaciones establecidas en la norma, excepto el manganeso del alambón de **H** que está en un 0,18 % por debajo.

4.2.1.2. Análisis de inclusiones no metálicas. En la Tabla 3 se presentan las micrografías representativas tomadas mediante microscopía óptica, de los aceros AISI/SAE 1006 suministrados por las diferentes empresas. Se puede observar a 100X la presencia, en general, de un bajo contenido de inclusiones no metálicas, entre las que se encuentran óxidos, sulfuros y algún silicato. El análisis de las mismas, en el que se incluye el grado de severidad y la serie, calculados mediante la norma ASTM E45, se recoge en la Tabla 4. Se evidencia que el alambón

de P presenta un mayor contenido de inclusiones no metálicas en las que se destacan óxidos finos y alúminas, así como un pequeño número de sulfuros y silicatos gruesos. Los alambres de G y P revelaron un contenido muy pequeño de óxidos, así como de silicatos con respecto a lo observado en las muestras de P.

Tabla 3.

Micrografías ópticas a 100X y 500X de la sección longitudinal de los alambres AISI/SAE 1006, sin ataque metalográfico para análisis de inclusiones no metálicas.

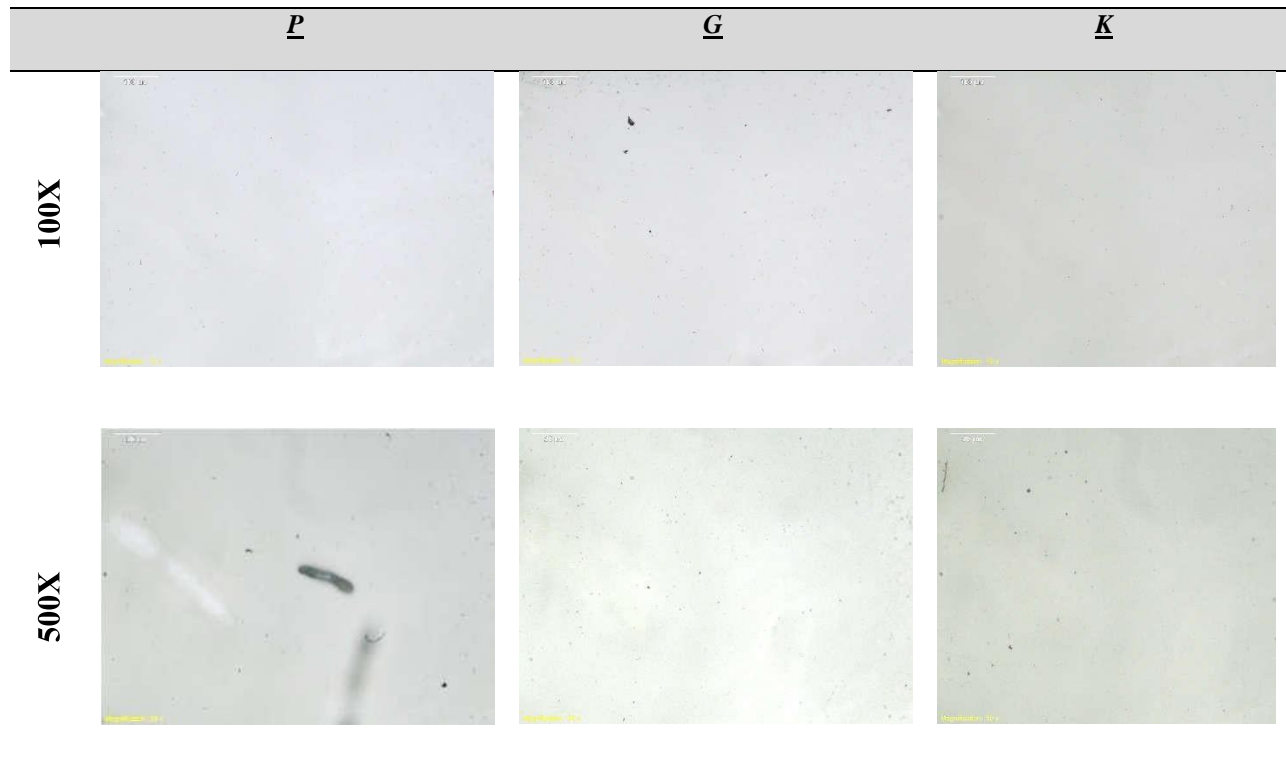


Tabla 4.

Inclusiones presentes en los alambrones AISI/SAE 1006

<i>Molino</i>	<i>Sulfuros</i>		<i>Alúminas</i>		<i>Silicatos</i>		<i>Óxidos</i>	
	F	G	F	G	F	G	F	G
<u>P</u>	0	1	1 1/2 / 2 1/2	1/2	0	1	2/2 1/2 /3	0
<u>G</u>	0	0	0	1/2	1/2	0	2	1/2
<u>K</u>	0	0	1/2	0	0	0	1 1/2	0

F: serie fina, G: serie gruesa

En el caso de los alambrones de acero AISI/SAE 1018 CHQ, los de **G** y **H** evidenciaron los mismos grados de severidad de silicatos así como una pequeña variación de óxidos con respecto a los de **K**; sin embargo, el alambroón de **H** fue el que reveló mayor variedad de inclusiones, así como mayor presencia en cuanto a la serie gruesa de éstas. **K** mostró ser el acero con menor contenido de inclusiones, revelando únicamente óxidos. El grado de severidad y la serie se recogen en la Tabla 5. En general, se podrían considerar aceros con un buen grado de pureza.

Tabla 5.

Cuadro comparativo de inclusiones no metálicas en micrografías en tomas longitudinales a 100X y 500X de los alambrones AISI/SAE 1018 CHQ.




	<u>G</u>	<u>H</u>	<u>K</u>
100X			

Tabla 5. *Continuación*

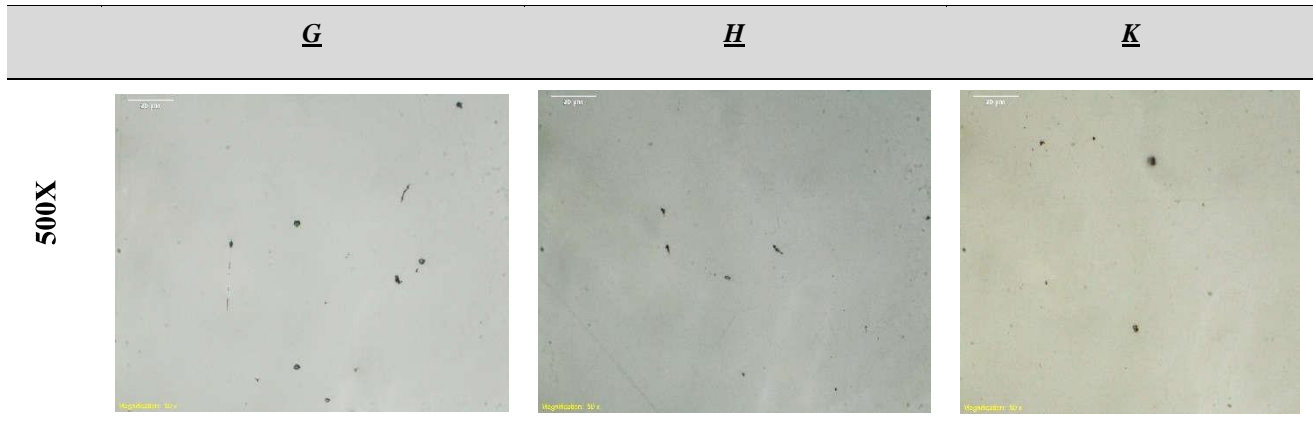


Tabla 6.

Cuadro comparativo de grados de severidad de alambrones AISI/SAE 1018 CHQ

<i>Molino</i>	<i>Sulfuros</i>		<i>Alúminas</i>		<i>Silicatos</i>		<i>Óxidos</i>	
	F	G	F	G	F	G	F	G
G	0	0	1	0	½	0	0	1 ^{1/2}
H	0	0	1 ^{1/2}	1 ^{1/2}	½	0	1 ^{1/2}	0
K	0	0	0	0	0	0	1 ^{1/2}	½

F: serie fina, G: serie gruesa

4.2.2 Análisis microestructural. En la Tabla 7 se presentan las micrografías de los alambrones de acero AISI/SAE 1006 suministrados por los tres proveedores, tomadas mediante microscopía óptica a diferentes aumentos.

Se puede observar una microestructura típica de este tipo de aceros constituida mayoritariamente por ferrita y presencia de pequeñas colonias de perlita distribuidas en el límite de grano. Se evidencia una mayor presencia de perlita en los aceros suministrados por la empresa **P** y **G**, comparados con los aceros de **K** en los que apenas y se alcanza a apreciar la perlita 1000X. Estos resultados se correlacionan con los porcentajes en carbono presentes en el material, dado que los alambrones de **P** contienen el doble del porcentaje de este elemento

comparado con los de **K**. Las durezas medidas en escala de dureza Rockwell B dieron un valor promedio para **P** de 53 HRB, para **G** fue de 45 HRB y para **K** fue de 44 HRB. Estos niveles de dureza estarían relacionadas con los contenidos de carbono y con la resistencia mecánica de los aceros. En relación al tamaño de grano, todos los aceros presentaron un tamaño de grano #8.

En la Tabla 8 se presenta de forma comparativa las micrografías de los alambrones de acero AISI/SAE 1018 CHQ suministrados por los tres proveedores, tomadas mediante microscopía óptica a diferentes aumentos. Como era de esperarse, estos aceros están constituidos por ferrita, en mayor proporción, y perlita.

Tabla 7.

Microestructuras de la sección transversal de los alambrones AISI/SAE 1006 evaluados, suministrados por las diferentes empresas, tomadas a diferentes aumentos.

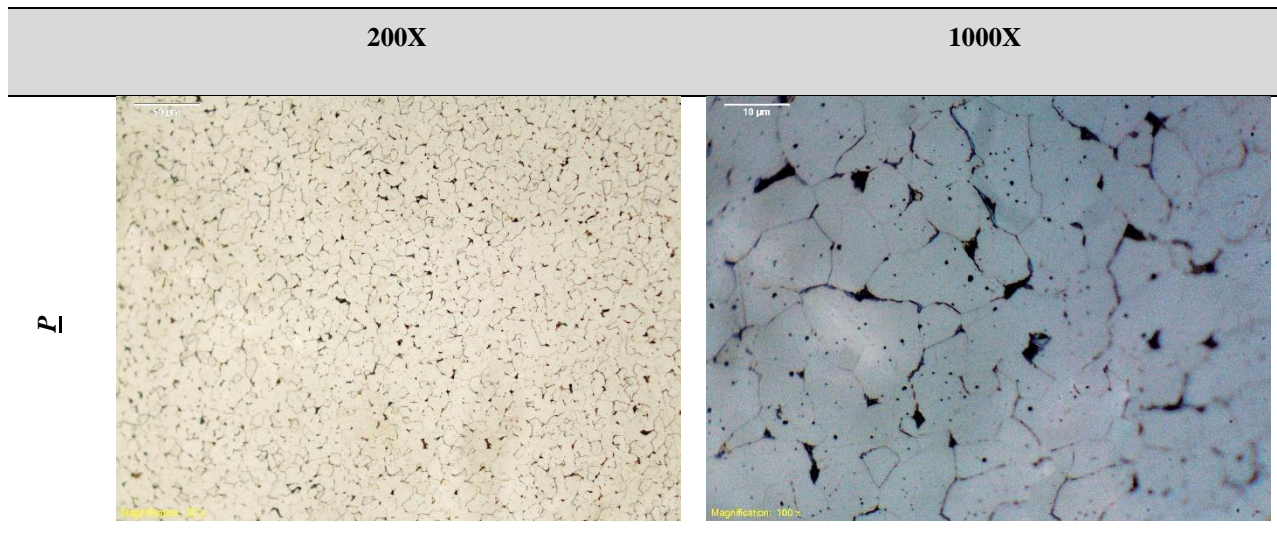


Tabla 7. *Continuación*


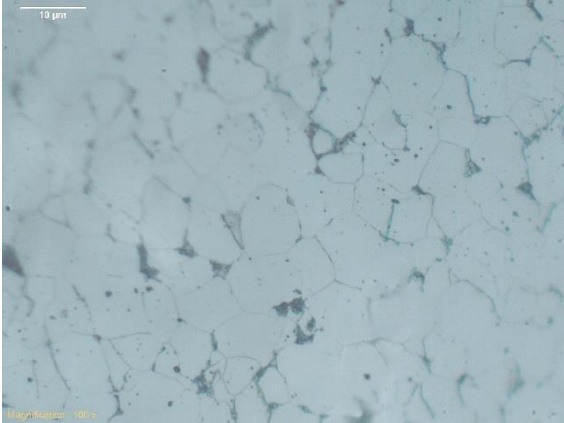

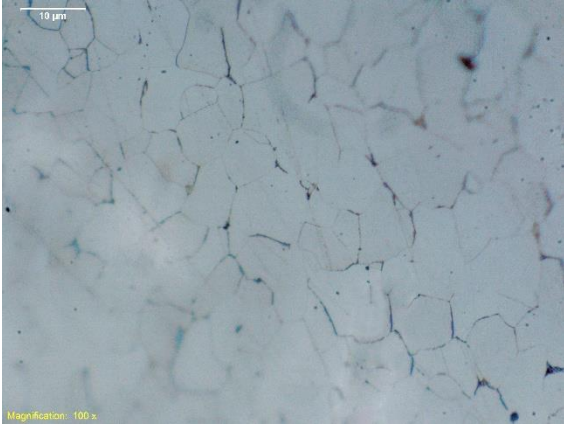
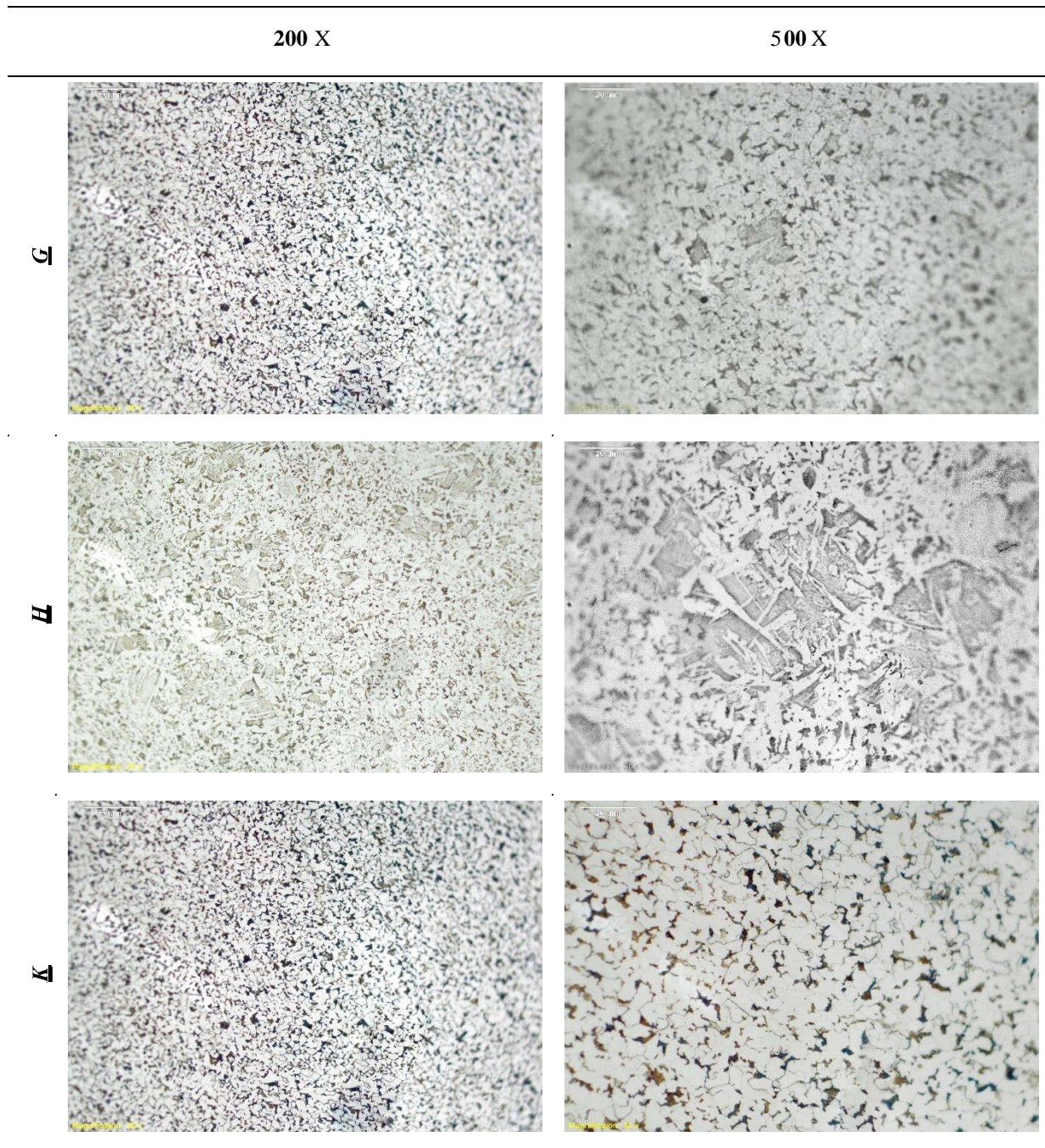
	200X	1000X
G		
K		

Tabla 8.

Microestructura de la sección transversal de los alambrones AISI/SAE 1018 CHQ, Suministrados por las diferentes empresas, tomadas a diferentes aumentos.



La microestructura revela el proceso de normalizado que sufrieron este tipo de alambres como resultado del proceso de fabricación. Es importante destacar la presencia de ferrita Widmstätten, en especial en el alambre **H**. Esto hace pensar que las temperaturas a las que se llevó este acero fueron muy elevadas y que se generó un enfriamiento rápido, dando como resultado esta estructura de tipo adifusional. Este tipo de estructura podría ocasionar en el acero una mayor resistencia y disminuir en cierta forma la ductilidad requerida para el proceso de trefilación. Los alambres de **K**, por su parte, presentaron la microestructura más homogénea de los tres aceros AISI/SAE 1018 CHQ. Las durezas medidas en escala de dureza Rockwell B dieron un valor promedio para los aceros de G de 54 HRB, para **H** fue de 61 HRB y para **K** fue de 55 HRB. A pesar de que estos aceros prácticamente tienen el mismo contenido de carbono, las microestructuras adifusionales ejercen su influencia sobre la dureza, haciendo que esta varíe en especial en la que está presente la ferrita Widmstätten. En relación al tamaño de grano, todos los aceros presentaron un tamaño de grano fino #8.

4.2.3. Productos en proceso. Para esta parte se analizaron los alambres que fueron trefilados desde el alambre reduciendo su diámetro y que se clasifican como productos en proceso, estos son los alambres brillantes. En este caso son el brillante 420 de **P** y el brillante 600 de **G**.

4.2.3.1. Alambre brillante 420 de P. En la Tabla 9 al lado izquierdo se presentan las micrografías longitudinales del alambre de acero AISI/SAE 1006 de **P** con un diámetro de 5.50 milímetros, tomadas mediante microscopía óptica a diferentes aumentos en su estado de suministro y al lado derecho se presentan las micrografías del mismo alambre que fue trefilado

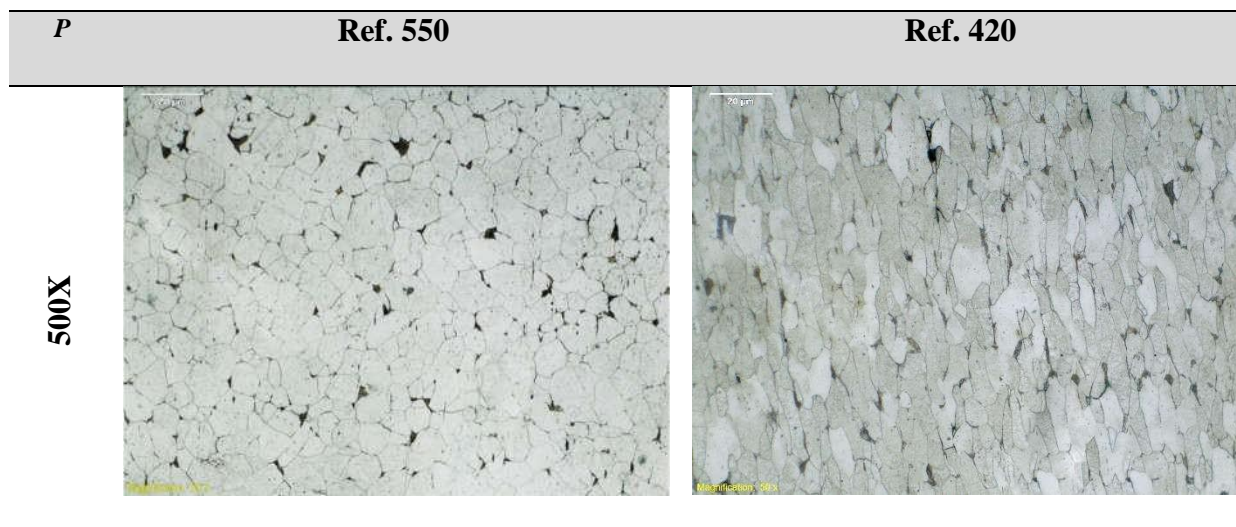
para ser reducido y transformado a un alambre brillante con un diámetro nuevo de 4.20 milímetros.

Se puede observar cómo la microestructura trefilada presenta una textura fibrosa debido a la deformación que sufren los granos en el material metálico. Estos granos se alargan en la dirección paralela al eje del alambre, el cual es generado por una bobina donde está amarrado el alambre y lo hace pasar por una hilera de acero con núcleo de tungsteno. El cálculo del porcentaje de trabajo en frío del alambón reveló que éste sufrió una deformación de 41,69%, como se muestra a continuación:

$$\text{Porcentaje de trabajo en frío} = \frac{\left(\pi * \frac{5.50^2}{4} \right) - \left(\pi * \frac{4.20^2}{4} \right)}{\left(\pi * \frac{5.50^2}{4} \right)} \times 100 = 41.69\%$$

Tabla 9.

Micrografías a 500X de la sección longitudinal del alambón AISI/SAE 1006 de P 550 antes y después de ser transformado al alambre brillante 420.



4.2.3.2. Alambre brillante 600 de G. En la Tabla 10 al lado izquierdo se presentan las micrografías longitudinales del alambraón de acero AISI/SAE 1006 de G con un diámetro de 8.00 milímetros, tomadas mediante microscopía óptica a diferentes aumentos en su estado de suministro y al lado derecho se presentan las micrografía del mismo alambraón que fue trefilado para ser reducido y transformado a un alambre brillante con un diámetro nuevo de 6.00 milímetros.

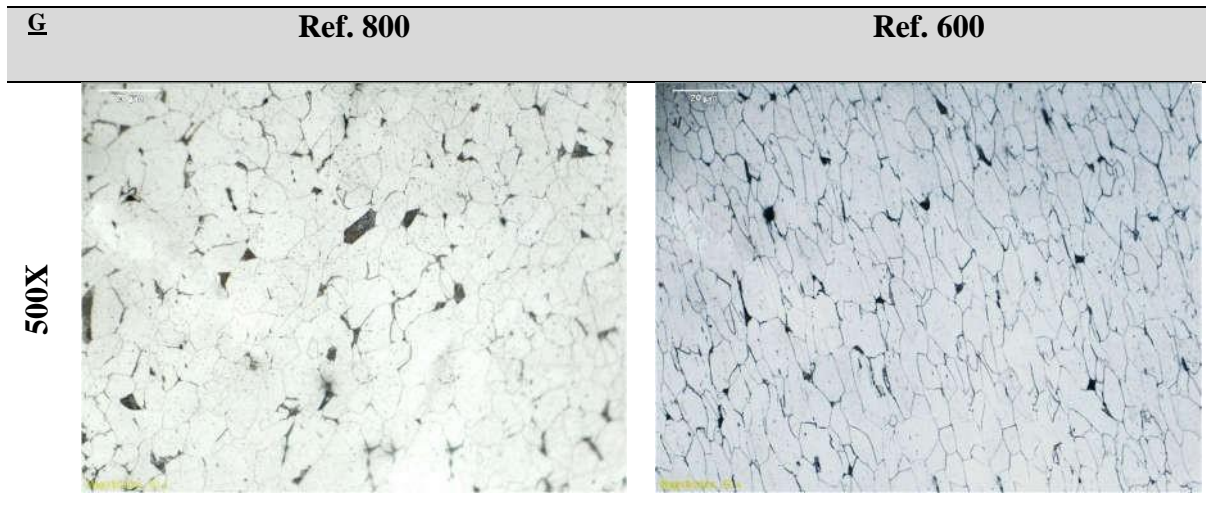
Al igual que el alambraón de P, se puede observar la orientación preferencial típica de la microestructura que se genera al trefilar el acero; sin embargo, en este caso la textura es ligeramente más fina. Esto se encuentra asociado a que el porcentaje de trabajo en frío sufrido por este acero es ligeramente mayor dando un valor de 43,75%, como se muestra a continuación.

$$\text{Porcentaje de trabajo en frío} = \frac{\left(\pi * \frac{8.00^2}{4} \right) - \left(\pi * \frac{6.00^2}{4} \right)}{\left(\pi * \frac{8.00^2}{4} \right)} \times 100 = 43.75\%$$

Las durezas medidas en escala de dureza Rockwell B dieron un valor promedio para el brillante 420 de P de 87 HRB y para el brillante 600 de G de 88 HRB. Al comparar los porcentajes de trabajado en frío con las durezas obtenidas de los alambres trefilados obtenemos una relación directa de que a mayor porcentaje de trabajo en frío, mayor dureza se obtendrá, esto se corrobora al comparar las texturas de los alambres deformados al ver cual presenta mayor grado de deformación.

Tabla 10.

Micrografías a 500X de la sección longitudinal del alambroón AISI/SAE 1006 de \underline{G} 800 antes y después de ser transformado al alambre brillante 600.



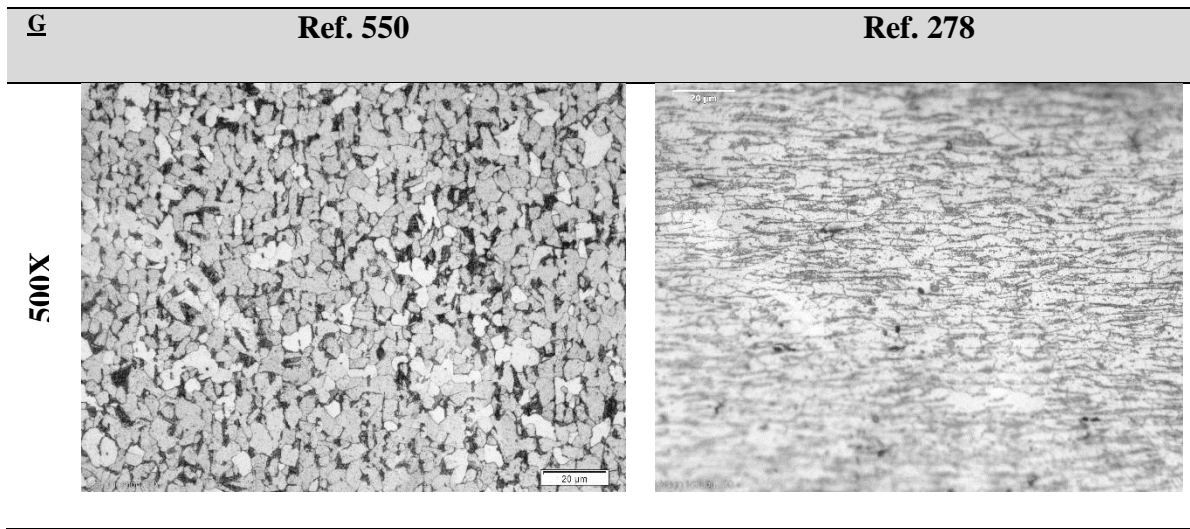
4.2.4. Producto terminado. Para obtener alambres delgados con una resistencia mecánica por debajo de la que tienen los alambres brillantes, pero mayor a la que tiene un alambre recocido y con buen acabado superficial se obtienen los alambres especiales, los cuales siguen una larga trazabilidad en el proceso de fabricación desde el alambroón, pasando por el alambre brillante que es recocido y finalmente trefilado nuevamente.

4.2.4.1. Alambre especial CHQ 278 de \underline{G} . En la Tabla 11 al lado izquierdo se presentan las micrografías longitudinales del alambroón de acero AISI/SAE 1018 CHQ de \underline{G} con un diámetro de 5.50 milímetros, tomadas mediante microscopía óptica a diferentes aumentos en su estado de suministro y al lado derecho se presentan las micrografía del mismo alambroón que fue trefilado, sometido a tratamiento térmico y nuevamente trefilado para ser reducido y transformado a un alambre especial con un diámetro nuevo de 2.78 milímetros.

Se puede observar en la microestructura del alambón colonias de perlita distribuidas en los límites de grano de la matriz de ferrita. Cuando el alambón es deformado en frío los granos se deforman en dirección del flujo plástico, esto produce un aumento en la densidad de dislocaciones, haciendo que aumente su resistencia mecánica.

Tabla 11.

Micrografía tomada a 500X de la sección longitudinal del alambón AISI/SAE 1018 CHQ de G 550 antes y después de ser transformado al alambre especial 278.



4.3 Determinación de las posibles causas de falla

Los resultados de la indagación permitieron determinar que los problemas más frecuentes que tenían con los alambres eran los siguientes:

4.3.1 Alambres brillantes. El problema que presenta este tipo de alambres es que los que tienen un mayor número de reducciones se re endurecían más de lo que debería por la deformación total sufrida por el alambón.

En relación a este caso el análisis de la materia prima permitió ver diferencias apreciables. En los alambrones de acero AISI/SAE 1006 se determinó que los procedentes de P tendían a presentar fallas. Comparando su composición química es la que mayor contenido de carbono presenta en relación con los alambrones suministrados por los otros proveedores, a pesar de tener valores dentro del rango nominal de la norma ASTM A510, esto la hace más difícil para trabajar dado que presentan mayor valor de dureza. En cuanto a las inclusiones no metálicas mediante el cálculo de severidad se demuestra que presenta la mayor variedad y cantidad de inclusiones.

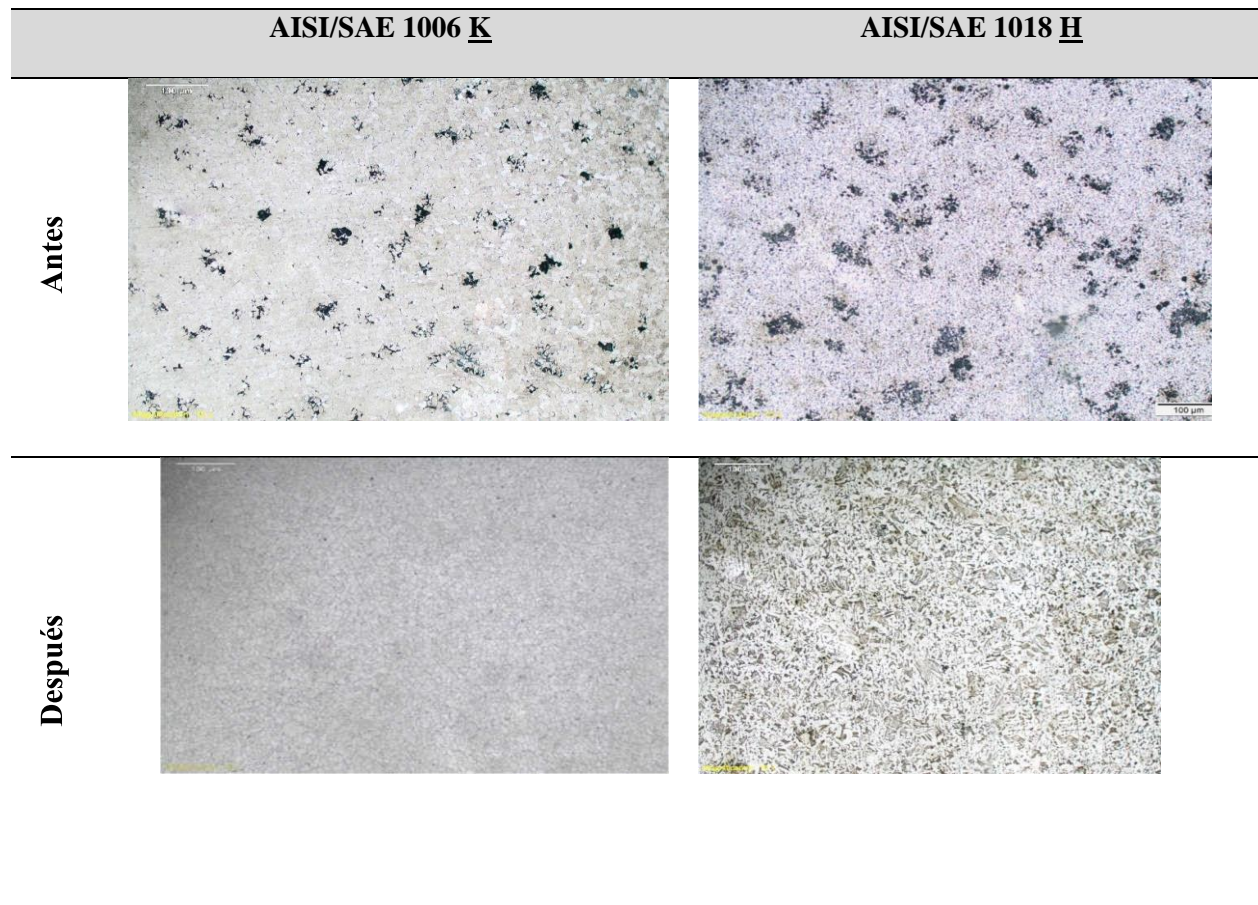
4.3.2 Alambres especiales. Estos alambres sólo presentan problemas de apariencia cuando alambres recocidos con cierto grado de oxidación son usados para producir alambres especiales.

En cuanto a los CHQ 278, el análisis químico, y metalográfico tanto de materia prima como del producto terminado no arrojaron nada que esté por fuera de lo normal en cuanto a la constitución de este material, por lo tanto este estudio no tiene el suficiente alcance para determinar con exactitud las problemáticas que presentan dichos alambres. Analizando la teoría que podría abordar los problemas sobre el aumento en la resistencia a la tracción se podría sospechar que el material en un principio sufre de procesos secundarios de endurecimiento, pero dados los porcentajes de los elementos constitutivos de los aceros utilizados esto no es factible, sobre todo por el contenido de carbono.

4.3.3 Porosidades. En cuanto a lo descrito por la empresa y clientes externos sobre las porosidades, durante el desarrollo de este proyecto se evidenció que los poros que se encuentran en los alambres son el producto de un procesos de corrosión por picadura como se puede observar en la Tabla 12, donde se hace una comparación de un acero de **K** y uno de **H** sobre cómo se ven los materiales al oxidarse y luego como se ven después de un adecuado lijado con papel de desbaste.

Tabla 12.

Cuadro comparativo de muestras corroídas observadas en el microscopio óptico a 100X junto a las mismas muestras después de ser lijada y observada a100X.



4.4 Reevaluación del plan de inspección

En busca de una alta competitividad en el mercado nacional e internacional la calidad es un factor fundamental para que las empresas destaquen, por eso es de vital importancia conocer la totalidad de las características y propiedades de las materias primas que se van a ser usadas para su transformación. Este plan de inspección plantea la importancia de conocer la microestructura de los alambres ya que solo con conocer su composición química no se evidencia su estado de suministro. Para que este plan de inspección sea efectivo se plantea que su ejecución sea realizada bajo normas estandarizadas internacionales, como las dictadas por la ASTM para lograr una mayor competitividad y recertificar el sello de calidad dictaminado por Icontec.

4.4.1. Objetivo. Realizar auditoría de inspección y verificación de las materias primas que ingresan a la planta.

4.4.2. Alcance. Aplica para todas las materias primas que durante la auditoría de verificación no cumplen con ciertos parámetros determinados tales como: altos niveles de carbono para los AISI/SAE 1006 para determinados procesos, altos niveles de inclusiones no metálicas como óxidos y silicatos, alto grado de corrosión del alambres

4.4.3. Metodología.

Auditoría de verificación e inspección de materia prima AISI/SAE 1006.

La verificación se hará en base de las normas internacionales dictadas por la ASTM (American Society for Testing and Materials), cuyos procedimientos estandarizados se logran obtener los estándares máximos de calidad.

4.4.3.1. *Certificados de calidad:* En primera instancia se debe obtener toda la información sobre las composiciones químicas con las que llegan los lotes de alambres.

4.4.3.2. *Recolección de muestras:* Teniendo en cuenta la cantidad de los lotes que se reciben, es importante clasificar las diferentes calidades AISI/SAE que llegan, así como los números de colada para poder tomar un número representativo de muestras. Se recomiendan que sean entre 3 y 5 para cada sección (longitudinal y transversal), según el lote a inspeccionar.

4.4.3.3. *Montaje de muestras:* Se realizarán como lo indica la norma ASTM E3.

4.4.3.4. *Desbaste y pulido:* Siguiendo con la norma ASTM E3 el desbaste se debe hacer con papel de carburo de silicio que abarca la granulometría de 80 hasta 1200, para una mayor efectividad en la eliminación de rayas se puede llegar hasta la serie 2000. El pulido es recomendado hacerlo de forma manual en un plato rotatorio a 180 RPM con un paño de pulido de fibras intermedias (3 μm) o de pelo medio y como medio lubricante hacerlo con alúmina (Al_2O_3) suspendida en agua, pero para mayor efectividad en la eliminación de rayas y revelación de inclusiones no metálicas, se recomienda usar pasta de diamante para el proceso de pulido.

4.4.3.5. Análisis de inclusiones no metálicas: Siguiendo la norma ASTM E45 las muestras longitudinales que fueron debidamente desbastas y pulidas se analizan mediante microscopía óptica a 100X para calcular el grado de severidad de inclusiones no metálicas.

4.4.3.6. Ataque de las muestras: Dado a que se emplean aceros al carbono, el ataque debe ser realizado según la norma ASTM E407, con nital al 2% para las muestras transversales con el fin de revelar las fases y el tamaño de grano. Los tiempos de ataque varían según el porcentaje de carbono que tenga la muestra, entre más contenido de carbono, menor tiempo de ataque. Para los AISI/SAE 1006 el tiempo aproximado es de 30 segundos, mientras que para los AISI/SAE 1018 CHQ el tiempo es de 10 segundos aproximadamente, la muestra debe ser lavada inmediatamente con alcohol y luego secada en aire caliente.

4.4.3.7. Determinación del tamaño de grano: Se debe hacer según la norma ASTM E112, donde se miran utilizando una rejilla graduada acoplada al sistema óptico del microscopio que compara los distintos tamaños de grano que pueda haber. El tamaño aceptable debe estar entre el #7 y el #8, con una tolerancia permisible de #6 para todas las materias primas.

4.4.4. Auxiliar de calidad. Ingresa en el sistema el producto no conforme. El inspector de calidad o coordinador de sección ingresa la no conformidad al sistema de mejora para facilitar el control del Sistema de Gestión de Calidad.

4.4.5. Coordinar de Sección, Inspector de Calidad o Auxiliar. Presenta un informe mensual al Gerente de Planta sobre las no conformidades presentadas durante el período.

5. Conclusiones

- Se evaluaron mediante análisis metalográfico las características microestructurales de los alambrones AISI/SAE 1006 de P, G, K y AISI/SAE 1018 CHQ de K, H y G así como los alambres procesados como los brillantes 420, 600 y especial CHQ 278. En el caso de los alambrones de P se encontró que poseen un alto contenido de carbono, así como de inclusiones no metálicas comparado con G y K, donde este último resultó ser el más libre de impurezas. En cuanto a los 1018 CHQ las muestras del alambón de H revelaron una microestructura de ferrita Widmanstätten muy marcada, así como una porción pequeña del alambón de G. Por su parte K tiene una microestructura más homogénea. En cuanto a los aceros procesados los alambres brillantes mostraron las texturas propias de un proceso de deformación axial, en las que el brillante 600 tuvo un mayor porcentaje de trabajado en frío con respecto al 420. El alambre especial CHQ 278 si mostró las características típicas de un acero recocido donde los granos deformados pasaron por una etapa de recuperación y recristalización para luego volver a ser deformados.

- Mediante el uso de análisis metalográfico se definieron las condiciones de uso de las materias primas, donde los alambrones AISI/SAE 1006 con un porcentaje de carbono menor a 0,06%, con bajos contenidos de inclusiones no metálicas y niveles de oxidación mínimos son las

materias primas ideales para todos aquellos procesos que vayan destinados para clientes externos que necesiten materiales con buena apariencia y alta ductilidad. Para aquellos que estén por encima de este rango, su alto contenido de carbono y menor ductilidad los hacen idóneos para ser destinado al proceso de galvanizado en caliente. En cuanto a los alambrones AISI/SAE 1018 CHQ al estar tan libres de inclusiones no metálicas, los alambrones que poseen microestructuras adifusionales son adecuados para ser usados en productos que requieran una alta resistencia mecánica como los que son usados para tornillería o puntillería. Los que posean microestructuras de ferrita y perlita pueden ser empleados para pedidos de clientes externos según requieran alambres de esta calidad.

- Se identificaron como posibles causas de falla que el alto contenido de carbono para la referencia AISI/SAE 1006 de P con respecto a los otros 1006 lo hace más difícil de trabajar a la hora de ser trefilado, así como también su alto contenido de inclusiones no metálicas influyen en la disminución de sus propiedades mecánicas. También se descubrió que las porosidades superficiales encontradas en alambres procesados se debe a que la corrosión generada en el alambón produce unas picaduras que al momento de realizar el decapado mecánico del alambón, no las logra remover en su totalidad.

- Con base a los resultados obtenidos durante la realización de este proyecto se reevaluó el plan de inspección existente en Corsan S.A., y se sugiere que se incluya dentro de él un plan de control de calidad de materia prima relacionado con el análisis microestructural de las materias primas. Se busca de esta forma que cumpla las normas internacionales estandarizadas para la mejora continua de la calidad de la empresa

Referencias bibliográficas

- ARTIGAS A, CORNEJO K. (2009) Trefilación en Aceros: Algunos Problemas Clásicos. *Remetallica*, 30 (18), 35-41. Recuperado: http://metalurgia.usach.cl/sites/metalurgica/files/paginas/5_-_trefilacion_en_aceros_algunos_problemas_clasicos_-_alfredo_artigas_a._katherine_cornejo_c.pdf
- ASTM 2003. Standard A510 – 03: Standard specification for general requirements for wire rods and coarse round wire, carbon steel. ASTM Int, West Conshohocken, PA..
- ASTM. 2015. Standard E112 – 13: Test methods for determining average grain size. ASTM Int., West Conshohocken, PA.
- ASTM. 2015. Standard E3 – 11: Guide for preparation of metallographic specimens. ASTM Int., West Conshohocken, PA.
- ASTM. 2015. Standard E407 – 07: Practice for microetching metals and alloys. ASTM Int., West Conshohocken, PA.
- ASTM. 2015. Standard E45 – 13: Test methods for determining the inclusion content of Steel. ASTM Int., West Conshohocken, PA.
- CAMURRI C, CANDIA O, HERMOSILLA S. (2002) Oxidación Óptima de Alambrones de Acero de Bajo Carbono, Durante el Enfriamiento a la Salida de un Laminador de Barras. *Revista de Metalurgia*, 38 (2), 117-123. Recuperado: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/392/398>.
- DIETER, George. *Metalurgia Mecánica*, Editorial Aguilar, 21(1): 568.

ENRIQUEZ BERCIANO, Jose Luis. (2010) Monografías sobre Tecnología de Acero: Laminación, 6(1): 78-80.

Forming and Forging, Volumen 14, ASM Handbook, 1993. P.630

VALENCIA GIRALDO, Asdrúbal. Tecnología del tratamiento térmico de los metales. Editorial Universidad de Antioquia: 2009. P. 217-219.


VALENCIA GIRALDO, Asdrúbal. Tecnología del tratamiento térmico de los metales. Editorial Universidad de Antioquia: 2009. P. 267-269.

Apéndices

Apéndice A. Formatos

GERDAU
 BR-ML-DURO BRANCO-ACO
 ROD 102 442 KM /
 CUIRO BRANCO - Minas Gerais - CEP
 36420-000
 B24813

**CERTIFIED MATERIAL
 TEST REPORT
 CERTIFICADO DE CALIDAD**

CUSTOMER / CLIENTE FERRAS S.A.		GRADE / CALIDAD DE 1020 ACQU CND		SPECIFICATION / ESPECIFICACION													
QUANTITY / CANTIDAD 1020 ACQU CND		GRADE ORDER / GRADO DE PEDRA 1020ACQU															
PRODUCT / DETALLE / DETALHE DEL PRODUCTO 1020 DURA 1020 102																	
ITEM / COLADA	C	SE	Mn	P	S	TOTAL	Cu	Mn	Ni	Al	V	TOTAL	Mn	Cu	S	P	S
	%	%	%	%	%	AS	%	%	%	%	%	AS	%	%	%	%	%
10207000	0,1700	0,20	0,07	0,000	0,003	0,000	0,01	0,000	0,01	0,001	0,000	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
10207000	0,1700	0,20	0,00	0,007	0,003	0,000	0,00	0,000	0,01	0,001	0,000	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
TECHNICAL COMMENTS / COMENTARIOS DE ESPECIFICACION TECNICA Tensile 1020 - Result 102000 MPa Reduction of - Reduction of Area (Tensile) 40																	
SIGNATURES / ASSINATURAS ALDO CORREIA: DATA CERTIFICADO 10/02/10 - MACARIO DE SOUZA FERREIRA																	
 FERNANDO VICTOR DE JESUS Quality Manager / Gerente de Qualidade																	

MILL TEST CERTIFICATES.

Order No./계약번호 : 01S2161825
 Supplier : HYOSUNG CORPORATION
 Customer : STEEL INVEST (JERSEY) DMCC

PO No./주문번호 : KBW162QHSVCS03
 Commodity : PRIME NEWLY PRODUCED HOT ROLLED LOW CARBON STEEL WIRE RODS
 Spec & Type : SWRCH18A

Certificate No./증서번호 : 180524-FW01PS-0008A1-0001
 Date of Issue/발행일자 : MAY. 31, 2016
 *THE GOODS DESCRIPTION
 "HOT ROLLED WIRE ROD"

Size/치수 (MM)	Product No./제품번호	Quantity/수량	Weight/중량 (kg)	Heat No./재질번호	Division	Chemical Composition/화합성분					
						C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Se+Al (%)
5.5	VKL8030011-0161	16	31,516	SF70421	L	0.1991	0.0550	0.708	0.0116	0.0051	0.001
5.5	VKL8030251-0361	12	23,595	SF70421		0.1991	0.0550	0.708	0.0116	0.0051	0.001
5.5	VEK7520011-0121	12	23,506	SF71131		0.1724	0.042	0.717	0.0150	0.0040	0.0036
5.5	VEK7520011-0111	11	21,616	SF71131		0.1724	0.042	0.717	0.0150	0.0040	0.0036
5.5	VKL0310011-0261	26	50,157	SF71346		0.1829	0.049	0.706	0.0154	0.0027	0.0042
--- Sub Total (010) ---		77	150,392 (kg)								
--- Grade Total ---		77	150,392 (kg)								
--- Grand Total ---		77	150,392 (kg)								

* Division - L : Ladle Analysis

We hereby certify that the material herein has been made in accordance with the order and above specification.
 This material is fine grained steel.
 This material is free from radioactive contamination.
 Test Certificate is issued according to EN10204 3.1.

본 검사결과서 위, 번즈시사분석 위즈(형법 제231조)로 불이익을 당할 수 없습니다.

Surveyor To : *H.J. Yoo*
 POSCO Pohang Works, 6262, Donghaean-ro, Nam-gu, Pohang-si, Gyeongsangbuk-do, 37877, Korea
 < PAGE : 5 > Chief of material testing section Hyun Jee, Yoo



CERTIFICADO DE CALIDAD

Cliente:
 INDUSTRIAS METALICAS CORSAN S A
 INDUSTRIAS METALICAS CORSAN S A
 NIT: 8909001601
 ITAGUI
 CO

Ferrasa S.A.S.
 Nit: 890932389-8

Principal:
 Carrera 42 # 26 - 18 Itagüí
 01 8000 114 114
 Antioquia - Colombia
 www.ferrasa.com
 Remisión: 81648151

Fecha: 19.01.2017 / CQUINTER

Material: 1000023 ALA 5.5mm SJ403/1006 Lote: EZSSA20707
 Centro: 1600

Característica	Especificación	UM	Resultado	Fabricante	Material	Lote
NORMA ACERO: SAE J	403	UN	403	POSCO	1000023	EZSSA20707
NORMA FABR: ASTM A	510	UN	510	POSCO		
GRADO DEL ACERO (N)	1006	UN	1006	POSCO		
% C (máx)	≤0.080	%	0.035	POSCO		
% Mn	0.250...0.400	%	0.299	POSCO		
% P (máx)	≤0.030	%	0.015	POSCO		
% S (máx)	≤0.050	%	0.011	POSCO		
% Si (mín)	≥0.001	%	0.020	POSCO		
ELONGACIÓN (mín)	≥1.00	%	83.00	POSCO		
TRACCION (mín)	≥1.00	MPa	361.00	POSCO		

Los datos del presente certificado han sido revisados por calidad

Eny Dayan

Eny Dayan Jerez Salazar
 Calidad

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ/PRODUSER JSC NLMK-Ural Koltsevaya street 5, Berezovskiy, Sverdlovsk region, 623700, Russian Federation ГРУЗПОЛУЧАТЕЛЬ/CONSIGNEE: NOVEX TRADING (SWISS) SA Швейцария RIVA PARADISO 2, PALAZZO MANTEGAZZA PARADISO Швейцария 6902 Ст.Назначения:Новоросейск (эксп.) ВАГОН №/WAGON №55827414	СЕРТИФИКАТ КАЧЕСТВА № 7111 MILL TEST CERTIFICATE № 7111 Контракт №/ Mill REF.:CH-821 Приложение / Addendum:11 Заказ № / Job Num.:0040211820
--	---

№ п.п. Pos №	Номер плавки/Heat number	Марка стали/ Steel Grade Размер/Size	Наименование продукции/ Description of Goods	Numbers of coils, pes	Масса бунтов,кг/ Weight of coils, kg Нетто/ Брутто/Gross Net
1	24661	SAE1006 Size 8 mm	Новопроизведенная катушка по СТО 55791017-007-2014 Newly produced steel Wire – rod, acc.to STO 55791017-007-2014	18	25341 25431
2	13968	SAE1006 Size 8 mm	Новопроизведенная катушка по СТО 55791017-007-2014 Newly produced steel Wire – rod, acc.to STO 55791017-007-2014	20	28241 28341
3	13969	SAE1006 Size 8 mm	Новопроизведенная катушка по СТО 55791017-007-2014 Newly produced steel Wire – rod, acc.to STO 55791017-007-2014	5	7088 7113
Итого/Total Quantity:				43	60670 60885

№ п/п Pos №	Химический Состав / Chemical composition, %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Al	As
1	0,040	0,070	0,280	0,013	0,009	0,12	0,06	0,24	0,002	0,009
2	0,040	0,060	0,300	0,013	0,007	0,19	0,10	0,21	0,003	0,007
3	0,030	0,060	0,310	0,011	0,009	0,19	0,09	0,23	0,002	0,007

№ п/п Pos №	Временное сопротивление, Н/мм²/ Tensile strength N/mm²	Относительное сужение % Contraction, %	Микроструктура / Microstructure	Макро структура / Macrostructure	Количество окатыша, кг/т / Quantity of scale, kg/t
1	400-410	75-76	satisfactorily	satisfactorily	≤10
2	395	76-80	satisfactorily	satisfactorily	≤10
3	390	79-81	satisfactorily	satisfactorily	≤10

Указанный в настоящем документе товар соответствует по качеству условиям контракта № CH-821 от 21.01.2016г, приложения № 11 от 31.08.2016 и действующим в РФ стандартам, условиям и может быть отгружена на экспорт.
 The goods specified in the present document correspond on quality to contract conditions № CH-821 from 21.01.2016г, appendices № 11 from 31.08.2016 and to standarts operating in the Russian Federation, conditions also can be shipped for export.

Примечание/ Remarks:
 1.Отгрузка по фактической массе/ Shipment on actual weight

Подпись/Signature:



Дата/Date: 05.10.2016