

Señores

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Dirección de Nuevas Creaciones.

E. S. D.

Expediente: **NC2020/0009741**
Actuación: **Respuesta a requerimiento Art. 45.**
Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023
Título: **MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE UN
ELEMENTO MECÁNICO Y ELEMENTO MECÁNICO
PARA SUJECCIÓN SEGURA DE BOMBAS
AEROTRANSPORTADAS**
Solicitante: **INDUSTRIA MILITAR COLOMBIANA - INDUMIL**

Respetados Señores,

ARLETH AROCA ALMANZA, identificada civil y profesionalmente como aparece al pie de mi firma, con domicilio y residencia en la ciudad de Bogotá D.C., obrando en calidad de apoderada de la **INDUSTRIA MILITAR COLOMBIANA – INDUMIL-** y en cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 45 de la Decisión 486, procedo a dar respuesta a las observaciones hechas por el Despacho relacionadas con la solicitud de patente de invención de la referencia de la siguiente manera:

I. ANTECEDENTES

1.1. Mediante escrito radicado ante la Superintendencia de Industria y Comercio el día 06 de agosto de 2020, la **INDUSTRIA MILITAR COLOMBIANA – INDUMIL-** presentó la solicitud de patente de invención titulada “MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE UN

ELEMENTO MECÁNICO Y ELEMENTO MECÁNICO PARA SUJECCIÓN SEGURA DE BOMBAS AEROTRANSPORTADAS”.

1.2. La solicitud fue publicada en la Gaceta 901 de la Propiedad Industrial del 21 de agosto de 2020.

1.3. Como resultado del examen de fondo, mediante Oficio No. 7960 del 26 de mayo del 2022, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486, solicitándole presentar respuesta frente a las observaciones de fondo.

1.4. En uso de las facultades legales conferidas y estando dentro de la oportunidad legal, esta parte se permite presentar respuesta a las observaciones de fondo de la solicitud inicialmente elevada a su Despacho.

1.5. Como resultado del examen de fondo, mediante Oficio No. 16481 del 11 de octubre del 2022, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486, solicitándole presentar respuesta frente a las observaciones de fondo.

1.6. En uso de las facultades legales conferidas y estando dentro de la oportunidad legal, esta parte se permite presentar respuesta a las observaciones de fondo de la solicitud inicialmente elevada a su Despacho.

1.7. Como resultado del examen de fondo, mediante Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486, solicitándole presentar respuesta frente a las observaciones de fondo.

1.8. En uso de las facultades legales conferidas y estando dentro de la oportunidad legal, esta parte se permite presentar respuesta a las observaciones de fondo de la solicitud inicialmente elevada a su Despacho.

II. MODIFICACIONES DE LA SOLICITUD DE PATENTE: CAPÍTULO REIVINDICATORIO Y DESCRIPTIVO

Se presenta un capítulo reivindicatorio modificado conformado por 33 reivindicaciones y se presenta el capítulo descriptivo modificado.

Las modificaciones realizadas son las siguientes:

- Se incluye en la reivindicación 1 el parámetro que define las etapas de incremento de área así: *"donde el método comprende etapas seleccionadas de incremento del área transversal que incluyen el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.61 mm² en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm² en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%"*, superando así la objeción realizada por el Examinador. Adicionalmente, tal sugirió el Examinador en la cita del 3 de mayo del 2023, que se incluyera en la parte caracterizante de la reivindicación que el presente método no presenta procesos de forja.
De acuerdo a lo anterior, se reenumeran las demás reivindicaciones ajustando también sus dependencias.
- Se corrige el valor del área máxima (A.V) a 139.61 mm² tal como se indicaba en la descripción inicial, tanto en el capítulo reivindicatorio como en la descripción.

Las anteriores modificaciones están plenamente soportadas tanto en la descripción y en el capítulo reivindicatorio originales como en los ejemplos, de manera que se da cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000:

Artículo 34.- El solicitante de una patente podrá pedir que se modifique la solicitud en cualquier momento del trámite. La modificación no podrá implicar una ampliación de la protección que correspondería a la divulgación contenida en la solicitud inicial.

III. DE LA SOLICITUD

3.1. Reivindicaciones (Art. 30 Decisión 486)

A continuación, el Solicitante las respuestas a las objeciones realizadas por el Examinador en el Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023:

- Con respecto a la objeción realizada a la reivindicación 1 *"La reivindicación 1 reclama un método, pero este no está definido solamente por una serie de pasos o etapas, **sino que revela características esenciales estructurales y/o funcionales**, como lo son las relacionadas con incrementos de un área; **las cuales no son particularidades de dicho proceso y/o método, sino del producto reclamado**, toda vez que no especifican en qué consiste la etapa en la cual se genera dicho incremento de área y según la descripción dicho incremento es realizado con respecto a la norma MS3314 y se refieren a características estructurales de un producto"* -negrilla fuera de texto-, objeción con la cual no se encuentra de acuerdo el Solicitante, dado que tal como se indicó en la respuesta al segundo requerimiento de fondo presentada el 6 de enero de 2023, la modificación realizada a la reivindicación 1 estudiada por el Examinador en el Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023, fue la modificación en la que se incluyó las características de las antiguas reivindicaciones 14, 22 y la parte inicial de la reivindicación 31, características que tal como se indica en su preámbulo son de método y no de producto, las cuales ya habían cumplido el tema de claridad en los anteriores dos requerimientos, dado que la Oficina no se había pronunciado sobre la claridad de las mismas.

Se solicita al Examinador que tenga en cuenta tal como el mismo lo cita, lo indicado en la Interpretación Prejudicial Proceso 129-IP-2007, que el objeto de las reivindicaciones de producto y procedimiento son diferentes así: *"El objeto de la invención de **producto está constituido por un cuerpo** cierto destinado a llenar una necesidad industrial que el estado de la técnica aún no ha satisfecho. **En cambio, el objeto de la invención de procedimiento se encuentra conformado por "una serie o sucesión de operaciones que inciden sobre***

una materia (sólida, líquida o gaseosa) que se encamina a la obtención de una cosa o un resultado". -negrilla fuera de texto-.

Entonces, la reivindicación 1, claramente, cumple con lo que define la mencionada Interpretación Prejudicial con respecto a la definición del objeto de una invención, de procedimiento como se demostrará a continuación: **Está conformada por un serie o sucesión de operaciones** (Elaborar el molde en cascarón (200b); Desencerar el molde refractario obtenido en el paso anterior (200e); Consolidar el molde refractario (200f); Verter el material en fase líquida a alta temperatura en el molde refractario (Colado 200i), donde se incluye vanadio en una concentración entre el 0.04% al 1.9%; Tratamiento térmico de endurecimiento (200L); Tratamiento térmico de alivio de esfuerzos (200m); y donde el método comprende etapas seleccionadas de incremento del área) **que inciden sobre una materia** (aceros, aceros de baja aleación, aceros de alta aleación, entre otros), **que se encamina a la obtención de una cosa o resultado**, en este caso un elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas, que cumple la norma MC3314 pero en un proceso diferente a la forja como se realiza en el estado de la técnica.

De acuerdo a lo anterior, no es claro porqué se indica que se esta haciendo referencia al producto reclamado, ya que lo que se objeta hace referencia a una etapa de incremento y en ninguna parte nombra o hacer referencia a producto. Entonces, la objeción, indicada es contraria, a lo que indica la mencionada Interpretación Prejudicial, ya que unas etapas **NUNCA** pueden definir un elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas.

En cuanto, a las etapas seleccionadas de incremento de área, son las que se desarrollaron durante el proceso de I+D+i de Indumil, ya que se realizó una modelación por elementos finitos para ver cual era el incremento de área que permitiera las mejores propiedades del elemento de sujeción, pero que igual cumpliera con la norma MS3314 y sin aumentar desproporcionadamente el costo del mismo, lo que lo haría inviable en producción. Luego, se realizaron las

validaciones y estandarizaciones del producto final por medio de 150 ensayos, tal como se muestran en el anexo 1.

Las anteriores, etapas no se nombraron en la presentación inicial, ya que pueden comprender otras etapas, como montar un molde con un área mayor al de la norma MS3314 y luego recortar, lo importante es que se tenga una etapa de incremento de área, que se encuentre dentro de los parámetros del proceso que se incluyeron en la reivindicación 1 modificada. En este punto, también, es importante indicar, que tal como lo indica el Manual Andino de Patentes, los parámetros¹ son permitidos en las reivindicaciones tanto de producto como de procedimiento, en este caso, el incremento de área, que se indica como un valor en las etapas seleccionadas de incremento del área transversal que incluyen el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.61 mm² en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm² en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%, el cual es un parámetro, ya que fácilmente puede ser medible por el experto en la técnica, y por esto es que se incluye en la reivindicación 1, como característica técnica esencial, ya que como se muestra en el ejemplo 5, conformado por cinco (5) ensayos, demuestra que el producto obtenido al final del proceso de obtención, supera los resultados obtenidos en los procesos de forja, proceso usualmente, empleados para la fabricación de este tipo de productos, lo cual hace que tenga un efecto inesperado, lo que hace que este parámetro de incremento de área cumpla con lo establecida para ser aceptado como una característica técnica esencial en las reivindicaciones.

¹ "Los parámetros son valores característicos de propiedades mensurables (por ejemplo, el punto de fusión) o definidos como combinaciones matemáticas de varias variables (...) **Lo mismo ocurre con una característica relacionada con un procedimiento que se defina mediante sus parámetros**" (Manual Andino de Patentes para el examen de patentes agosto de 2022, pág. 58, numeral 4.6.7 Definición por parámetros).

De acuerdo a lo anterior, presentamos los argumentos que dan por superadas las objeciones mencionadas por el Examinador en el Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023.

IV. DE LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

3.1. DEL NIVEL INVENTIVO DE LA INVENCION

En respuesta al estudio de nivel inventivo, me permito afirmar que la presente solicitud es inventiva frente a los documentos citados por el Examinador, tal y como se demuestra en los siguientes párrafos.

Es así como, el artículo 18 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina, establece todo lo relacionado al requisito de nivel inventivo, así:

***"Artículo 18-** Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica."*

Con el fin de demostrar el nivel inventivo de la presente invención, y basándome en el Instructivo de Examen de Forma y Fondo de Solicitudes de Patente de Invención y Modelo de Utilidad PI02-I06 v.5 del 11 de noviembre de 2020 y su anexo 1 (en adelante Guía de la SIC) sobre el Método Problema-Solución, a continuación, expongo como el arte previo citado por el Examinador no llevaría a la persona del oficio normalmente versada en la materia a la invención reclamada.

Entonces, la Guía de la SIC detalla las características que se deben cumplir para el desarrollo del primer paso del Método Problema-Solución, que es identificar el estado de la técnica más cercano a la invención reivindicada, así: *"El estado de la técnica cercano es un documento que se encuentra en el mismo campo técnico que la invención, además, menciona una función, propósito, problema a resolver o actividad semejante y suele ser el que tiene más características en común con la invención."* (Anexo 1, 2020, p. 144),

características que no cumple del todo el documento D1, tal como se indica a continuación:

El Examinador considera que D1 es el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación independiente 1 porque divulga un resumen general del método de fundición por inmersión, pero no revela las etapas de colado (200i) en la que se incluye vanadio en un concentración entre el 0.04% al 1.9%; las etapas de tratamiento térmicos de endurecimiento (200L) y de alivio de esfuerzos (200m) ni comprende etapas seleccionadas de incremento del área con su respectivo parámetro.

En este punto es preciso indicar una diferencia muy importante de la presente invención frente a D1, por lo cual no se puede considerar el documento más cercano, ya que su funcionamiento y problema a resolver nada tiene que ver con el de la presente invención, es decir, un método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas **sin proceso de forja**, el cual presenta una solución novedosa e inventiva al problema de fabricar a gran escala de forma económica y eficientemente pernos de sujeción segura de bombas aerotransportadas con los requerimientos mecánicos mediante un método (microfundición), el cual es ampliamente conocido pero que presenta inconvenientes en cuanto produce elementos de fijación como el de la invención con propiedades inferiores al método tradicionalmente empleado (forja).

De acuerdo con lo anterior, esta invención permite superar los inconvenientes del estado de la técnica, en lo relacionado con la fabricación de elementos mecánicos para sujeción segura de bombas aerotransportadas, con especificaciones mejoradas tanto para el elemento mecánico como para su proceso de obtención, en comparación con los procesos de forja, donde estos últimos garantizan características de composición y estructura, dado que la red cristalina se orienta de manera preferente en la dirección del flujo, permitiendo una resistencia elevada a las sollicitaciones de carga, disminuyendo las concentraciones de esfuerzos y facilitando una maquinabilidad posterior sin pérdida de la calidad, debido a la baja porosidad o vacíos en la pieza fabricada; así mismo,

generalmente se da un incremento en el esfuerzo de fluencia del material forjado. Es así que el proceso de forja implica un equipamiento y maquinaria de mayor costo para desarrollarse, producción a una escala menor, mayores tiempos de mecanizado posterior, un gasto energético mayor y en general, a gran escala termina siendo un proceso más costoso.

Por su parte, la microfundición, fundición por revestimiento o fundición a la cera perdida brinda un método de bajo costo de fabricación, con requerimientos de maquinaria de bajo costo, con capacidad de producción en grandes volúmenes, requiere poco o ningún mecanizado posterior debido a sus bajas tolerancias y buen acabado superficial.

Ahora bien, debido al proceso de fabricación, la microfundición no controla la microestructura del material, pudiendo presentar inclusiones o vacíos o concentradores de esfuerzos, problemas con puntos calientes en las piezas, que disminuirán la resistencia de la pieza. Es así, como la presente invención logra superar ampliamente, los anteriores inconvenientes dado que logra contrario a lo que esperaría una persona medianamente versada en la materia emplear el proceso de microfundición para obtener un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas sin proceso de forja, con una dureza y resistencia a la tracción superior a las obtenidas en los procesos de forja normalmente empleados para la fabricación de estas clase de elementos mecánicos.

Entonces, la afectación de la etapa del tratamiento térmico de endurecimiento (200L) con la siguiente divulgación de D1 *"Los moldes de cáscara de inversión se fabrican aplicando una serie de revestimientos cerámicos al árbol de patrones, ensamblajes o grupos de patrones. Cada revestimiento consiste en una fina capa de cerámica, partículas con cerámica de 'estuco' incrustadas en su superficie exterior. El conjunto de árbol o grupo es primero sumergido en un baño de suspensión de cerámica, luego retirado de la suspensión y manipulado para drenar el exceso de lechada y producir una capa uniforme. La capa húmeda se estuca inmediatamente con partículas cerámicas más gruesas, ya sea sumergiéndolo en un lecho fluidizado de la partícula o rociando o*

'lloviendo' sobre él las partículas de estuco desde arriba. La fina capa cerámica forma la cara interna del molde, y reproduce cada detalle, incluso la superficie lisa del patrón. También contiene el agente adhesivo, que proporciona fuerza a la estructura. Las partículas gruesas de estuco sirven para detener el escurrimiento adicional de la lechada, ayudar a evitar que se agriete o se desprenda, proporcionar enchavetado o unión entre capas de revestimiento divididas y acumulan el grosor de la carcasa más rápido. Cada capa se deja endurecer o fraguar antes de aplicar la siguiente. esto se logra por secado, gelificación química o una combinación de estos. Las operaciones de revestimiento, estucado, y el endurecimiento se repiten varias veces, hasta que se alcanza el espesor de capa requerido.", no es correcta, ya que este texto no menciona nada de un tratamiento de endurecimiento térmico, que se caracteriza por una elevación de la temperatura del material en cercanías o márgenes superiores seleccionados de punto eutéctico del material, manteniendo dicha temperatura por un tiempo específico" (Pág., 4 líneas 8 a 11).

Lo anterior, también aplica para la etapa de tratamiento térmico de alivio, ya que el tratamiento térmico divulgado en D1 no es un tratamiento térmico de alivio, tal como se define en la descripción de la invención "(...) *la etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m), que se selecciona de procesos de revenido en los que se disminuyen los efectos de la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) relacionados con las tensiones generadas por un enfriamiento desigual de las capa superficial y el núcleo o capa interna del dispositivo seguro de sujeción de bombas aerotransportadas (100), por lo que se da una elevación de la temperatura que permita el alivio de dichas tensiones superficiales. Dicha etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) en una modalidad de la invención, tiene lugar en periodos prolongados de tiempo, generalmente superiores a 1800s de mayor preferencia en tiempos comprendidos entre 5400s y 9000s, a temperaturas seleccionadas entre 400°C y 800°C, de mayor preferencia, entre 520°C y 600°C, y de aún mayor preferencia entre 550°C y 570°C, para posteriormente enfriarse en horno o al contacto con el ambiente*" (Pág. 16, líneas 11 a 16).

De acuerdo a lo anterior, la comparación realizada por el Examinador para entre otras para las etapas de tratamiento térmico de endurecimiento (200L) y tratamiento térmico de alivio de esfuerzos (200m) presentan imprecisiones, que muestran que D1 no puede considerarse el documento más cercano a la presente invención.

Continuando, con el análisis realizado por el Examinador, al aplicar el segundo paso del Método Problema-Solución, el cual se enfoca en definir la diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 y el documento D1, la cual es definida como *"consiste en que la anterioridad no menciona la inclusión de vanadio en la etapa de colado en una concentración entre el 0.04% al 1.9%."*

Fundamentado en lo anterior, el Examinador en el tercer paso del Método Problema-Solución, concluye que *"No hay evidencia de que **incluir específicamente vanadio en una concentración entre el 0.04% al 1.9% proporcione un método con algún efecto diferente** al que ya proporcionaba el objeto de D1, puesto que suministra un proceso de fundición de cascarón de cerámica de precisión para la producción de piezas complejas y en numerosas aleaciones dentro de la cuales se consideran piezas para industria aeronáutica **ya había sido previsto en dicho documento** (Pág. 21, Aplicaciones)"*-negrilla fuera de texto-.

En el anterior, análisis nuevamente se encuentran imprecisiones, ya que es contradictorio, dado que se indica que no se evidencia un efecto en el método de la presente invención, no obstante, menciona que la presente invención no proporciona **algún efecto diferente al método de D1**, entonces, el **método de D1 si tiene un efecto, y por ende, la presente invención** también tiene un efecto, que al menos como lo indica el Examinador es el mismo que el D1, evidenciando nuevamente que no es correcto el análisis de este paso.

Adicionalmente, el Solicitante no se encuentra de acuerdo con la conclusión que la presente invención no tiene ningún efecto técnico frente a D1, ya que el Examinador no debe de evaluar si hay o no un efecto técnico frente al documento más cercano, sino

que debe tener en cuenta si esas diferencias contribuyen al carácter técnico de la invención, es decir, que la concentración de vanadio, presenta o no un efecto técnico, a lo cual se debe indicar que sí, el cual en producción de aceros hace que estos sean compactos y con un grano fino, proporcionando al acero una mejora en varias propiedades, como en el aumento de la resistencia a la tracción, aumento en el límite elástico y una buena resistencia a la fatiga, eso se puede ver claramente, en el ejemplo 3, donde, se evidencian los resultados de un proceso de microfundición cuando se agrega vanadio frente al ejemplo 2, que es el mismo proceso de microfunción sin vanadio.

Si bien, D1 indica que “*existen aplicaciones para fundiciones en numerosas industrias. Una lista parcial se encuentra en la Tabla 2. Las aplicaciones más grandes están en las **industrias aeronáutica y aeroespacial, especialmente palas y álabes de turbina fundidos en superaleaciones a base de cobalto y níquel, así como componentes estructurales fundidos en superaleaciones, titanio y 17-4 PH acero inoxidable***”-negrilla fuera de texto-, de acuerdo a lo anterior, D1, describe aplicaciones generales del método de fundición por inversión, y algunas aleaciones pero no indica ni da sugerencias de aplicación en elementos de sujeción ni de aleaciones con vanadio, lo cual claramente, contradice lo que concluye el Examinador, que D1 ya había previsto estas características. En este punto, hay que tener presente que D1 solo da sugerencias generales, es decir, el Examinador, contrario a lo indicado en la Guía de Examen² y el Manual Andino para el Examen de Patentes³ (agosto 2022), en cuanto que una divulgación general no puede afectar una característica particular, **sin embargo, continua afectando la presente invención con divulgaciones generales, no relacionadas ni con la función ni las características del producto obtenido tal**

² 5.6.5 Divulgación genérica y ejemplos específicos. Rangos de valores
(...) Pero la **divulgación de una expresión general** del estado de la técnica **no anula la novedad de un elemento particular que se reivindica** -negrilla fuera de texto.

³ 10.5.1 Novedad respecto a expresiones generales y ejemplos específicos
(...) Sin embargo, **un elemento del estado de la técnica genérico generalmente no constituye una anterioridad respecto de una reivindicación que trate de un elemento específico de esa categoría genérica**. Es decir que la divulgación de una expresión general del estado de la técnica no anula la novedad de un elemento particular que se reivindica. (véase ejemplo 3 del Apartado 3 del Anexo IV) -negrilla fuera de texto.

como el producto de D1 que es un alabe de una turbina de avión mientras que el de la presente invención es un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja, si para el Examinador esos dos productos son iguales, se solicita que se explique detalladamente sus consideraciones al respecto.

En este punto, es importante, que se tenga en cuenta que el preámbulo indica la materia de la invención (aparato, proceso, composición, compuesto, etc.) y las características técnicas necesarias para definir la invención pero que en su conjunto forman parte del estado de la técnica, entonces, los documentos del estado de la técnica con la cual se debe afectar el nivel inventivo de una invención deben enmarcarse en las características del preámbulo, lo cual no ocurre en este caso.

De lo anterior, se puede establecer que el Examinador no ha entendido el objeto de la presente invención, ya que es claro que **el documento D1 no se enfoca en obtener por un método de microfundición un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas sin proceso de forja** con las mismas o mejoradas propiedades mecánicas que los productos obtenidos con respecto a los procesos usualmente empleados en el estado de la técnica, incluido D1, como por ejemplo, por los procesos de forja, ya que no muestra ningún ejemplo o afirmación relacionada.

Nuevamente, se debe recalcar que los resultados inesperados de la invención, son el resultado del conjunto de **todas las etapas**, tales como la adición de vanadio, específicamente, en una concentración entre el 0.04% al 1.9%, por incluir las etapas de tratamiento térmico de endurecimiento (200L) y de alivio de esfuerzos (200m), y etapas de incremento del área con su respectivo parámetro para obtener un elemento de sujeción o perno mecánico con propiedades mecánicas iguales o mejoradas que las obtenidas por los pernos obtenidos por procesos de forja.

De acuerdo a lo anterior, y contrario a lo indicado por el Examinador la inclusión de vanadio en la etapa de colado que realiza la presente invención en una concentración entre el 0.04% al 1.9% e incluir las etapas de tratamiento térmico de endurecimiento

(200L) y de alivio de esfuerzos (200m) y etapas de incremento del área con su parámetro, **SI PRESENTAN UN EFECTO TÉCNICO INESPERADO**, ya que supera un prejuicio técnico anterior, dado que hasta ahora era imposible obtener por otro proceso que no fuera el de forja elementos mecánicos para sujeción segura de bombas aerotransportadas, especialmente por métodos de microfundición, fundición por revestimiento o fundición a la cera pérdida, con las mismas o mejoradas propiedades mecánicas que las obtenidas por este tipo de productos pero por el proceso de forja, tal como se evidencia en el ejemplo 5.

Al continuar con el cuarto paso del método Problema-Solución teniendo en mente **el error previo de no definir un efecto con el elemento diferencial**, por lo tanto, el cuarto paso también está mal definido. Lo anterior, dado que la esencia de este paso es el de deducir el problema técnico objetivo, el cual se fundamenta en el efecto técnico reportado a la luz del documento más cercano, entonces, si está mal definido el efecto técnico o no se define ninguno, el problema técnico objetivo por supuesto, no es correcto, lo cual claramente se presentó en la evaluación realizada por el Examinador.

Ahora bien, el paso final, consiste en evaluar si la invención reivindicada, partiendo del estado de la técnica más cercano y el problema técnico objetivo, habría sido obvia para la persona medianamente versada en la materia, lo cual, no se pudo demostrar de una forma inequívoca, esto se sustenta en vista que el documento que el Examinador consideró como el que soluciona el problema técnico objetivo (que está mal planteado) no divulga nada que se relacione con este y, adicionalmente, teniendo en cuenta que el problema que trata resolver este documento, es totalmente diferente al de la presente invención, ya que se centra en la metalurgia de las aeronaves, no en procesos de obtención de pernos de sujeción, al contrario, indica que "(...) *Los ingenieros aeronáuticos necesitaban encontrar materiales y procesos de ensamblaje que eliminaran o redujeran los efectos de **sujetadores mecánicos** para reducir aún más el peso y la resistencia aerodinámica de la aeronave, aumentando así la velocidad de la aeronave y carga útil. Combinando sus esfuerzos con los de los ingenieros químicos, los ingenieros aeronáuticos desarrollaron métodos para unión de estructuras metálicas entre sí. Una*

estructura adherida elimina las concentraciones de tensión debidas a la creación de agujeros y distribuye uniformemente la carga a lo largo de toda la superficie del conjunto" (Pág. 121, Desarrollo de adhesivos metálicos y materiales compuestos)-negrilla fuera de texto- es decir, el documento D2, no ve ninguna ventaja o necesidad de estudiar procesos de mejora para la producción o fabricación de sujetadores mecánicos, ya que al contrario los ven como un gran inconveniente en la aeronáutica, por lo tanto, sugiere que se evalúen nuevos materiales que los reemplacen, dejando claro, que el objeto de D2 nada tiene que ver con el de la presente invención.

Adicionalmente, si bien es cierto que el documento D2 divulga también de forma general, varios elementos químicos, así "(...) *Además de hierro y carbono, llevan azufre, fósforo, níquel, cromo, molibdeno y vanadio, etc. en proporciones variables. Estos aceros se denominan "aceros aleados" y deben sus diferentes propiedades principalmente a estos elementos de aleación. Normalmente reciben el nombre de los principales elementos de aleación. Estos elementos están aleados con acero por una o más de las siguientes razones:*

- 1. Para mejorar la resistencia a la tracción sin afectar negativamente a la ductilidad.*
- 2. Para mejorar la templabilidad.*
- 3. Para mejorar la tenacidad.*
- 4. Para mejorar la resistencia a la corrosión.*
- 5. Para mejorar la resistencia al desgaste.*
- 6. Para impactar la capacidad de retener propiedades físicas a altas temperaturas.*
- 7. Para mejorar la capacidad de corte y la capacidad de retener la forma y resistir la distorsión a temperaturas elevadas.*
- 8. Para promover el tamaño de grano fino.*
- 9. Para mejorar las propiedades de cementación."*, lo que hace esta divulgación es demostrar que detrás de evaluar incluir o no un elemento químico como aleación implica la evaluación de varias variables que se deseen en el producto a obtener, ya que no es un proceso lineal donde solo se agregue X elemento químico para obtener un resultado, dado que la interacción entre ellos puede potenciar, deteriorar o perjudicar otra propiedad que se quiere conservar.

Específicamente, el Examinador, afecta la característica de la concentración de 0.04% al 1.9%, con la divulgación de acero de alta velocidad, que tal como lo indica D2 "La forma más utilizada de estas aleaciones es el (acero rápido 18-4-1), que lleva un 18% de tungsteno, un 4% de cromo, 1% de vanadio, 0,7% de carbono y el resto de hierro.

Posee una combinación equilibrada de buena dureza al rojo, resistencia al desgaste y resistencia a los golpes y resistencia a los golpes, por lo que se utiliza ampliamente para fabricar herramientas de corte para tornos, mortajadoras, cepilladoras, ranuradoras, fresas, brocas, brochas, etc."-negrilla

fuera de texto-, el Examinador, no demuestra porque la persona experta en la materia técnica estaría motivado a combinar la citada divulgación de D2 sobre la concentración del vanadio, si varios componentes del acero rápido ni siquiera se encuentra en la composición del acero de la presente invención, tal como el tungsteno, y los que si se encuentra están fuera del rango de trabajo tal como se observa para el cromo, carbono y hierro, y la principal diferencia es que su aplicación no es para elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja sino para fabricar herramientas de corte para tornos, mortajadoras, cepilladoras, ranuradoras, fresas, brocas, brochas, etc.

De acuerdo a lo anterior, se concluye que la formulación de una aleación de acero tiene que ser estudiada para incluir el elemento químico que favorezca la propiedad mecánica que se desea, es decir, se debe evaluar un amplio rango de ensayos y esfuerzos para encontrar el resultado esperado, por lo tanto, contrario a lo indicado por el Examinador la persona medianamente versada en la materia no podría llevar a la composición de acero que favorezca las propiedades del elemento de sujeción a partir de la divulgación de D2, de una forma obvia, sin que necesite de actividad inventiva para llegar al mejor resultado.

Por otro lado, se evidencio que la afectación de la etapa de tratamiento térmico de alivio con D2, no es correcta, dado que hace referencia a Inconel, el cual es una aleación de níquel-cromo clasificada como no ferrosa porque el contenido de hierro es insignificante.

La cantidad de hierro y carbono contenidos en esta aleación no imparte ninguna de las características del acero, como los rangos de transformación y endurecimiento por tratamiento térmico.

Inconel es un metal resistente a la corrosión y al calor. En trabajos aeronáuticos se utiliza más especialmente para el colector de escape. Adicionalmente, la información de D2 indica, que la etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos es contraria a la de la presente invención, ya que el recocido y alivio de tensión de D2, se especifica solo para el Inconel las cuales consisten únicamente en procesos de recocido que aliviarán las tensiones internas debidas al trabajo en frío y con el fin de ablandar el metal. **Inconel no se puede endurecer mediante tratamiento térmico; solo se endurece por trabajo en frío.**(Pág. 24, Párr. 1 de D2)-negrilla fuera de texto-, de acuerdo a lo anterior, cuál sería la motivación de la persona experta en la técnica de combinar la anterior, divulgación con D1, si en vez de calentar tendría a enfriar para endurecer el material, además, no se está hablando un acero, sino de otro tipo de aleación, que nada tiene que ver con el de la presente invención.

Adicionalmente, es importante, mencionar que ni D1 ni D2 establecen un efecto favorable en los procesos de microfundición, fundición por revestimiento o fundición a la cera perdida en las propiedades mecánicas de los elementos mecánicos para sujeción segura de bombas aerotransportadas, no obstante, la presente invención, que tal como se muestra en la siguiente tabla resumen de los resultados de los ejemplos incluidos en la descripción de la invención muestra unos resultados inesperados para la persona medianamente versada en la materia.

En la menciona tabla 1 se observa que la persona medianamente versada en la materia que conoce las ventajas del proceso de forja nunca se inclinaría por cambiar este proceso por uno de microfundición, dado que los resultados obtenidos en los ensayos con el proceso de microfundición (sin vanadio, sin procesos térmicos sin incremento de área), muestra los peores resultados en la dureza y la tracción (Ensayo 2). Luego, se observa

que en el ejemplo en el que se incluye vanadio (Ensayo 3) si produce una mejora, pero aún muy lejos del resultado de los procesos de forja.

Tabla 1. Resumen de los resultados presentados en los ejemplos de la solicitud

No. Ejemplo	Etapas	Elementos de aleación	Tratamiento térmico	Aumento de área	Dureza	Resistencia Tracción	Observaciones	No. de ensayos
1	b, c, f, i, forja	C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, Fe	No	No	40	208,49	Llevado a fractura/Cumple	5
2	b, c, f, i, microfundición	C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, Fe	No	No	24	108,7	Llevado a fractura/No cumple	1
3	b, c, f, i, microfundición	C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, V, Fe	No	No	34	165,27	Llevado a fractura/No cumple	2
4	b, c, f, i, microfundición	C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, V, Fe	Si	No	43	205,81	Llevado a fractura/Cumple	8
5	b, c, f, i, <u>microfundición</u>	C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, <u>V</u> , Fe	Si	Si	<u>40-43</u>	<u>218,76</u>	<u>Llevado a fractura/Cumple</u>	5

De acuerdo a lo anterior, se observa que el incluir los tratamientos térmicos mejoran las propiedades del elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas.

Adicionalmente, el Solicitante no solo se quedó con el anterior resultado, sino que evaluó otras opciones para mejorar las características funcionales del elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja como incluir las etapas de incremento de área con las cuales se logró superar los valores de las propiedades mecánicas de dureza y resistencia a la tracción de las reportadas en los procesos de forja, por lo tanto, queda en evidencia el efecto técnico inesperado de la presente invención.

De acuerdo a lo anterior, el Examinador falla en indicar como la persona medianamente versada en la materia enfrentada al problema técnico objetivo de diseñar un método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas a gran escala de forma económica y eficientemente, donde el producto obtenido cumpla con los requerimientos mecánicos con respecto a los procesos de forja del estado de la técnica estaría motivada a utilizar el documento D2, si este no revela ni sugiere procesos de microfundición, con etapas de colado (200i) en la que se incluye vanadio en un concentración entre el 0.04% al 1.9%; de tratamiento térmicos de endurecimiento (200L) y de alivio de esfuerzos (200m) ni la comprende etapas seleccionadas de incremento del área con su parámetro para mejorar drásticamente las propiedades mecánicas de los elementos de sujeción segura de bombas aerotransportadas.

En conclusión, no se evidencia cual sería la motivación de la persona mediante versada en la materia para combinar la divulgación de D1 con D2, si estos documentos no tienen como objeto el problema de diseñar un método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas a gran escala de forma económica y eficientemente, donde el producto obtenido cumpla con los requerimientos mecánicos con respecto a los procesos de forja del estado de la técnica, y, por lo tanto, no pueden proporcionar ninguna solución a este problema no reconocido.

De acuerdo con todo lo anterior, es claro que el Examinador ha realizado un análisis en retrospectiva ("***hindsight***" o "***a posteriori***"), ya que con el conocimiento previo de la solución al problema técnico trata de afectar el nivel inventivo de la invención, sin demostrar cual sería la motivación de la persona medianamente versada en la materia a partir de D1 y del problema técnico objetivo (bien redactado) en utilizar las divulgaciones de D2 para llegar a la materia de la invención. Por lo tanto, queda demostrado que contrario a lo indicado por el Examinador la invención de la reivindicación 1 no es obvia y **SI TIENE NIVEL INVENTIVO.**

Ahora bien, teniendo en cuenta las modificaciones presentadas a las reivindicaciones, es claro, que las mismas no se encuentran divulgadas en D1 ni en D2, por lo tanto, la presente invención es nueva e inventiva.

Además, teniendo en cuenta que las reivindicaciones 2 a 33 son dependientes de la reivindicación 1 modificada, entonces, éstas también son nuevas y tiene nivel inventivo frente a los documentos D1 y D2, tal como se demostró en la argumentación sobre el nivel inventivo de la reivindicación 1.

V. PETICIONES

Por todo lo anterior y tras haber demostrado que la solicitud presentada cumple con los requisitos de patentabilidad señalados en la Decisión 486 de 2000, solicito comedidamente:

- 5.1.** Que se acepten las modificaciones del capítulo reivindicatorio y descriptivo.
- 5.2.** Que se le dé continuidad al trámite relacionado a la solicitud en cuestión y, en consecuencia, se conceda patente de invención para la solicitud de mi representado.
- 5.3.** Que se contesten cada uno de los argumentos presentados para desvirtuar el estudio de fondo notificado en el Oficio No. 2271 del 15 de febrero de 2023.

VI. ANEXOS

- 6.1.** Capítulo reivindicatorio modificado.
- 6.2.** Capítulo descriptivo modificado.
- 6.3.** Informe desarrollo perno de sujeción microfundido para bombas (INDUMIL).

VII. NOTIFICACIONES

El Solicitante y la Suscrita, recibiremos notificaciones en la Secretaría de su Despacho y en la Carrera 5 # 66-17 de Bogotá D. C.

Cordialmente,


ARLETH AROCA ALMANZA

C.C. 36.718.415

T.P. 123.758 de C.S. de la J.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. Un método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja caracterizado las etapas de:

- Elaborar el molde en cascarón (200b);
- Desencerar el molde refractario obtenido en el paso anterior (200e);
- Consolidar el molde refractario (200f);
- Verter el material en fase líquida a alta temperatura en el molde refractario (Colado 200i), donde se incluye vanadio en una concentración entre el 0.04% al 1.9%;
- Tratamiento térmico de endurecimiento (200L);
- Tratamiento térmico de alivio de esfuerzos (200m); y

donde el método comprende etapas seleccionadas de incremento del área transversal que incluyen el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.61 mm² en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm² en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%; y

donde el método no presenta procesos de forja.

2. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque previa a la elaboración del molde en cascarón (200b) comprende la obtención del modelo (200a) que se recubre para formar el molde en cascarón.

3. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 2 caracterizado porque la obtención del modelo (200a) es mediante inyección de cera en un molde permanente.

4. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 2 y 3 caracterizado porque entre las etapas de obtención del modelo (200a) y elaboración del molde en cascarón (200b) comprende etapas seleccionadas de desbarbado de material (200c), procesos de identificación y trazabilidad de la pieza (200d).

- 5.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado porque el desencerado de los moldes refractarios (200e) tiene lugar en autoclave.
- 6.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 5 caracterizado porque el desencerado de los moldes refractarios tiene lugar en autoclave a presiones comprendidas entre 340 kPa y 1400 kPa.
- 7.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 5 caracterizado porque el desencerado de los moldes refractarios (200e) tiene lugar en autoclave a presiones comprendidas entre 760 kPa y 830 kPa.
- 8.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 5 a 7 caracterizado porque el desencerado de los moldes refractarios (200e) tiene lugar en autoclave temperaturas comprendidas entre 120°C a 150°C.
- 9.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la consolidación del molde refractario (200f) se realiza mediante sinterizado.
- 10.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la de la reivindicación 9 caracterizado porque la consolidación del molde refractario (200f) se realiza mediante sinterizado a temperaturas seleccionadas entre temperatura ambiente y el 90% de la temperatura de fusión del material colado (200i).
- 11.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 9 caracterizado porque la consolidación del molde refractario (200f) se realiza mediante sinterizado a temperaturas seleccionadas entre temperatura ambiente y 1100°C.
- 12.** El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas

aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 1 y 9 a 11 caracterizado porque entre las etapas de la consolidación del molde refractario (200f) y de colado (200i) se da una inspección de la integridad del molde refractario (200g).

13. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 1 y 9 a 12 caracterizado porque la consolidación del molde refractario (200f) se selecciona de operaciones de sinterizado, donde las temperaturas seleccionadas se encuentran entre la temperatura ambiente y al menos el 52% de la temperatura de fusión del material colado.

14. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 1 y 8 a 13 caracterizado porque posterior a esta se comprende la etapa de eliminación de impurezas (200h).

15. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende un precalentamiento desde 0.2°C/s hasta 2.5°C/s durante tiempos desde 100s a 3500s y seguido un sostenimiento de una temperatura de precalentamiento comprendido entre 420°C a 580°C durante tiempos comprendidos entre 900s a 3600s.

16. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende un precalentamiento desde 0.5°C/s hasta 1°C/s durante tiempos desde 300s a 1200s y seguido un sostenimiento de una temperatura de precalentamiento comprendido entre 450°C a 550°C durante tiempos comprendidos entre 1200s a 2700s.

17. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende un precalentamiento desde 0.75°C/s hasta 0.85°C/s durante tiempos desde 500s a 800s y seguido un sostenimiento de una temperatura de precalentamiento comprendido entre 490°C a 510°C durante tiempos comprendidos entre 1500s a 2100s.

18. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende una elevación a temperatura de austenización desde 0.025°C/s hasta 1°C/s durante tiempos desde 600s a 14400s y seguido un sostenimiento de la elevación a temperatura de austenización en tiempos comprendidos entre 600s a 14400s.

19. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende una elevación a temperatura de austenización desde 0.1°C/s hasta 0.4°C/s durante tiempos desde 500s a 5000s y seguido un sostenimiento de la elevación a temperatura de austenización en tiempos comprendidos entre 1800s a 9000s.

20. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende una elevación a temperatura de austenización desde 0.16°C/s hasta 0.25°C/s durante tiempos desde 800s a 3000s y seguido un sostenimiento de la elevación a temperatura de austenización en tiempos comprendidos entre 2700s a 4500s.

21. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) es por procesos de revenido a temperaturas seleccionadas entre 400°C a 800°C.

22. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) es por procesos de revenido a temperaturas seleccionadas entre 520°C a 600°C.

23. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 1 caracterizado porque los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) es por procesos de revenido a temperaturas seleccionadas entre 550°C a 570°C.

24. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 21 a 23 caracterizado porque los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) es por procesos de revenido durante tiempos comprendidos entre 5400s a 9000s.

25. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 15 a 20 caracterizado porque los tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) tienen lugar en hornos seleccionados de hornos con atmósfera controlada y hornos de vacío con presiones seleccionadas entre 10^{-2} mbar hasta 10^{-5} mbar.

26. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de las reivindicaciones 21 a 24 caracterizado porque los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) tienen lugar en hornos seleccionados de hornos con atmósfera controlada y hornos de vacío con presiones seleccionadas entre 10^{-2} mbar hasta 10^{-5} mbar.

27. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque comprende proceso de recubrimiento (200o).

28. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de la reivindicación 28 caracterizado porque el proceso de recubrimiento (200o) es un irisado.

29. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende temperaturas de austenización seleccionadas entre 800°C a 1000°C.

30. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende temperaturas de austenización

seleccionadas entre 830°C a 900°C.

31. El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción de bombas aerotransportadas sin proceso de forja de cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) comprende temperaturas de austenización seleccionadas entre 845°C a 875°C.

32. Un elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas obtenido mediante el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

33. El elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas de la reivindicación 32 caracterizado porque comprende incrementos de áreas seleccionados de: el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.62 mm² en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm² en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%.

MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE UN ELEMENTO MECÁNICO SIN PROCESOS DE FORJA Y EL ELEMENTO MECÁNICO PARA SUJECCIÓN SEGURA DE BOMBAS AEROTRANSPORTADAS OBTENIDO

RESUMEN

La presente invención se relaciona con un nuevo método para la fabricación de elementos de sujeción segura de bombas aerotransportadas tipo MK, que comprende las etapas de elaboración del molde en cascarón, desencerado del molde refractario obtenido en el paso anterior, la consolidación del molde refractario (200f) y colado (200i), así como el elemento o dispositivo obtenido por las etapas anteriores, que supone un método económico, rápido y de alta precisión para la consolidación de estos elementos.

SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se relaciona con los dispositivos militares de tipo aeronáutico. Específicamente los usados para la sujeción de explosivos, los dispositivos de sujeción de explosivos de peso considerable, como bombas aerotransportadas, así como su expulsión y liberación; se relaciona también con los métodos industriales usados para la fabricación de dichos dispositivos.

ANTECEDENTES

En el sector tecnológico del uso de bombas, y en general las municiones explosivas tipo proyectil o tipo caída libre, es imperativo garantizar la suspensión adecuada de dichos elementos, particularmente cuando son aerotransportadas, de forma que tengan un almacenamiento, suspensión, sujeción y liberación segura.

Dentro del mencionado sector tecnológico, existen diversas normativas que detallan características deseables o mínimas que constituyen a los dispositivos o elementos, nombrados indistintamente a lo largo del presente, que se relacionan con la suspensión de bombas aerotransportadas, de forma que, según especificaciones técnicas detalladas, se garantice una sujeción segura de los mismos, una liberación controlada y garantizada, y las mínimas restricciones posibles para la aeronave en servicio.

Dichas especificaciones contemplan y unifican criterios de acuerdo con tipo de bomba a utilizar, donde estos criterios contemplan el almacenamiento y liberación segura y confiable, especificaciones de carga, vibraciones, modos de falla, interconexiones en la aeronave, e interfaz entre la bomba y los mecanismos de liberación.

5

En relación con la interfaz o elemento de sujeción de las bombas y los mecanismos de liberación, la norma MS3314 y otras relacionadas presentan especificaciones para pernos de sujeción de bombas tales como mecánicas, de carga, de tratamientos térmicos, materiales, dimensionales, de procesos de fabricación, entre otros; se resalta que dichas normas optan por procesos como la forja para la obtención de dichos pernos i.e. MIL-L-81558 y, en consecuencia, el sector productivo ha adoptado la forja como medio de fabricación de estos pernos de sujeción, regulándolo con estándares para este proceso i.e. MIL-F-7190B.

10

15

El proceso de forja se caracteriza por brindar características de uniformidad de composición y estructura, así como por conferir una anisotropía, usada comúnmente en beneficio de las solicitaciones requeridas. Esto teniendo en cuenta que la red cristalina se orienta de manera preferente en la dirección del flujo, permitiendo una resistencia elevada a las solicitaciones de carga, disminuyendo las concentraciones de esfuerzos y facilitando una maquinabilidad posterior sin pérdida de la calidad, debido a la baja porosidad o vacíos en la pieza fabricada; así mismo, generalmente se da un incremento en el esfuerzo de fluencia del material forjado. Sin embargo, la forja implica un equipamiento y maquinaria de mayor costo para desarrollarse, producción a una escala menor, mayores tiempos de mecanizado posterior, un gasto energético mayor y en general, a gran escala termina siendo un proceso más costoso.

20

25

Por otra parte, la microfundición, fundición por revestimiento o fundición a la cera perdida brinda un método de bajo costo de fabricación, con requerimientos de maquinaria de bajo costo, con capacidad de producción en grandes volúmenes, requiere poco o ningún mecanizado posterior debido a sus bajas tolerancias y buen acabado superficial. Ahora bien, debido al proceso de fabricación, la microfundición no controla la microestructura del material, pudiendo presentar inclusiones o vacíos o concentradores de esfuerzos, problemas con puntos calientes en las piezas, que disminuirán la resistencia de la pieza.

30

35

Así las cosas, la microfundición presenta una alternativa para la manufactura de forma económica a gran escala, sin embargo, debido a la alta exigencia en las solicitaciones de

los pernos de sujeción para bombas aerotransportadas, no ha podido ser utilizada, puesto que las propiedades mecánicas se ven aminoradas, no se han previsto alternativas que cumplan con dichas solicitudes y no se ha presentado una solución de bajo costo para este tipo de dispositivos, por lo que supone un reto la utilización de dichos métodos de microfundición en la fabricación de estos elementos de sujeción, así como también puede resultar en contrariedad el utilizar un método con propiedades inferiores a las de la forja como lo es la microfundición para la obtención de dispositivos con solicitudes elevadas como los elementos de sujeción de bombas aerotransportadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con los métodos para la fabricación de elementos o dispositivos (nombrados indistintamente a lo largo del texto) de sujeción de bombas, así como con los elementos obtenidos por dicho método. El método aquí descrito es una alternativa a la forja, que permite la disminución de costos, garantizando el cumplimiento de la normatividad asociada y las solicitudes mecánicas y geométricas propias de los pernos o elementos de sujeción segura para bombas aerotransportadas.

El presente elemento para la sujeción segura de bombas aerotransportadas (100) se caracteriza porque comprende un incremento del área transversal en las secciones laterales de la argolla (101), al menos un incremento del área transversal en la sección superior de la argolla (102).

En relación con el método de fabricación (200) el elemento de sujeción para bombas aerotransportadas (100), comprende etapas seleccionadas de obtención del modelo (200a) que comprende la inyección de cera en una o más cavidades presentes en un molde de inyección; de elaboración de molde en cascarón (cascara cerámica) (200b) que se caracteriza por ser un recubrimiento del modelo o de los racimos con baños cerámicos o elementos refractarios, mediante la inmersión del árbol en sustancias seleccionadas de baños cerámicos, de manera que se obtiene un cascarón de material refractario; desbarbado de material (200c), para eliminar aristas vivas, imperfecciones provistas por las líneas de partición de los moldes previamente usados, entre otros tipos de acabados superficiales menores; procesos de identificación de pieza (200d), para trazabilidad del producto por lotes de fabricación; uno o más ciclos de desencerado de los moldes refractarios (200e) se da para la eliminación o extracción del patrón o modelo descartable de las cavidades formadas por el cascarón refractario; inspección de la integridad del molde

refractario (200g), en la que se evalúa la integridad del molde refractario, verificando que esté libre de fisuras, grietas y no exista desprendimiento de piezas, de presentar una falla, se reparará con la reiteración desde la etapa (200b) o desde la etapa inicial (200a); consolidación del molde refractario (200f) para la conformación y curado del molde refractario; colado (200i) que se caracteriza por verter material en fase líquida a alta temperatura en el molde refractario; solidificación y desmolde (200j), en la cual se espera que el material en fase líquida pase a fase sólida dentro del molde refractario; etapas de corte, acabado e inspección (200k); tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) la cual se caracteriza por una elevación de la temperatura del material en cercanías o márgenes superiores seleccionados de punto eutéctico del material, manteniendo dicha temperatura por un tiempo específico y para luego realizar un enfriamiento rápido en medios seleccionados de medios líquidos; tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m), que se selecciona de procesos de revenido en los que se disminuyen los efectos de la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) relacionados con las tensiones generadas por un enfriamiento desigual de las capa superficial y el núcleo o capa interna del dispositivo seguro de sujeción de bombas aerotransportadas (100) y recubrimiento (200o) que busca la protección superficial del dispositivo de sujeción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra una comparativa entre el perno según norma y el incremento de las áreas transversales.

La Figura 2 muestra el perno bajo norma como fig.2a con vistas de corte D-D y E-E mostrando las áreas tradicionalmente usadas, y el perno de la presente invención como fig.2b con vistas de corte F-F y G-G con el incremento de las áreas transversales.

La Figura 3 muestra un modelo tridimensional del racimo según la etapa de obtención del modelo (200a), así como una vista de sección de este.

La Figura 4 muestra un modelo tridimensional del molde refractario según la etapa de elaboración del molde en cascarón (200b), así como una vista de sección de este.

La Figura 5 muestra una curva de sinterizado de acuerdo con la etapa de consolidación del molde refractario (200f).

La Figura 6 muestra una curva de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L).

La Figura 7 muestra una curva de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m).

5 La Figura 8 muestra aspectos relevantes constitutivos de los ensayos a los elementos de sujeción de bombas. En la Figura 8a se muestran las direcciones de aplicación de las cargas para ensayos a tracción y en la Figura 8b se muestran los requisitos de la muestra para ensayos de impacto.

10 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

La presente invención se relaciona con los métodos para la fabricación de elementos o dispositivos (nombrados indistintamente a lo largo del texto) de sujeción de bombas, así como con los elementos obtenidos por dicho método. El método aquí descrito es una
15 alternativa a la forja, que permite la disminución de costos, garantizando el cumplimiento de la normatividad asociada y las solicitudes mecánicas y geométricas propias de los pernos o elementos de sujeción segura para bombas aerotransportadas.

El presente método se caracteriza por la utilización de materiales que pueden ser fundidos y tratados térmicamente, seleccionados de aceros, aceros de baja aleación, aceros de alta
20 aleación, entre otros. En la modalidad preferida de la invención dichos materiales se seleccionan de aceros microaleados o aceros de alta resistencia de baja aleación (High Strength Low-Alloy - HSLA), aceros comerciales o usados en conjunto con otros elementos aleantes.

25 En el proceso de fabricación de elementos o dispositivos de sujeción segura para bombas aerotransportadas comprende diferentes etapas principalmente las de microfundición y tratamientos térmicos. Adicionalmente la presente invención comprende diferentes etapas del proceso productivo.

30 El presente elemento para la sujeción segura de bombas aerotransportadas (100) se caracteriza porque comprende un incremento del área transversal en las secciones laterales de la argolla (101), como se muestra en el corte de sección F-F en la Figura 2b, en porcentajes seleccionados entre porcentajes comprendidos entre el 2.5% y el 12.5%,
35 de mayor preferencia comprendidos entre el 9% y el 10.5%.

Además, el perno para sujeción de bombas aerotransportadas (100) se caracteriza porque comprende un incremento del área transversal en la sección superior de la argolla (102), como se muestra en la sección de corte G-G en la Figura 2b en porcentajes seleccionados entre el 2.5% y el 65%, de mayor preferencia en porcentajes seleccionados entre el 35% y el 55%. En la modalidad preferida de la invención los incrementos del área transversal en la sección superior de la argolla (102) se relacionan con incrementos entre el 40% y el 52%. Así las cosas, se da un incremento en los lineamientos determinados en la norma MS3314, a la vez que se satisfacen los requerimientos técnicos, geométricos y espaciales, puesto que el elemento para sujeción de bombas aerotransportadas (100) garantiza un transporte, acople y desacople seguro en la aeronave o espacio de almacenamiento.

Por su parte, incremento del área transversal en las secciones laterales de la argolla (101), se caracterizan por tener un incremento del área transversal, donde dicho incremento puede ser un incremento porcentual progresivo o ser un incremento porcentual simple o constante. Así las cosas, dichos incrementos porcentuales tienen como referente al arte previo definido en el estándar militar MS3314, y se seleccionan entre incrementos del 2 % al 20 %, de mayor preferencia comprendidos entre 5% y 15% y de aún mayor preferencia comprendidos entre 8 y 12%. Se resalta como el arte previo contempla un área máxima como se muestra en la Figura 2a, en la sección de corte D-D y señalada como A. V de 139.61 mm², la presente invención incrementa el área de manera que se acopla y desacopla efectivamente de la aeronave probados tanto en laboratorio, como en combate; la modalidad preferida de la invención comprende secciones laterales de la argolla (101) con un área de 153.7 mm² ± 5%, como se muestra en la Figura 2b en la vista de sección F-F y señalada como A.VII.

El incremento del área transversal en la sección superior de la argolla (102), se caracteriza por comprender un área mayor a la determinada por estándar militar MS3314, sin comprometer su funcionamiento para suspensión, permitir la libre inserción y liberación en los medios de anclaje en la aeronave, donde dichos incrementos del área transversal en la sección superior de la argolla (102), se caracterizan por comprender incrementos seleccionados entre el 10% y 50%, de mayor preferencia incrementos comprendidos entre 20% y 40% y de aún mayor preferencia incrementos comprendidos entre 30% y 35%, de la misma forma, en la Figura 2b se muestra un cambio en el perímetro y forma geométrica de la sección transversal. Se resalta como el arte previo contempla un área máxima como se muestra en la Figura 2a, en la sección de corte E-E como A.VI de 129.42 mm², la presente invención incrementa el área de manera que se acopla y desacopla efectivamente

de la aeronave probados tanto en laboratorio, como en combate; la modalidad preferida de la invención comprende un incremento del área transversal en la sección superior de la argolla (102) de $171.78 \text{ mm}^2 \pm 15\%$, como se muestra en la Figura 2b en la vista de sección G-G como A.VIII.

5

Asimismo, en la Figura 1 se muestra un corte longitudinal del elemento de sujeción para bombas aerotransportadas (100) de la presente invención, bajo dos líneas de corte denominadas A-A y B-B y sobrepuesto a este, con un color gris se muestran las mismas líneas de corte sobre el elemento de sujeción del arte previo, se resalta como el área comprendida en la sección A-A del arte previo se denomina A.II y el área comprendida por el elemento de sujeción de la presente invención se denomina A.I. También, en la sección de corte B-B el área A.III hace referencia al área comprendida por el elemento de sujeción de la presente invención y el A.IV hace referencia al área del arte previo. El incremento de A.I respecto de A.II se selecciona entre incrementos porcentuales comprendidos entre el 2% y el 10%, de mayor preferencia entre el 4% y el 8%, y de aún mayor preferencia el incremento del área transversal es del $6\% \pm 1\%$; por otra parte, el incremento de A.III respecto de A.IV se selecciona entre incrementos porcentuales comprendidos entre el 2% y el 10%, de mayor preferencia entre el 4% y el 8%, y de aún mayor preferencia el incremento del área transversal es del $6.5\% \pm 1\%$. Se resalta como dichos incrementos difieren notablemente de los contemplados en (101) y (102), por lo que al elemento de sujeción de bombas aerotransportadas (100) no es un incremento de tamaño exclusivamente y supone una ventaja técnica el incremento mínimo de estos respecto de los contemplados por (101) y (102) puesto que se pueden suspender, acoplar y desacoplar efectivamente de la aeronave e incrementan la resistencia del elemento de sujeción y propenden por formas que alivian las concentraciones de esfuerzos durante su uso, donde dichos incrementos se derivan de la experimentación tanto en laboratorio, como en combate.

10

15

20

25

El elemento de sujeción segura de bombas aerotransportadas comprende incrementos de áreas seleccionados de: el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.61 mm^2 en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm^2 en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%.

30

35

En relación con el método de fabricación (200) el elemento de sujeción para bombas aerotransportadas (100), como una etapa preparativa, se da la elaboración de un modelo que contempla las contracciones del material en materiales seleccionados de ceras, plásticos, polímeros, entre otros materiales utilizados en la elaboración de patrones o modelos descartables, de mayor preferencia se utiliza cera industrial 3185T microfunción bajo el proceso de inyección en molde permanente. Dicha etapa previa, la cual es opcional, llamada obtención del modelo (200a) comprende la inyección de cera en una o más cavidades presentes en un molde de inyección. Las cavidades de los moldes comprenden dimensiones ligeramente superiores en zonas seleccionadas de zonas de la pieza que requieran de operaciones de remoción de material, desprendimiento de viruta o mecanizado, así como ángulos de desmoldeo, contracción por enfriamiento, entre otros tipos de aumentos dimensionales propios del proceso de inyección en molde.

El método de fabricación de un elemento mecánico para sujeción segura de bombas aerotransportadas sin proceso de forja comprende etapas seleccionadas de incremento del área transversal que incluyen el incremento del área transversal (A.VII) en las secciones laterales de la argolla (101) respecto al área máxima (A.V) de 139.61 mm² en un porcentaje comprendido entre el 2% y el 20%; incremento del área transversal (A.VIII) en la sección superior de la argolla (102) respecto al área máxima (A.VI) de 129.42 mm² en un porcentaje comprendido entre el 10% y el 50%.

En una modalidad de la presente invención, para la obtención del modelo (200a) se utilizan moldes de la pieza final, para luego unirlos al sistema de alimentación a manera de árbol o racimo, que implica flexibilidad en el proceso, pudiendo reemplazar las piezas fácilmente y un costo menor en la elaboración del molde; así como la posibilidad de utilizar ceras reutilizadas en los sistemas de alimentación, debido a los requisitos dimensionales menores de estos.

En otra modalidad de la invención, para la obtención del modelo (200a) se utilizan moldes permanentes de inyección con el modelo final del árbol o racimo que incluye los modelos de los dispositivos, de forma que el proceso de fabricación reduce considerablemente los tiempos de fabricación, mejora la repetitividad de este y disminuye posibles fallos debido al pegado manual de los modelos en el racimo.

La etapa de obtención del modelo (200a) en una modalidad de la invención, comprende la inyección de cera en un molde, así como comprende el calentamiento de la cera hasta

puntos cercanos al punto de fundición, seleccionados de temperaturas comprendidas entre 40°C y 70°C, de mayor preferencia entre 50°C y 65°C, que permitan fluir a la cera sin cristalizarla o evaporarla, para su posterior inyección en molde mediante presiones de inyección seleccionadas entre 1000 kPa y 12000 kPa, de mayor preferencia seleccionadas entre 2000 kPa y 8000 kPa; para finalmente enfriar las réplicas obtenidas mediante inmersión en líquidos seleccionados de agua en conjunto con estabilización y enfriamiento a temperatura ambiente, de forma que se aseguren la tenacidad e integridad superficial de la pieza y, en consecuencia, del revestimiento o molde por baños cerámicos.

Como etapas adicionales e intermedias entre la etapa (200a) y etapa (200b) del presente método, se incluyen etapas de desbarbado de material (200c); para eliminar aristas vivas, imperfecciones provistas por las líneas de partición de los moldes previamente usados, entre otros tipos de acabados superficiales menores. También, se incluyen procesos de identificación de pieza (200d), para trazabilidad del producto por lotes de fabricación, así como para procesos estadísticos y de calidad, dicha identificación en una modalidad de la presente invención se realiza bajo operaciones seleccionadas de identificación en bajo relieve.

Seguido a esto, la etapa de elaboración de molde en cascarón (cascara ceramica) (200b) se caracteriza por ser un recubrimiento del modelo o de los racimos con baños cerámicos o elementos refractarios, mediante la inmersión del árbol en sustancias seleccionadas de baños cerámicos, de manera que se obtiene un cascarón de material refractario. En una modalidad de la presente invención, la elaboración de molde en cascarón (200b) se caracteriza porque los baños cerámicos se hacen mediante la inmersión en sustancias seleccionadas de aglutinantes y lodos refractarios tales como etil silicato hidrolizado, para después aplicar baños cerámicos secos seleccionados de materiales refractarios tales como arena sílice, entre otros; la inmersión en sustancias aglutinantes y la aplicación de baños cerámicos secos tiene lugar de manera reiterativa, previendo un tiempo de secado en cada iteración, en una modalidad de la presente invención se realizan 8 baños húmedos y 7 baños secos, y donde la mención de estas sustancias y cantidad de iteraciones no podrán ser una limitante, puesto que una persona versada en la materia comprende como elaborar cascarones refractarios seleccionando materiales y cantidad de baños, según el volumen del racimo, por lo que podrán ser usadas diversidad de sustancias, cantidades de aplicación e iteraciones, incluso si no han sido mencionadas, cumpliendo con el espíritu de la presente invención.

Seguido a esto, el proceso de desencerado de los moldes refractarios (200e) se da para la eliminación o extracción del patrón o modelo descartable de las cavidades formadas por el cascarón refractario, de manera que se extrae por procesos de fusión de la cera, a temperaturas menores a las de fusión o sinterización del cascarón, de forma que se asegura la integridad del último. En una modalidad de la presente invención, los modelos descartables se extraen mediante el uso de solventes.

Dicho desencerado de los moldes refractarios (200e) en una modalidad de la invención se realiza de forma iterativa, pudiendo realizarse en autoclave o máquinas similares, bajo condiciones relacionadas con el volumen a desalojar y geometría del modelo descartable, el espesor del cascarón, entre otros, por lo que el cascarón refractario es introducido con el bebedero apuntando hacia el suelo, para que, por gravedad el modelo descartable sea desalojado.

En la modalidad de la invención en que se utiliza autoclave para el desencerado de los moldes refractarios (200e), de manera preferente se utilizan presiones comprendidas entre los 340 kPa y los 1400 kPa, de mayor preferencia entre 760 kPa y 830kPa, así como temperaturas mayores a la temperatura de fusión del modelo descartable, que, para la modalidad en que este es en cera virgen se prefieren temperaturas comprendidas entre 120°C y 150°C, realizándose uno o más ciclos de desencerado,

Posteriormente, se adelanta la operación de consolidación del molde refractario (200f), de forma que el molde es cocido o curado, se evaporan impurezas, sobrantes del modelo descartable, de manera que la consolidación del material fundido no contenga impurezas, ni inclusiones. En una modalidad de la invención, la consolidación del molde refractario (200f) se selecciona de operaciones de sinterizado. Previo a la etapa de sinterizado para la consolidación del molde refractario (200f) existe una etapa opcional de inspección de la integridad del molde refractario (200g), en la que se evalúa la integridad del molde refractario, verificando que esté libre de fisuras, grietas y no exista desprendimiento de piezas, de presentar una falla, se reparará con la reiteración desde la etapa (200b) o desde la etapa inicial (200a).

En la modalidad de la invención en que la etapa de consolidación del molde refractario (200f) se selecciona de operaciones de sinterizado, se aprovecha que dicha operación eleva la temperatura de los moldes refractarios para disminuir el choque térmico propio de los moldes a temperatura ambiente, durante el proceso de colado. De manera preferente

la operación de sinterizado se da en temperaturas seleccionadas entre la temperatura ambiente y al menos el 52% de la temperatura de fusión del material colado, de mayor preferencia en rangos entre temperatura ambiente y 90% de la temperatura de fusión del material del molde refractario; esto con el objetivo de eliminar la diferencia entre la temperatura de fusión del material colado y el molde refractario, de forma que, entre menor sea la diferencia, menor será el choque térmico, por lo que se entiende que se comprenden mayores temperaturas, en la Figura 5 se muestra una curva del horno de sinterizado para la consolidación del molde refractario (200f), donde se aprecia una modalidad preferente entre 0°C y 1100°C durante 4 horas con múltiples pendientes en el incremento de temperatura, también se aprecian dos curvas adicionales en los que la invención comprende su funcionamiento, otorgando unos rangos a la temperatura de sinterizado en los que existe una efectiva consolidación del molde refractario (200f).

Durante la etapa de consolidación del molde refractario (200f) y posterior a esta, se tiene lugar la etapa opcional de eliminación de impurezas (200h), en la cual se retira el molde refractario del horno de sinterizado y se eliminan las impurezas por medio de mecanismos de limpieza seleccionados de aplicación de aire a presión, aplicación de solventes, entre otros medios y procesos usados para la eliminación de impurezas, de preferencia no metálicas.

La etapa de colado (200i) se caracteriza por verter material en fase líquida a alta temperatura en el molde refractario sinterizado a 1100 °C, de manera que una vez solidificado dicho material en fase sólida adquiere la forma definida por el molde refractario. Se resalta como las etapas comprendidas por el presente método no utilizan el proceso de forja, determinada en los estándares MIL-F-7190B, MIL-L-81558, entre otros, de forma que se presenta una nueva alternativa para la producción y elaboración de estos dispositivos, no contemplada en el estado de la técnica, debido a la asociación de la forja con propiedades mecánicas superiores, a la estandarización de la forja en la producción de los elementos de sujeción de bombas aerotransportadas, todo esto, sin contemplar posibles variaciones que cumplan con las especificaciones técnicas, dimensionales y mecánicas, como lo detalla la presente invención.

Respecto a la etapa de colado (200i), en una modalidad de la presente invención, el material en fase líquida se selecciona entre los materiales comprendidos por los aceros microaleados o aceros de alta resistencia de baja aleación (High Strength Low-Alloy - HSLA), comerciales o usados en conjunto con otros elementos aleantes. Se contemplan

aceros donde sus elementos aleantes se seleccionan de níquel, cromo, molibdeno, manganeso, vanadio, sílice y carbono.

En una modalidad de la invención, la etapa de colado (200i) se caracteriza por ser una aleación seleccionada de aceros de alta resistencia y baja aleación, aceros de baja aleación, de mayor preferencia los seleccionados de aleaciones al molibdeno, al níquel, aleaciones al cromo-molibdeno, aleaciones al cromo-molibdeno-vanadio, aleaciones al cromo-molibdeno-níquel, aleaciones al cromo-molibdeno-níquel-vanadio, entre otros tipos de aceros de baja aleación, donde sus elementos aleantes son menores al 12%. En la modalidad preferida de la invención, la aleación en la colada se selecciona de aleaciones cromo-níquel-molibdeno, con elementos aleantes adicionales seleccionados de vanadio, entre otros elementos refinadores de grano, así como la inclusión de ferrovanadio en el proceso de fundición.

En una modalidad de la invención, la composición química de los elementos aleantes, comprenden elementos seleccionados de carbono desde 0.38% a 0.43%, silicio desde 0.15% a 0.5%, manganeso desde 0.6% a 0.8%, molibdeno en 0.18% a 0.32%, cromo en proporciones de 0.67% a 0.93%, níquel de 1.6% a 2.05% y puede comprender la adición de vanadio de 0.01% a 1.9%, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Elemento	Peso %
C	0,38% - 0,43
Si	0,15% - 0,5
Mn	0,6% - 0,8
P	0.035% Max.
S	0.04% Max.
Cr	0,67% - 0,93
Ni	1,6% - 2,05
Mo	0,18% - 0,32
V	0,04% - 1,9
Fe	Balance

En la modalidad preferida de la invención, la composición química de los elementos aleantes, comprenden elementos seleccionados de carbono desde 0.38% a 0.43%, silicio desde 0.37% a 0.47%, manganeso desde 0.7% a 0.85%, molibdeno en 0.25% a 0.30%,

cromo en proporciones de 0.70% a 0.80%, níquel de 1.90% a 2.00% y puede comprender la adición de vanadio de 0.065% a 0.100%, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Elemento	Peso %
C	0,38 - 0,43
Si	0.37- 0.47
Mn	0.70 - 0.85
P	0.035% Max.
S	0.04% Max.
Cr	0.70 - 0.80
Ni	1.90 - 2.00
Mo	0.25 - 0.30
V	0.065 - 0.1
Fe	Balance

5

Como etapa posterior a la etapa de colado (200i) tiene inicio a la etapa de solidificación y desmolde (200j), en la cual se espera que el material en fase líquida pase a fase sólida dentro del molde refractario, se solidifique y llegue a temperatura ambiente, para luego retirar el molde refractario y eliminar los restantes de este (Desmolde). En una modalidad de la invención, justo después de la etapa de colado (200i), durante el inicio de la etapa de solidificación y desmolde (200j) se adiciona dentro del racimo ferrux gris (exotérmico) o cascarilla de arroz, para minimizar las pérdidas de temperatura del metal por irradiación y mejorar la calidad del material fundido. En una modalidad de la invención la etapa de desmolde (200j) se hace bajo operaciones seleccionadas de descascarado, granallado, arenado, entre otro tipo de operaciones de remoción de material por medios neumáticos y abrasivos, de manera que se mantiene la integridad del elemento para sujeción de bombas aerotransportadas (100).

10

15

20

Adicionalmente, el método aquí descrito comprende de manera opcional las etapas de corte, acabado e inspección (200k). Durante la etapa de cortes se realiza la separación del elemento de sujeción de bombas aerotransportadas (100) del racimo o árbol, mediante el corte de los canales de alimentación, guardando una distancia prudencial para evitar calentamientos excesivos de la pieza y consecuentes perdida de las propiedades estructurales deseadas, así como se da un terminado para su montaje en la maquinaria o

equipos de mecanizado o remoción de material. Durante la etapa de mecanizado, maquinado o remoción de material tienen lugar las etapas de remoción que generan y corrigen las geometrías sobrantes, de manera que durante esta etapa se generan las operaciones de torneado, fresado, mandrinado o roscado, entre otras, de forma que se obtienen dimensiones cercanas a la pieza final, en etapas posteriores a la realización de los tratamientos térmicos; Toda vez que se requiere la conservación de las propiedades geométricas de las operaciones de roscado, que pueden ser alteradas dimensionalmente o que pueden sufrir distorsiones durante los tratamientos térmicos.

Ulteriormente, tiene lugar la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L), la cual se caracteriza por una elevación de la temperatura del material en cercanías o márgenes superiores seleccionados de punto eutéctico del material, manteniendo dicha temperatura por un tiempo específico y para luego realizar un enfriamiento rápido en medios seleccionados de medios líquidos. Dicho aumento de temperatura comprende unas consideraciones en el incremento de la misma, de forma que no se generen tensiones térmicas, deformaciones o grietas; por lo que comprende una zona inicial de precalentamiento, para aliviar las posibles tensiones originadas por la baja conductividad térmica del acero a bajas temperaturas, donde dicho precalentamiento tiene lugar en incrementos desde la temperatura ambiente seleccionados desde 0.2°C/s hasta valores de 2.5°C/s durante tiempos seleccionados entre 100s y 3500s, de mayor preferencia desde 0.5°C/s hasta valores de 1°C/s durante tiempos seleccionados entre 300s y 1200s y aún más preferente en incrementos desde 0.75°C/s hasta valores de 0.85°C/s durante tiempos seleccionados entre 500s y 800s, para luego mantener la temperatura alcanzada de precalentamiento, donde la temperatura de precalentamiento se selecciona desde los 420°C hasta los 580°C durante tiempos seleccionados entre los 900s a 3600s, de mayor preferencia temperaturas seleccionadas desde los 450°C hasta los 550°C durante tiempos seleccionados entre los 1200s a 2700s, y en la modalidad preferida de la invención temperaturas seleccionadas desde los 490°C hasta los 510°C durante tiempos seleccionados entre los 1500s a 2100s; donde dichos incrementos buscan minimizar los efectos derivados de los cambios bruscos de temperatura, y donde sus tiempos de duración prevén que la temperatura alcance el interior de la pieza, que en caso del elemento de sujeción de bombas aerotransportadas (100) en su versión de 1000lb se determina en tiempos de sostenimiento del precalentamiento comprendidos. En una modalidad preferida de la invención, se muestra la curva de tratamientos térmicos en la Figura 6, los cuales son comprendidos por la presente invención, en dicha se aprecian diferentes rangos que permiten llevar a cabo correctamente la etapa de tratamientos

térmicos de endurecimiento (200L).

Durante la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L), específicamente posterior al proceso de precalentamiento y sostenimiento del precalentamiento, se da un incremento comprendido como elevación a temperatura de austenización, desde la temperatura de sostenimiento del precalentamiento seleccionados desde 0.025°C/s hasta valores de 1°C/s durante tiempos seleccionados entre 600s y 14400s, de mayor preferencia desde 0.1°C/s hasta valores de 0.4°C/s durante tiempos seleccionados entre 500s y 5000s y aún más preferente en incrementos desde 0.16°C/s hasta valores de 0.25°C/s durante tiempos seleccionados entre 800s y 3000s; para luego mantener la temperatura de austenización, donde la temperatura de austenización se selecciona desde los 800°C hasta los 1000°C durante tiempos seleccionados entre los 300s a 10800s, de mayor preferencia temperaturas seleccionadas desde los 830°C hasta los 900°C durante tiempos seleccionados entre los 2400s a 5400s, y en la modalidad preferida de la invención temperaturas seleccionadas desde los 845°C hasta los 875°C durante tiempos seleccionados entre los 3300s a 3900s; de forma que el material de la pieza alcance la fase austenización completamente, se evite la descarburización y la formación de calamina, así como evita que el óxido de hierro llegue a la superficie de la pieza manteniendo su composición química y brindando así una estructura adecuada para el temple, homogenizando la austenita, que en caso del elemento de sujeción de bombas aerotransportadas (100) en su versión de 1000lb se determina en tiempos de sostenimiento de homogenización de austenita comprendidos entre 600s y 14400s, de mayor preferencia entre 1800s y 9000s, de aún mayor preferencia 2700s y 4500s. En una modalidad preferida de la invención, se muestra la curva de tratamientos térmicos en la Figura 6.

Durante la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L), específicamente posterior al proceso de elevación a temperatura de austenización, se da una rápida disminución desde la temperatura de sostenimiento de homogenización de austenita, mediante inmersión en fluidos seleccionados entre aire, agua, aceite, baños en plomo, entre otros. En la modalidad preferida de la invención el enfriamiento o temple se da en aceite, a temperaturas comprendidas entre temperatura ambiente y 120°C, de mayor preferencia entre 40°C y 160°C, y de aún mayor preferencia entre 55°C y 70°C mediante inmersión, hasta que la temperatura de la pieza descienda a un punto inferior de la temperatura de precalentamiento, de aún mayor preferencia hasta la temperatura ambiente, de forma que se prevé una agitación para evitar el calentamiento excesivo del medio líquido para el temple, comprendido durante tiempos seleccionados entre 120s y

1800s, de mayor preferencia entre 200 s y 1200s, y de aún mayor preferencia entre 240s y 900s, en otra modalidad de la invención, se caracteriza por la inmersión en medios líquidos, sin agitar. En la modalidad de la invención que se comprende la inmersión con agitación del medio o de la pieza, de forma que el enfriamiento tenga lugar en tiempos reducidos, con un grado mayor de homogeneidad, y se lleguen a durezas superiores; dicha agitación se comprende como una agitación a niveles mayores o iguales al 50% durante los primeros instantes de inmersión e inferiores o iguales al 50% en la etapa posterior, de mayor preferencia una agitación a niveles mayores o iguales al 60% durante los primeros instantes de inmersión e inferiores o iguales al 60% en la etapa posterior.

Posterior a la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L), tiene lugar la etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m), que se selecciona de procesos de revenido en los que se disminuyen los efectos de la etapa de tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) relacionados con las tensiones generadas por un enfriamiento desigual de las capa superficial y el núcleo o capa interna del dispositivo seguro de sujeción de bombas aerotransportadas (100), por lo que se da una elevación de la temperatura que permita el alivio de dichas tensiones superficiales. Dicha etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m) en una modalidad de la invención, tiene lugar en periodos prolongados de tiempo, generalmente superiores a 1800s de mayor preferencia en tiempos comprendidos entre 5400s y 9000s, a temperaturas seleccionadas entre 400°C y 800°C, de mayor preferencia, entre 520°C y 600°C, y de aún mayor preferencia entre 550°C y 570°C, para posteriormente enfriarse en horno o al contacto con el ambiente. En una modalidad de la invención en la Figura 7, se muestra la curva preferente, así como diferentes curvas en las que es posible llevar a cabo de manera satisfactoria la etapa de tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos.

Dichos tratamientos térmicos de endurecimiento (200L) o los tratamientos térmicos de alivio de esfuerzos (200m), en una modalidad de la invención, se caracterizan por tener lugar en hornos con atmósfera controlada u hornos de vacío, que garantizan en mayor medida la composición química de los elementos de sujeción de bombas aerotransportadas (100), así como generan una cámara libre de impurezas, que minimiza los efectos adversos en la calidad de estos. En dicha modalidad, la presión es menor a la presión atmosférica y se selecciona entre 10^{-2} mbar hasta 10^{-5} mbar, que muestra un incremento porcentual en las pruebas de resistencia a la tracción del elemento de sujeción de bombas aerotransportadas (100) de entre el 4% y 8%.

Por último, después de las operaciones de mecanizado opcionalmente se da un proceso de recubrimiento (200o) que busca la protección superficial del dispositivo de sujeción segura para bombas aerotransportadas (100), seleccionada de procesos de recubrimiento superficial de pintura, irisado, cincado, cromado, pasivado irisado, entre otros procesos de tratamiento superficial.

De forma opcional, y posterior a cualquiera de las etapas que implican una solidificación del elemento de sujeción para bombas aerotransportadas (100) se da una inspección (200p), donde dicha inspección se selecciona de inspección no destructiva, seleccionada de inspección visual, partículas magnéticas, ultrasonido, radiografía, líquidos penetrantes, electromagnetismo, emisión acústica, entre otros, que buscan evaluar la integridad e idoneidad del elemento de sujeción para bombas aerotransportadas, de manera que cumpla con los requerimientos, estándares y solicitudes, evitando fallas durante el proceso.

El cumplimiento de los estándares esperados para el elemento de sujeción para bombas aerotransportadas, que, han sido establecidos bajo el precepto de que el perno se realizará por operaciones de forja, debido al flujo continuo del grano, que implica una resistencia mejorada de las piezas elaboradas bajo este método respecto a las piezas fundidas; por lo que, existe la necesidad de un método de menor costo para fabricación de este tipo de elementos, sin embargo, los métodos relacionados con la fundición o microfundición no cuentan con la resistencia óptima; prueba de esto, se expone en los siguientes ejemplos.

EJEMPLO 1

Se realiza perno de sujeción en material acero AISI 4340 con la composición química detallada en la Tabla 3, mecanizado bajo las etapas (200b), (200c), (200f), (200i) y con tratamientos térmicos de bonificado, se realiza mediante operaciones de forja, y se realizan ensayos a tensión con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 155.69 kN (35.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura, a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 120.1 kN (27.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 103,64 kN (23.300 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 80,06 kN (18.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente; (detallados en Figura 8A) ensayos de impacto en mostrados en la Figura 8B, donde el

elemento de sujeción de impactarse con una carga de de 271.16 Nm (200ft lb) aplicada en la dirección “Z” con masa de 9.28kg (20lb) a una altura en caída libre de 3.3m (10ft), El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de ¼” de diámetro y una dureza mínima de HRC 60, de acuerdo a especificaciones de la norma MIL-L_81558 y los resultados de cinco (5) ensayos se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 3

Elemento	Peso %
C	0.39 – 0.41
Si	0.30
Mn	0.78
P	0.015
S	0.013
Cr	0.78
Ni	0.21
Mo	1.66
Fe	Balance

Los ensayos de tensión se realizan con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura.

Tabla 4

Ensayo	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
No.1	36	208.49	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.2	37	200.50	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.3	37	200.12	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.4	37	207.24	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.5	40	198.44	Llevado a la fractura	Cumple Norma.

EJEMPLO 2

Se realiza perno de sujeción microfundido, tomando como modelo para fundir cavidad perno forjado en material Acero AISI 4340 con composición química detallada en la Tabla 5, mecanizado bajo las etapas (200b), (200c), (200f), (200i) sin adición de vanadio, donde los ensayos realizados incluyen: ensayos a tensión con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección

vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 155.69 kN (35.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura , a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 120.1 kN (27.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 103,64 kN (23.300 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 80,06 kN (18.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente; (detallados en Figura 8A) ensayos de impacto en mostrados en la Figura 8B, donde el elemento de sujeción de impactarse con una carga de de 271.16 Nm (200ft lb) aplicada en la dirección “Z” con masa de 9.28kg (20lb) a una altura en caída libre de 3.3m (10ft), El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de ¼” de diámetro y una dureza mínima de HRC 60, de acuerdo a especificaciones de la norma MIL-L_81558 y los resultados de un (1) ensayo se relacionan en la Tabla 6.

Tabla 5

Elemento	Peso %
C	0.38
Si	0.34
Mn	0.85
P	0.011
S	0.026
Cr	0.79
Ni	1.72
Mo	0.20
Fe	Balance

Los ensayos de tensión se realizan con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura.

Tabla 6

Ensayo	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
No.1	24	108.7	Llevado a la fractura	No Cumple Norma.

EJEMPLO 3

Se realiza perno de sujeción microfundido, tomando como modelo para fundir cavidad perno forjado en material en material Acero AISI 4340 con composición química detallada en la Tabla 7, mecanizado bajo las etapas (200b), (200c), (200f), (200i) **con adición de vanadio**, sin tratamientos térmicos. Donde los ensayos realizados incluyen: ensayos a tensión con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 155.69 kN (35.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura , a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 120.1 kN (27.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 103,64 kN (23.300 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 80,06 kN (18.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente; (detallados en Figura 8A) ensayos de impacto en mostrados en la Figura 8B, donde el elemento de sujeción de impactarse con una carga de 271.16 Nm (200ft lb) aplicada en la dirección “Z” con masa de 9.28kg (20lb) a una altura en caída libre de 3.3m (10ft), El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de ¼” de diámetro y una dureza mínima de HRC 60, de acuerdo a especificaciones de la norma MIL-L_81558 y los resultados de dos (2) ensayos se relacionan en la Tabla 8.

Tabla 7

Elemento	Peso %
C	0.40
Si	0.42
Mn	0.75
P	0.012
S	0.020
Cr	0.87
Ni	1.72
Mo	0.28
V	0.0674
Fe	Balance

Los ensayos de tensión se realizan con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura.

Tabla 8

Ensayo	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
No.1	34	162.97	Llevado a la fractura	No Cumple Norma.
No.2	31	165.27	Llevado a la fractura	No Cumple Norma.

EJEMPLO 4

Se realiza perno de sujeción microfundido, tomando como modelo para fundir cavidad perno forjado en material Acero AISI 4340 con composición química detallada en la Tabla 9, mecanizado bajo las etapas (200b), (200c), (200f), (200i) **con adición de vanadio, con tratamientos térmicos**. Donde los ensayos realizados incluyen: ensayos a tensión con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 155.69 kN (35.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura, a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 120.1 kN (27.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 103,64 kN (23.300 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 80,06 kN (18.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente; (detallados en Figura 8A) ensayos de impacto en mostrados en la Figura 8B, donde el elemento de sujeción de impactarse con una carga de 271.16 Nm (200ft lb) aplicada en la dirección "Z" con masa de 9.28kg (20lb) a una altura en caída libre de 3.3m (10ft), El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de 1/4" de diámetro y una dureza mínima de HRC 60, de acuerdo a especificaciones de la norma MIL-L_81558 y los resultados de ocho (8) ensayos se relacionan en la Tabla 10.

Tabla 9

Elemento	Peso %
C	0.40
Si	0.44
Mn	0.78
P	0.009
S	0.023
Cr	0.77
Ni	1.90
Mo	0.28

V	0.064
Fe	Balance

Los ensayos de tensión se realizan con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) -
Requisito: NO debe presentar ruptura

5

Tabla 10

Ensayo	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
No.1	41	183.04	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.2	40	200.69	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.3	40	187.18	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.4	41	196.40	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.5	41	202.88	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.6	41	182.40	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.7	43	205.81	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.8	41	187.62	Llevado a la fractura	Cumple Norma.

EJEMPLO 5

10

Se realiza perno de sujeción microfundido, diseñando de modelo y fabricación molde tomando de referencia desarrollo de perno microfundido en cavidad elaborada con modelo de perno forjado en material Acero AISI 4340 con composición química detallada en la Tabla 11, mecanizado bajo las etapas (200b), (200c), (200f), (200i) **con adición de vanadio, con tratamientos térmicos, con incremento de geometría.** Donde los ensayos

15

realizados incluyen: ensayos a tensión con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 155.69 kN (35.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura , a un ángulo respecto de la vertical de 6° (W) con 120.1 kN (27.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente, de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 103,64 kN (23.300 lbs) - Requisito: NO debe presentar ruptura de tensión a un ángulo respecto de la vertical de 35° (X) con 80,06 kN (18.000 lbs) - Requisito: NO debe presentar deformación permanente; (detallados en Figura 8A) ensayos de impacto en mostrados en la Figura 8B, donde el elemento de sujeción de impactarse con una carga de 271.16 Nm (200ft lb) aplicada en la dirección "Z" con masa de 9.28kg (20lb) a una altura en caída libre

20

de 3.3m (10ft), El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de 1/4" de diámetro y una dureza mínima de HRC 60, de acuerdo a especificaciones de la norma MIL-L_81558 y los resultados promedio de X cantidad de ensayos se relacionan en la Tabla 12.

5

Tabla 11

Elemento	Peso %
C	0.40
Si	0.49
Mn	0.79
P	0.01
S	0.028
Cr	0.81
Ni	1.90
Mo	0.27
V	0.076
Fe	Balance

Los ensayos de tensión se realizan con 177.92 kN (40.000 lbs) en dirección vertical (Z) - Requisito: NO debe presentar ruptura.

10

Tabla 12

Ensayo	Resistencia Tracción (KN)	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
No.1	193.55	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.2	208.75	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.3	199.29	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.4	218.76	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
No.5	213.09	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Dureza HRC		40 - 43	

Las figuras presentadas en la presente descripción se presentan con propósitos meramente ilustrativos. Las figuras descritas no limitan el alcance de la invención divulgada. Una persona versada en el arte es capaz de concebir modificaciones posteriores a los principios determinados en el presente documento.

15

5 Aunque algunas modalidades de la invención se describen en la presente descripción, se apreciará que numerosas modificaciones y otras modalidades pueden concebirse por aquellos expertos en la materia con posterioridad a la divulgación de la presente invención. Por ejemplo, las características para las diferentes modalidades pueden usarse en otras modalidades. Por lo tanto, se entenderá que las reivindicaciones anexas pretenden cubrir todas las modificaciones y modalidades que están dentro del espíritu y alcance de la presente descripción.

INFORME DESARROLLO PERNO DE SUJECIÓN MICROFUNDIDO PARA BOMBAS IMC XUE

1. OBJETIVO

Desarrollar perno de sujeción mediante el proceso de fabricación de microfundición “Fundición a la cera perdida” verificando su funcionalidad bajo la especificación MIL-L-81558 y norma Military Standard MIL-STD-8591.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Military Standard MS 3314 Lug Suspension (1000 Lb Class) Airbone Equipment
 Military Standard MIL-STD-8591. Airborne store, suspension equipment and aircraft – store interface (carriage phase)
 Military especification MIL-L-81558 Lug Suspension, (1000 Pound) Airbone Equipment
 Military especification MIL-S-5000D Steel, Crome-Niquel-Molydenum (E4340) Bars and Reforging.

3. REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO

3.1. Resistencia a la Tracción

Las cargas de tracción deben ser aplicadas como se muestra en la figura 1., de acuerdo a lo indicado en la norma MIL-L-81558 . Aplican para perno de sujeción microfundido con tratamiento térmico y mecanizado.

- **Resistencia a la tracción:** 40000 lb, dirección de la carga (Z), Requisito: NO debe presentar ruptura.
- **Resistencia a la tracción:** 35000 lb, dirección de la carga (W), Requisito: NO debe presentarse ruptura.
- **Resistencia a la tracción:** 27000 lb, dirección de la carga (W), Requisito: NO debe presentar deformación permanente
- **Resistencia a la tracción:** 23300 lb, dirección de la carga (X), Requisito: NO debe presentar ruptura.
- **Resistencia a la tracción:** 18000 lb, dirección de la carga (X), Requisito: NO debe presentar deformación permanente.
- **Resistencia a la tracción:** En dirección de la carga (Y), Requisito: cada perno de sujeción debe ser lo suficientemente dúctil para resistir una deflexión de 0.1 pulgada medida en el centro de la barra transversal en dirección (Y), sin ruptura cuando se monte en el soporte de ensayo.

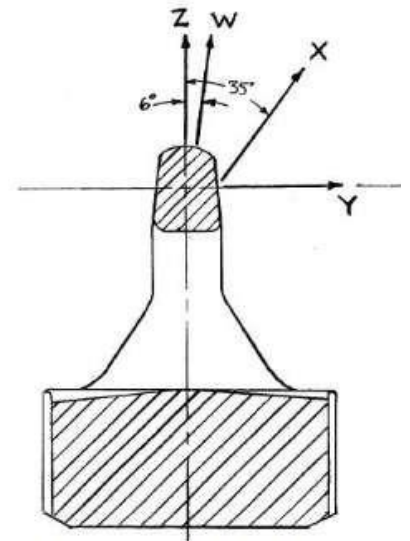


Figura 1. Direcciones de aplicación carga ensayo tracción

3.2. Resistencia al Impacto

El perno de sujeción terminado con la muesca o ranura como se muestra en la Fig. 2.

La muestra deberá estar a unas condiciones de temperatura de 65°F y debe ser sometida a una carga de impacto de 200ft lb aplicada en la dirección “Z” como se indica en la fig. 2. La carga de impacto debe ser producida por un cuerpo con un peso de 20lb cayendo libremente a una distancia de 10ft. El impacto deberá ser aplicado sobre un yunque que tenga una superficie plana de ¼” de diámetro y una dureza mínima de HRC 60. Requisito: **El perno NO debe fallar.**

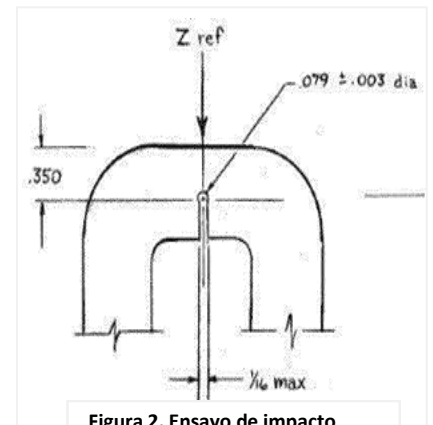
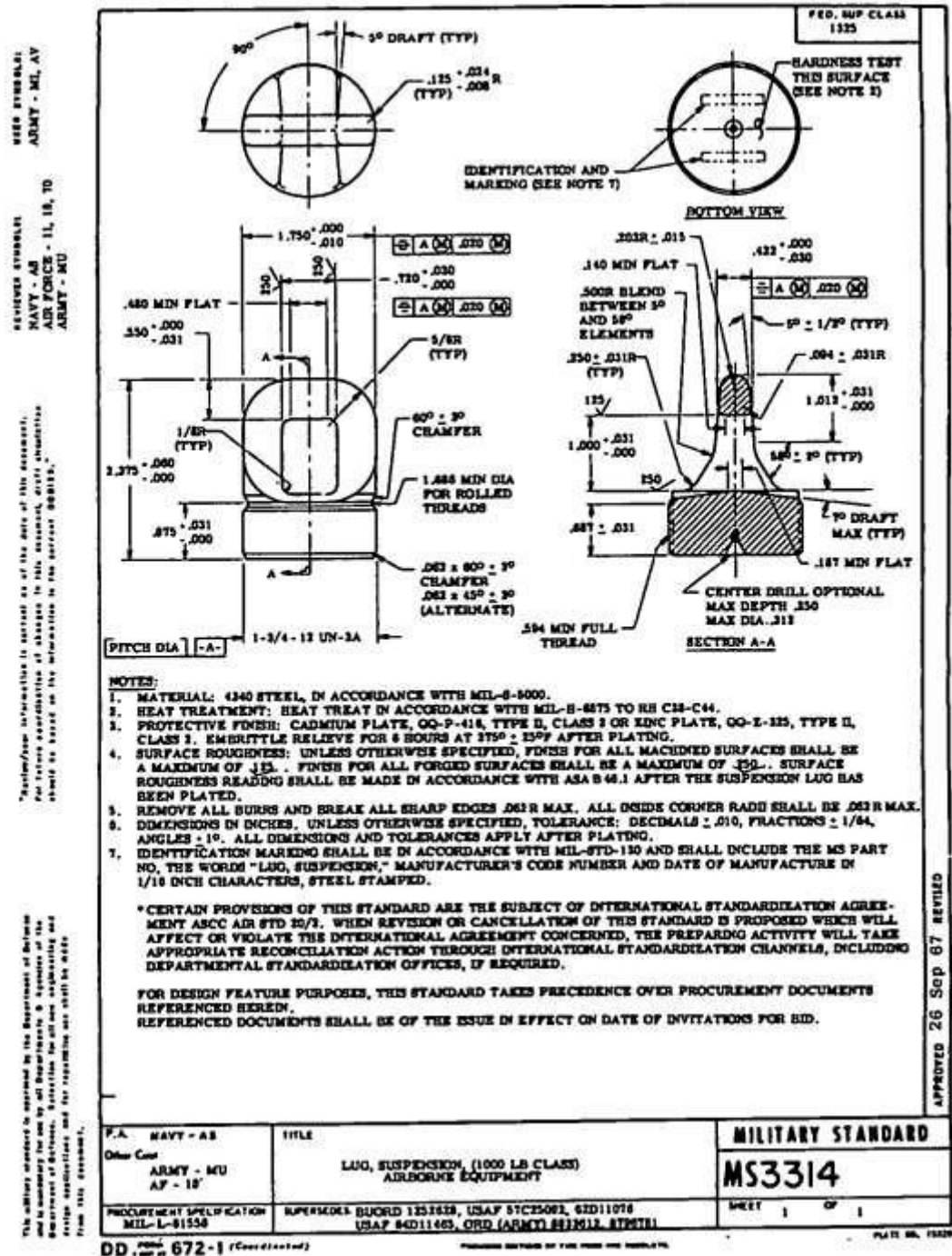


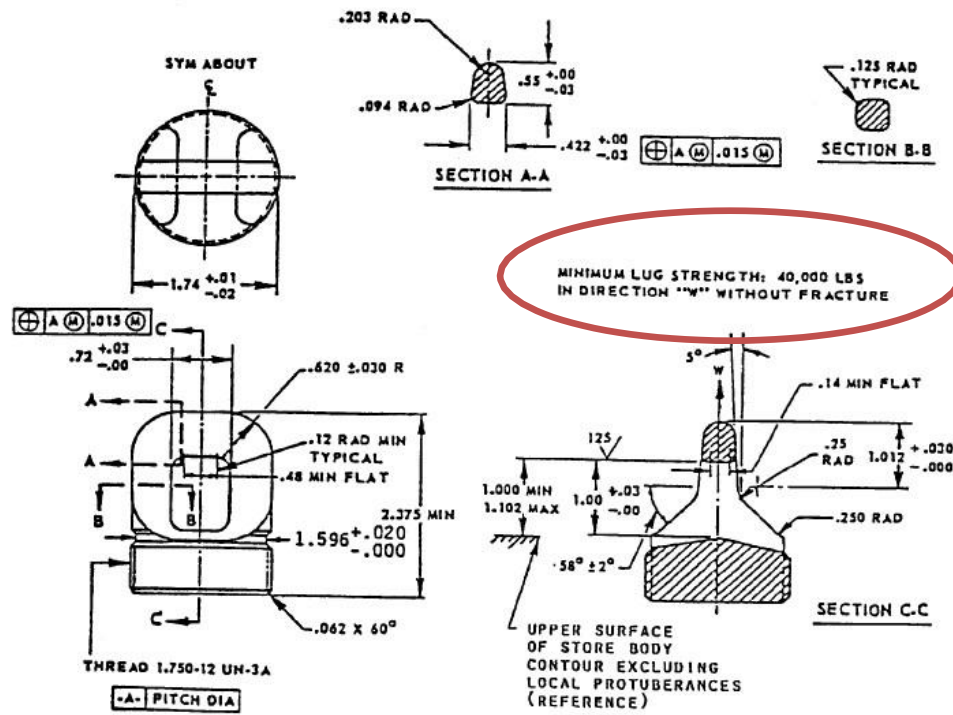
Figura 2. Ensayo de impacto,

3.3. Perno de Sujeción Norma MS 3314



3.4. Requisito de resistencia mínima a tensión de 40000 lb sin presentar fractura según norma MIL-STD 8591

MIL-STD-8591



NOTES:

1. For design purposes, MS3314, Lug, Suspension, shall be used on the 1,000-lb class bomb lug. The data in the above figure are provided as information only.
2. Dimensions are in inches.

FIGURE 3. 14-inch spaced lugs for stores in 1,000-lb weight class.

3.5 Requisito de Composición química según NORMA MS 3314" y la especificación MIL-S-5000D.

MIL-S-5000E

3. REQUIREMENTS

3.1 Material quality. The steel shall be produced by electric furnace practice and shall be of aircraft quality conforming to AMS 2301 except that a maximum average frequency (F) rating of 0.34 and a maximum average severity (S) rating of 0.25 shall apply for all sizes and products. In addition, AMS 2301 specimens which contain indications representing non-metallic inclusions over 1.00 inch in length shall be subject to rejection.

3.1.1 Ultrasonic inspection. When specified, bars or intermediate mill products and reforcing stock shall be ultrasonically inspected in accordance with MIL-I-8950. The minimum quality level shall be as specified below (see 4.6):

<u>Dimensions (inches)</u>	<u>Ultrasonic Classification</u>
1-1/2 to 9 thickness	A
Larger than 9	B

3.2 Chemical composition. The chemical composition shall be as specified in Table I.

TABLE I. Chemical Composition.

<u>Element</u>	<u>Analysis (percent)</u>	<u>Check Analysis Tolerance (percent) 1/</u>
Carbon	0.38 - 0.43	+ 0.02
Manganese	0.65 - 0.85	+ 0.03
Phosphorus	0.025 (max)	+ 0.005, -0.00
Sulfur	0.025 (max)	+ 0.005, -0.00
Silicon	0.15 - 0.35	+ 0.02
Nickel	1.65 - 2.00	+ 0.05
Chromium	0.70 - 0.90	+ 0.03
Molybdenum	0.20 - 0.30	+ 0.02
Copper	0.35 (max)	+ 0.03, -0.00

1/ Individual determinations may vary from the specified range to the extent shown in the check analysis column, except that the elements in any heat shall not vary both above and below the specified range. For sizes over 100 square inches in cross-sectional area, the check analysis shall be negotiated.

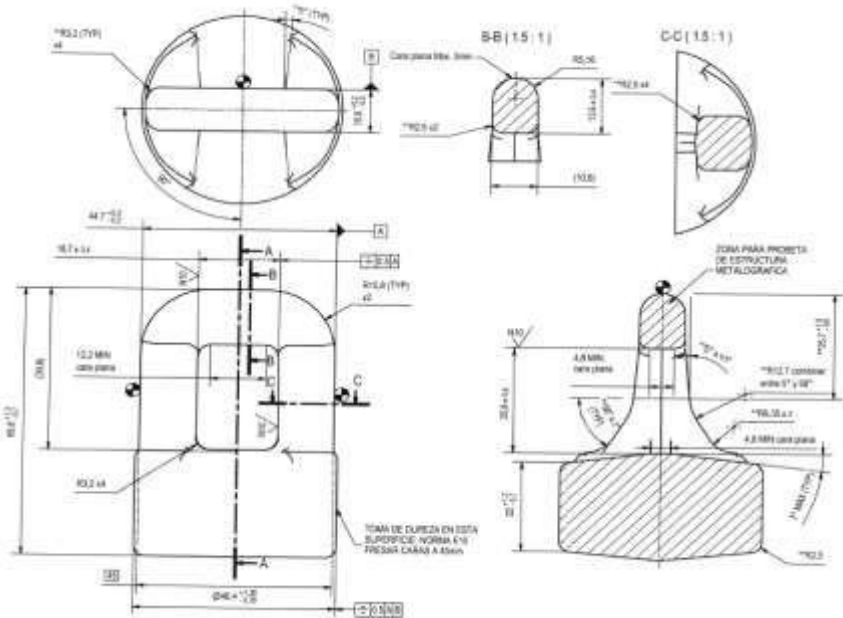
4. DESARROLLO

Los ensayos de resistencia a tracción se realizan en la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia - Seccional Tunja, en el Instituto para la investigación e innovación en ciencia y tecnología de materiales “INCITEMA”.

		
Carga aplicada a 0°	Carga aplicada a 6°	Carga aplicada a 35°
Maquina: Microtest EM2/300/FR Capacidad de rotura Máxima: 500 Kilonewton		

4.1. MUESTRA 1.

Perno de Sujeción Forjado actualmente utilizado en bombas IMC XUE. Plano FS 060 0103 y Perno de sujeción Forjado Mecanizado FS 060 0089

	
Material: Acero AISI 4340 Tratamiento térmico de temple y revenido: HRC 33-49 Rosca de 1 3/4" 12 Hilos – 3A Tratado térmicamente realizado por FAGECOR en horno de atmosfera controlada - ICBP DUO	

4.2.1. RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z)

LOTE M 167	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
1 - No.2	40	97.02	9.9	06/04/2018	Llevado a la fractura	No cumple Norma.
2 - No.5	38	99.06	10.1		Llevado a la fractura	No cumple Norma.
3 - No.25	37	94.83	9.7		Llevado a la fractura	No cumple Norma.
4 - No.31	39	10,5	10.5		Llevado a la fractura	No cumple Norma.
5 - No.36	38	9,5	9.5		Llevado a la fractura	No cumple Norma.
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / 23 abril de 2018						

4.3. MUESTRA 3.

Perno de Sujeción Microfundido FS 060 00 63 y perno de sujeción mecanizado FS 026 0047, se fabrica a partir de material virgen acero AISI 4340 para microfundición y tratamiento térmico realizado en Fagecor (Temple y revenido).

Material: Acero AISI 4340 Mecanizado por FASAB – Rosca de 1 ¼" 12 Hilos – 3A							
Perno sin Tratamiento térmico:							
Composición química:							
C 0,38%	Si 0,34%	Mn0,85%	P 0,011%	S 0,026 %	Cr 0,79 %	Mo0,20%	Ni 1,72 %
Dureza en la oreja: 20.6-29 HRC Dureza lateral: 21.3-23.8 HRC							
Metalografía: Perlita y Ferrita con presencia de austenita tendiendo a red							
Informe de laboratorio No. 113 -2018							

4.3.1.RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) sin tratamiento térmico

NUMERO DE PERNO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES
1 - No.1	33	108.7	11.1	10/05/2018	Llevado a la fractura

4.4. MUESTRA 4.

Elaboración de molde utilizando como modelo perno Forjado FS 060 0103 con el fin de obtener mayor masa en perno Microfundido, fabricado a partir de material virgen acero AISI 4340 para microfundición y tratamiento térmico realizado en Fagecor (Temple y revenido) según oficio 02.034.089.



Material: Acero AISI 4340

Molde en Resina

Mecanizado por FASAB – Rosca de 1 3/4" 12 Hilos – 3A

Perno sin Tratamiento térmico:

Composición química:

C 0,40%	Si 0,42%	Mn 0,75%	P 0,012%	S 0,020 %	Cr 0,87 %	Mo 0,28%	Ni 1,72 %
---------	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----------

Dureza en la oreja: 28.9-31.6 HRC

Dureza lateral: 18-23.7 HRC

Metalografía: Perlita y Ferrita con presencia de austenita tendiendo a red

Con enfriamiento rápido.

Tamaño de grano: 4-5

Informe de laboratorio No. 123 -2018

4.4.1.RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) sin tratamiento térmico

NUMERO DE PERNO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES
1 - No.1	35	128	13.1	10/05/2018	Llevado a la fractura

4.5. MUESTRA 5.

Inyección de piezas en cavidad elaborada con modelo de perno Forjado FS 060 0103, fusión en acero AISI 4340 para microfundición sin retorno y adición de **VANADIO** a la composición química con el fin mejorar el tamaño de grano y aumentar la resistencia a la tracción. Tratamiento térmico realizado en Fagecor (Temple y revenido) según oficio 02.043.281.

4.5.1.RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) apernos Microfundidos **SIN TRATAMIENTO TÉRMICO**

Perno Microfundido 4340+V SIN TT Colada 19 Mayo 2018	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES
No.2	30-34	162.97	16.6	06/04/2018	Llevado a la fractura
No.3	29-31	165.27	16.9		Llevado a la fractura
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ Pag. 7 - 8 / julio 7 de 2018					

PERNO MICROFUNDIDO SIN TRATAMIENTO TÉRMICO								
Composición química:								
C 0,40%	Si 0,42%	Mn 0,75%	P 0,012%	S 0,020 %	Cr 0,87 %	Mo 0,28%	Ni 1,72 %	V 0.0674%
Dureza en la oreja: 28.9-31.6 HRC Dureza lateral:18-23.7 HRC								
Metalografía: perlita y Ferrita con presencia de austenita tendiendo a red								
<i>Informe de laboratorio No. 172 -2018</i>								

4.5.2.RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) apernos Microfundidos **CON TRATAMIENTO TÉRMICO**

Perno Microfundido 4340+V SIN TT Colada 19 Mayo 2018	Durez a (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
Perno 1 - Molde resina	41	183,04	18.7	06/06/2018	Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 2 - Molde resina	40	200,69	20.5		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 3 - Molde resina	40	187,18	19.1		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 4 - Molde resina	41	196,40	20		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 5 - Molde resina	41	202,88	20.7		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 6 - Molde resina	41	182,40	18.6		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 7 - Molde resina	-	205,81	21		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Perno 8 - Molde resina	40	187,62	19.1		Llevado a la fractura	Cumple Norma.
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ Pag. 9 -17 / julio 7 de 2018						

PERNO MICROFUNDIDO CON TRATAMIENTO TÉRMICO

Composición química:

C 0,40%	Si 0,44%	Mn 0,78%	P 0,009%	S 0,023%	Cr 0,77 %	Mo 0,28%	Ni 1,90 %	V 0.064%
---------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	-----------	----------

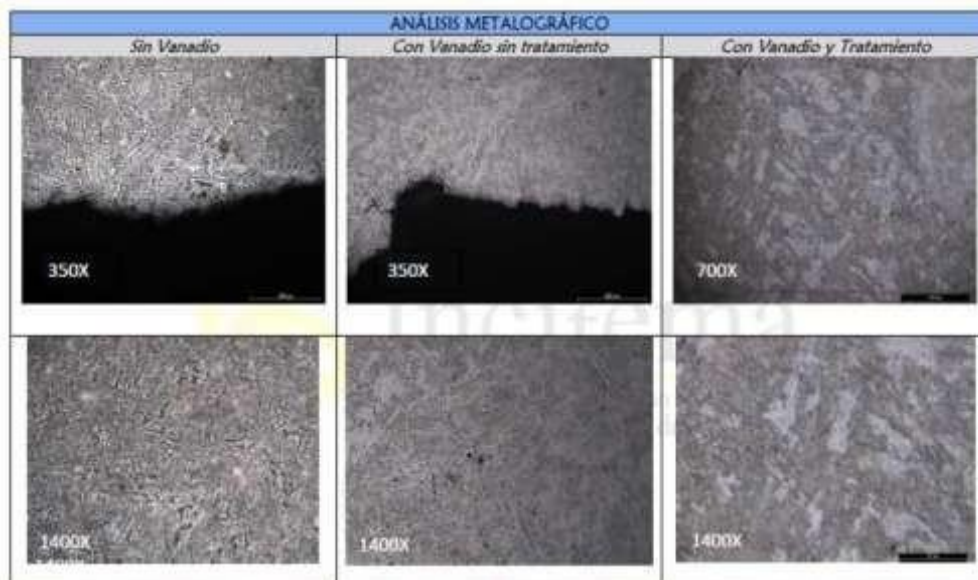
Dureza: 41 - 43 HRC

Metalografía: Martensita con presencia de Austenita Retenida

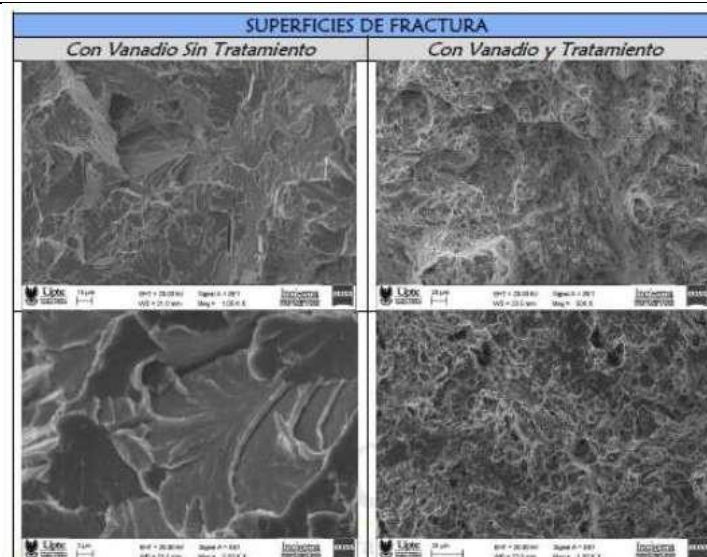
Tamaño de Grano: 5 - 6

Informe de laboratorio No. 194 -2018

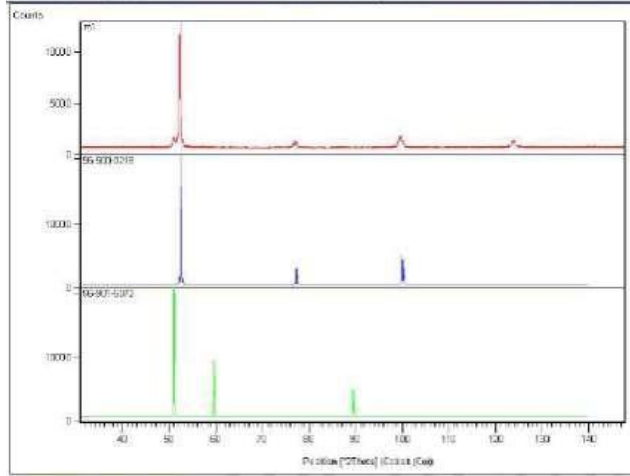
PERNO MICROFUNDIDOS CON TRATAMIENTO TÉRMICO



Descripción: Se observa una microestructura similar para las muestras “sin vanadio” y “Con vanadio sin tratamiento”, la cual corresponde a una matriz bainítica. En la muestra “con vanadio y tratamiento” se evidencia mayor tamaño en los granos de la fase más clara, además la morfología acicular no es tan evidente por lo cual puede haber presencia de martensita en la matriz.



Descripción: Se observa en el material del perno con adición de vanadio y sin tratamiento térmico una superficie de fractura con marcas de clivaje, característica de fracturas frágiles. Por otra parte, en el material con adición de vanadio y tratamiento térmico, se observa una superficie de fractura con alta presencia de microhoyuelos, característicos de fracturas dúctiles, en donde se evidencian leves deformaciones plásticas.



En el patrón obtenido mediante el ensayo de difracción de rayos X, se aprecian cinco picos predominantes donde cuatro de ellos corresponden a una fase con gran presencia en los picos (011), (002), (112) y (022) en los ángulos 52.3, 77.0, 99.7 y 123.7 respectivamente, parámetros característicos de un sistema cubico centrado en el cuerpo tipo BCC propio de hierro alfa tipo ferrita y un pequeño pico ubicado en el ángulo 50.8 (111), correspondiente a un sistema cubico centrado en las caras tipo FCC propio de estados de orientación preferencial del hierro austenítico en su pico de más preponderancia en un patrón natural del material.

Informe de laboratorio INCITEMA - Caracterización Metalografía / junio 06 de 2018

Informe de laboratorio INCITEMA - Caracterización Química / junio 14 de 2018

4.6. MUESTRA 6. Fabricación de PRESERIE, según ordenes de Fabricación

No. ORDEN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
42000903	PERNO D/SUJECCION MICROFUNIDO - BOMBA Fabricación a partir de acero Aisi 4340 para microfundición	140
42000911	PERNO D/SUJECCION MICROFUNIDO – BOMBA Fabricación a partir de acero de Cold Rolled y Ferroatleaciones	140

4.6.1. Trazabilidad para fabricación producto Perno Microfundido

Marcación en el Racimo	Desde 1 hasta 18		
Ubicación de la marca En la base de la oreja del perno	Posición del perno dentro del racimo		
	Marcación Inyección Tipo de cera	Virgen	A
		Reutilizada	B
	Marcación para fusión	ACERO AISI 4340 Ø 1" A 2" P/MICROFUND.	B
		Chat. Cold Rolled	C
	Marcación tipo molde	Resina	Y
		Aluminio	X



4.6.2.Elaboración de molde tomando de referencia el plano de perno forjado FS 060 0103 en cumplimiento de la norma MS3314, fabricado a partir de material virgen acero AISI 4340 para microfundición con adición de vanadio y tratamiento térmico realizado en Fagecor (Temple y revenido) según oficio 02.047.988.



Molde en Aluminio – Pieza Marcada **#ABX** / Dimensionalmente cumpliendo con la norma MS3314
Ver Reporte Dimensional 2.2 -31 del 30/05/2018 – Columna No.3

Composición Química Planificada	Colada 1 23/05/2018	Balance de carga
C 0,41 % Si 0,44 % Mn 0,79% P 0,011% S 0,024 % Cr 0,78 % Ni 1,93 % Mo 0,29 % V 0,0674 %	C 0,358 % Si 0,470 % Mn 0,780% P 0,0102% S 0,0214 % Cr 0,778 % Ni 1,87 % Mo 0,299 % V 0,0651 %	Acero 46,5 Kg Fe-Si 150 g Fe-Mn Std 85 g Fe-Cr B/C - g Fe-Mo 66 g Níquel Puro 75 g Fe-V 40 g Grafito 30 g
Colada 23 Mayo 2018 Temperatura de colada 1565°C Cantidad Fundida 48 unidades Peso Perno con base pulida: 418 gramos Peso Racimo:14 Kg Peso Sistema de alimentación: 6.9 Kg		

4.6.2.1 RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) a pernos Microfundidos **SIN TRATAMIENTO TÉRMICO**

PERNO MICROFUNDIDO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES
Colada 1 Perno 9 2ABX	28	129,91	13.2	07/06/2016	Llevado a la fractura.
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ Pag. 5 / junio 22 de 2018					

4.6.2.2. RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) a pernos Microfundidos **CON TRATAMIENTO TÉRMICO**

PERNO MICROFUNDIDO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES	Requisito Norma MIL-STD-8591
Colada 1 Perno 33 1ABX	-	159.8	16.3	21/07/2018	Llevado a la fractura.	No Cumple Norma.
<i>Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión Pag. 32 / agosto 03 de 2018</i>						

4.6.3. Inyección de piezas en cavidad elaborada con modelo de perno Forjado FS 060 0103, fusión en acero AISI 4340 para microfundición sin retorno y adición de **VANADIO** a la composición. Tratamiento térmico realizado en Fagecor (Temple y revenido) según oficio 02.047.988

4.6.3.1 RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) a pernos Microfundidos **SIN TRATAMIENTO TÉRMICO**

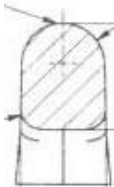
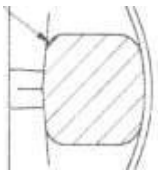
PERNO MICROFUNDIDO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	OBSERVACIONES
Colada 2 Perno 6 - 1ABY	-	162,19	16.54	07/06/2018	Llevado a la fractura
Colada 2 Perno 11 - 4ABY	32	165,80	16.91		Llevado a la fractura
Colada 2 Perno 12 - 2ABY	28	166,18	16.95		Llevado a la fractura
Colada 3 Perno 2 - 3BBY	28	153,71	15.67		Llevado a la fractura
Colada 3 Perno 3 - 2BBY	-	150,99	15.40		Llevado a la fractura
Colada 3 Perno 4 - 2BBY	-	151,44	15.44		Llevado a la fractura
Colada 3 Perno 5 - 3BBY	-	152,99	15.60		Llevado a la fractura
Colada 3 Perno 14 - 3BBY	30	145,77	14.86		Llevado a la fractura
Colada 5 Perno 15 - 1BCY	29	147,42	15.03		Llevado a la fractura
Colada 5 Perno 16 - 2BCY	-	147,45	15.04		Indicación longitudinal en oreja cascara cerámica
Colada 5 Perno 17 - 3BCY	-	121,75	12.41		Indicación puntos base de la oreja
Colada 6 Perno 18 - 2ACY	27	155,31	15.84		Llevado a la fractura
Colada 6 Perno 19 - 1ACY	30	137,63	14.03		Llevado a la fractura
Colada 6 Perno 20 - 3ACY	27	142,43	14.52		Llevado a la fractura
<i>Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / 22 junio de 2018</i> <i>Reporte Dimensional 2.2 -31 del 30 de mayo de 2018</i> <i>Reporte Composición Química del 23 y 24 de mayo de 2018</i>					

4.6.3.2. RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) a pernos
Microfundidos **CON TRATAMIENTO TÉRMICO**

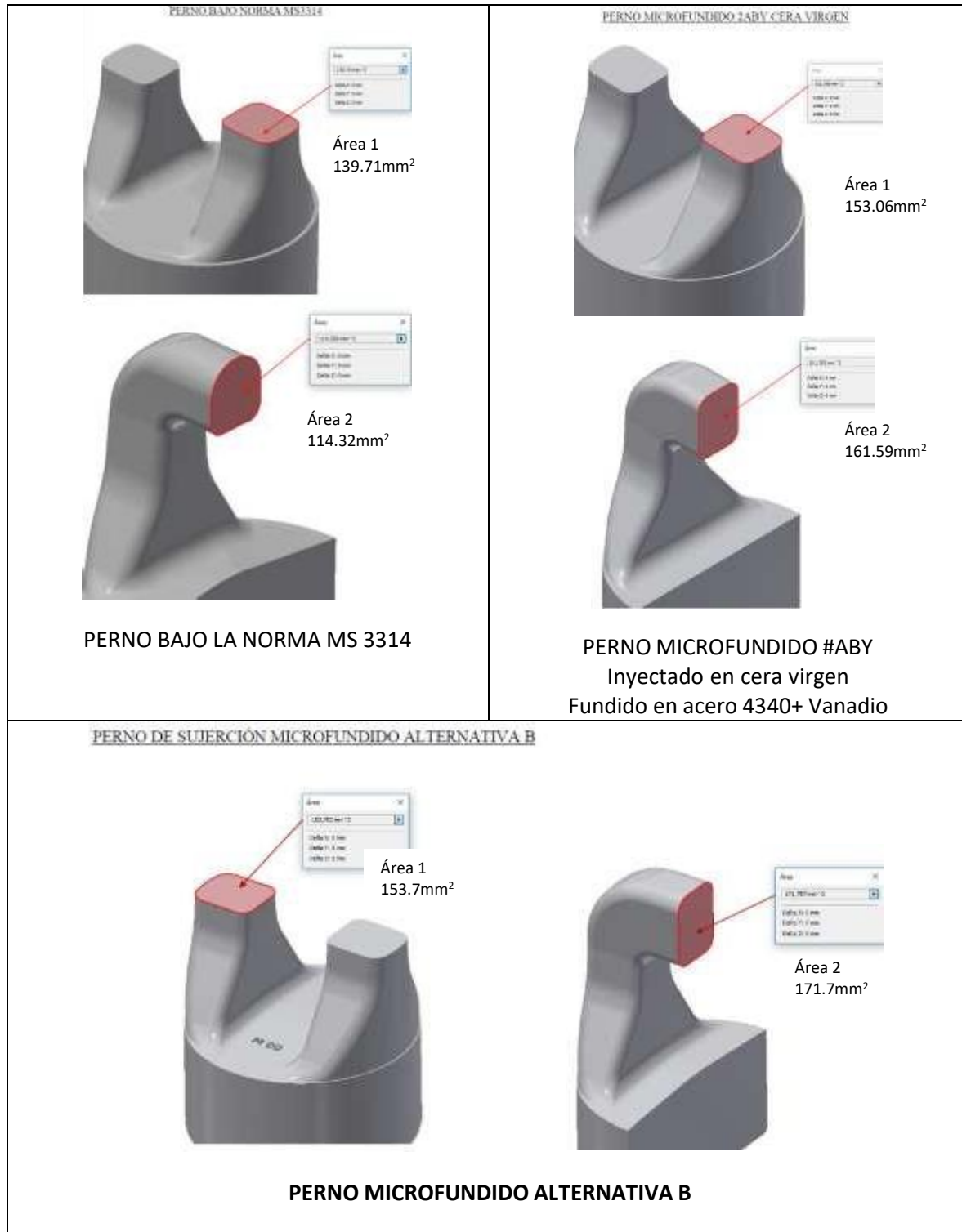
NUMERO DE PERNO	Dureza (HRC)	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (Ton)	FECHA DE LA PRUEBA	Requisito Norma MIL-STD-8591	OBSERVACIONES
Ensayos Tracción a 0 Grados - Perno debe soportar sin presentar fractura a 40000 Libras = 177.93 KiloNewtons = 18,1 Ton						
Perno 1 - 4BBY	33	167,34	17.1	21/06/2018	No cumple Norma.	Llevado a la fractura
Perno 2 - 4BBY	-	174,30	17.8		No cumple Norma.	Llevado a la fractura
Perno 3 - 3BBY	38	184,93	18.9		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 4 - 3BBY	34	164,80	16.8		No cumple Norma.	Llevado a la fractura
Perno 5 - 2BBY	37	170,90	17.4		No cumple Norma.	Llevado a la fractura
Perno 17 - 1ABY	40	201,22	20.5		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 16 - 2ABY	40	197,63	20.2		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 25 - 2ABY	40	195,03	19.9		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 26 - 1ABY	40	182,97	18.7		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 28 - 3ABY	40	202,13	20.6		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 13 - 3ABY	38	182,81	18.6		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 30 - 1BBY	38	193,33	19.7		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 15 - 2ABY	38	196,00	20		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 10 - 4ABY	37	191,68	19.5		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 11 - 4ABY	37	184,75	18.8		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 31 - 2BBY	37	183,29	18.7		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 22 - 4ABY	37	182,92	18.7		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 23 - 4ABY	37	198,57	20.2		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 07 - 1BBY	36	184,01	18.8		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 09 - 4ABY	35	175,98	17.9		No cumple Norma.	Llevado a la fractura
Perno 12 - 4ABY	36	185,98	19		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Perno 6 - 2ABY	36	183,33	18.7		Cumple Norma	Llevado a la fractura
Ensayos Tracción a 35 Grados - Perno debe soportar sin presentar Fractura a 23300 Libras = 103,7 KiloNewtons = 10,5 Ton						
Perno 24 - 3ABY	35	104,60	10.7	21/06/2018	Cumple Norma	Sin fractura
Perno 08 - 3ABY	35	107,32	10.9		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 14 - 3ABY	36	105,16	10.7		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 18 - 4BBY	-	105,28	10.7		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 19 - 3BBY	36	105,42	10.7		Cumple Norma	Sin fractura
Ensayos Tracción a 6 Grados - Perno debe soportar sin presentar fractura a 35000 Libras = 155.69 KiloNewtons = 15,8 Ton						
Perno 20 - 2BBY	-	158,49	16.2	21/06/2018	Cumple Norma	Sin fractura
Perno 21 - 1BBY	-	158,90	16.2		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 24 - 3ABY	35	158,45	16.2		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 29 - 4ABY	-	158,45	16.2		Cumple Norma	Sin fractura
Perno 32 - 4BBY	-	158,52	16.2		Cumple Norma	Sin fractura
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / agosto 03 de 2018						

4.7. ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y COMPARACIÓN DE ÁREAS (COTAS EN MM)

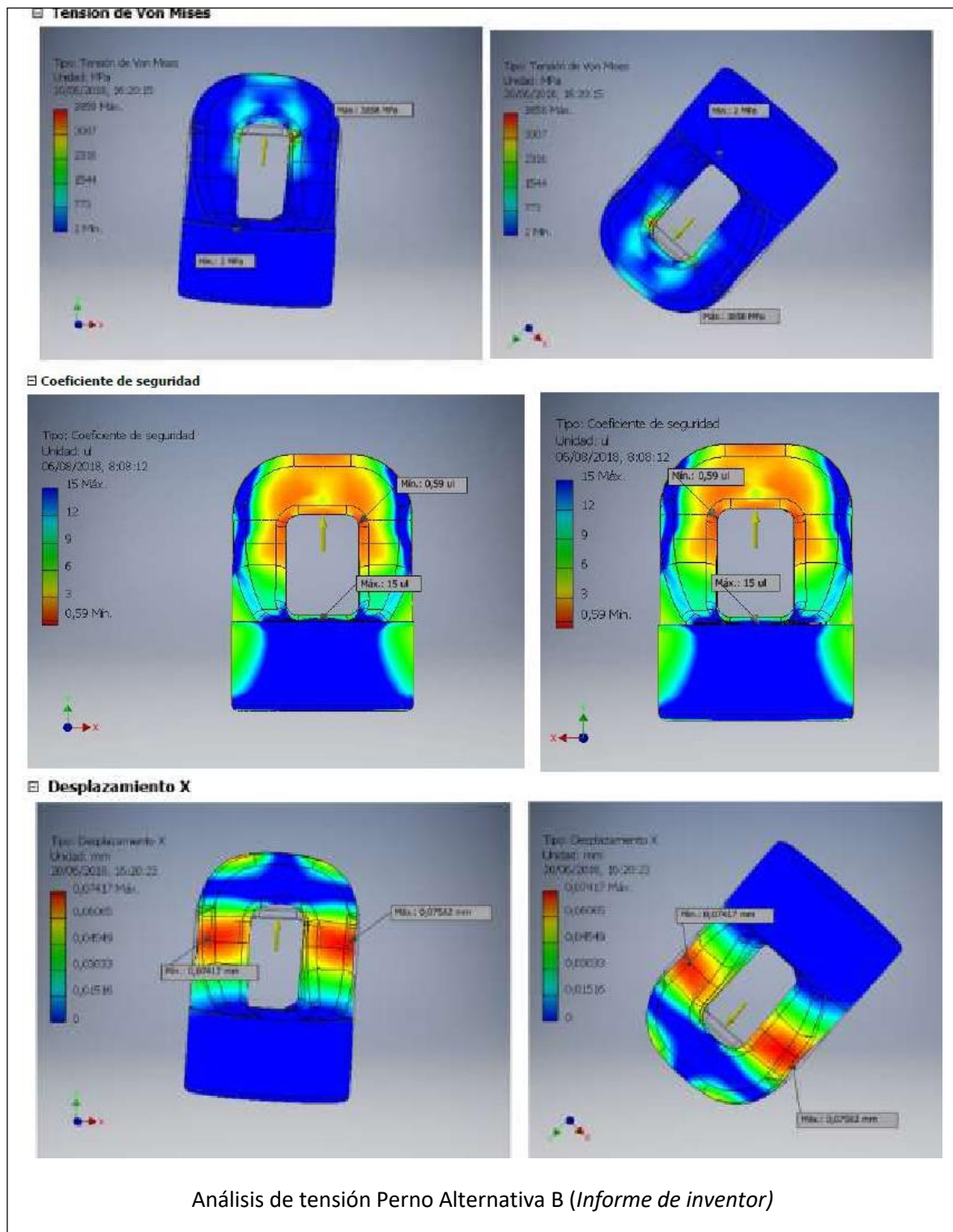
	PERNO MICROFUNDIDO		MS3314	2ABY - Cera Virgen	FORJADO	Variaciones dimensionales						
	cota	Und	1	2	4	1	2	3	4	5	6	7
1	R 3,2 x4 ±0,3	mm	3,175			3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	10,6 -0,5 +0,2	mm	10,719	11,00/11,33	10,40/10,54	11,2	11,3	11,4	11,2	11,3	11,3	11,3
3	R 2,5 x2 ±0,3	mm	2,388	2,25/2,5	2,0/1,5	2,5						
4	R 5,31 -0,3	mm	5,156	3,0/1 LADO REGULAR	4,5/4,5	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
5	13,6 ±0,4	mm	13,970	14,81	13,49	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
6	R 2,5 x4 ±0,3	mm		2,25/2,5		2,5						
7	44,7 -0,2 +0,3	mm	44,450	45,85/45,98	44,66/44,59	46,0						
8	SIMETRIA 0,5	mm	0,508	0,2/0,3		-						
9	R15,8 x2 ±0,3	mm	15,875			15,0						
10	SIMETRIA 0,5	mm	-	0,28		-						
11	Ø 46,4 ±0,3	mm	46,400	46,66/47		46,4						
12	R 3,4 x4 ±0,3	mm	3,175	3,5 * 4	3 * 4	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,2	3,1
13	63,5 ±0,5	mm	60,325	65,48/65,58		64,5						
14	12,2 MIN	mm	12,192	-1,03	0,94	12,36	12,36	12,36	12,36	11,36	11,96	12,16
				11,16	13,13							
15	18,7 ±0,4	mm	18,29	18,16/18,35	19,04/19,14	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35

16	25,8 ±0,4	mm	25,400	25,33/25,66		25,1						
17	58° ±2°	°	58°	43°22'/51°55'		58°						
18	5° ±0,5°	°	5°	1°43'/2°56'		5°						
19	25,7 +1	mm	25,705	25,34		25,5	25,5	25,5	25,5	25,6	25,6	25,6
20	R12,7 ±0,3	mm	12,7			12,7						
21	R 6,35 ±0,7	mm	6,350	N.P RADIO		6,35						
22	7° MAX	°	7°	4°/7°		4°						
23	R 1,5 ±0,3	mm	1,575	1,25		1,5						
24	22,9 ±0,3	mm	17,450	22,47/23,7		22,9						
			Cotas Nominales 129,4mm2 5616 Mpa - Cotas Maximas 135,4mm2 4434MPa -	161,6mm2 3921 Mpa - 399,83 Kg/mm2	131,77mm2 4302 Mpa - 348,68 Kg/mm2	150,1mm2 3966 Mpa - 404,4 Kg/mm2	158,4 mm2 3864 Mpa - 394,01 Kg/mm2	159,9 mm2 3799 Mpa - 387,4 Kg/mm2	156,9 mm2 3877 Mpa - 395,3 Kg/mm2	158,4 mm2 3652 Mpa - 372,4 Kg/mm2	158,4 mm2 3776 Mpa - 385,04 kg/mm2	158,4 mm2 3806 Mpa - 388,16 kg/mm2
			Cotas Nominales 139,6mm2 Cotas Maximas 141,5mm2	153,06mm2	137,71mm2							

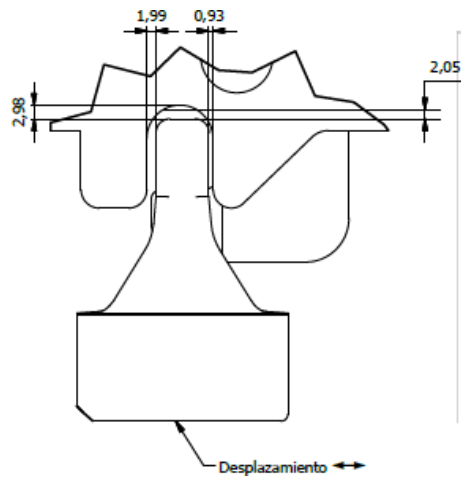
4.8. SIMULACIÓN - CALCULO DE AREAS PROPUESTA PERNO MICROFUNDIDO ALTERNATIVA B.



4.9. SIMULACIÓN – ESFUERZOS PROPUESTA PERNO MICROFUNDIDO ALTERNATIVA B.

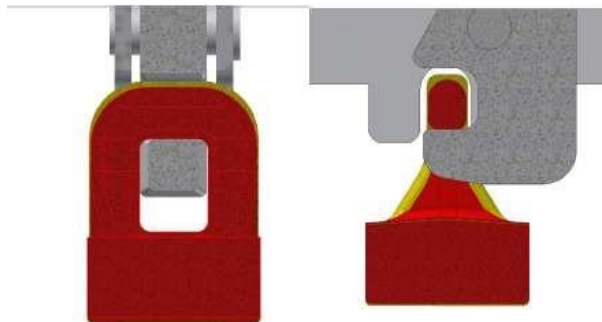
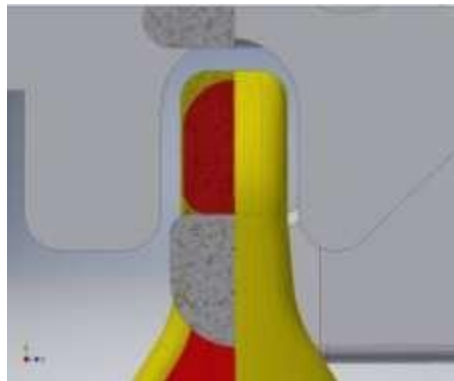
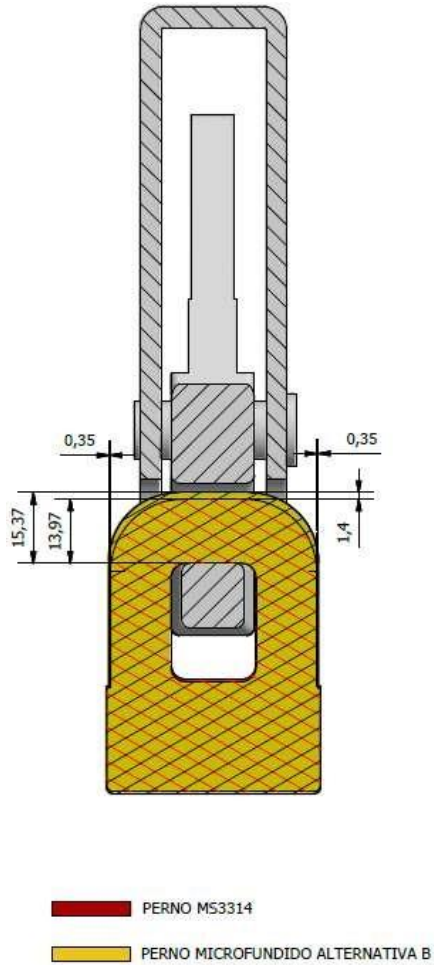


4.10. CARACTERIZACIÓN BOMB RACK EXISTENTE EN FASAB



Simulación Perno Microfundido Alternativa B en Bomb Racks

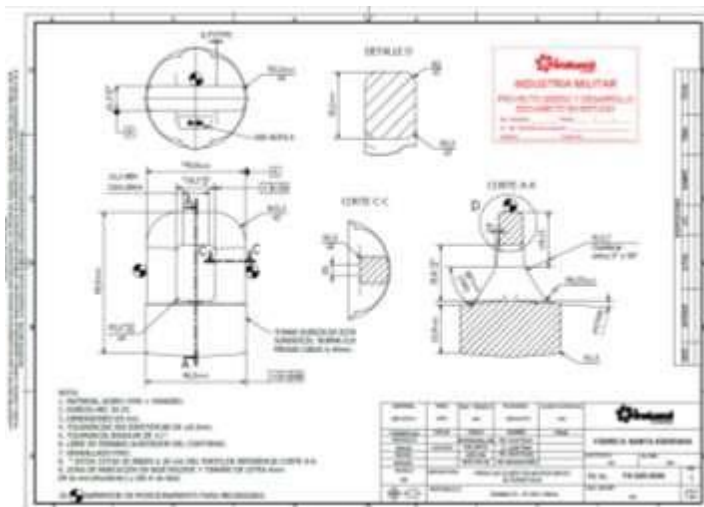
Comparación de perno final VS Norma MS 3314



5. Elaboración de modelo y fabricación molde tomando de referencia DESARROLLO de perno microfundido en cavidad elaborada con modelo de perno forjado. Fabricado a partir de material virgen acero AISI 4340 para microfundición sin retorno con adición de vanadio y tratamiento térmico realizado en Fagecor **en hornos de atmosfera controlada** (Temple y revenido) según oficio 02.062.219.



Modelo y Molde de Perno Microfundido Alternativa B



1. Perno de sujeción Microfundido Alternativa B FS 026 0246 Rev. 1.
2. Perno de sujeción Microfundido Mecanizado Alternativa B FS026 0247 Rev. 1.

5.1. ANÁLISIS DIMENSIONAL PERNO DE SUJECCIÓN MICROFUNDIDO ALTERNATIVO B VS NORMA MS3314 (Cotas en mm).

ITEM		Perno Microfundido FS 026 02 46			MS 3314 / MIL- STD-8591		PIEZAS EN ACERO COLADA DE 07 JULIO - INYECCION MOLDE 1 SIN AJUSTE DE COTA 18,3						Desviación Pieza Microfundida VS norma
		COTA	MIN	MAX	MIN	MAX	PERNO 1	PERNO 2	PERNO 3	PERNO 4	PERNO 5	PERNO 6	
1	D4	R 3,2 x4 ±0,3	2,9	3,5	3,02	3,78	3	3	3	3	3	3	c
2	D5	11,3 ± 0,3	11,3	11,6	9,96	10,72	11,61	11,57/11,61	11,57/11,62	11,55/11,58	11,57/11,60	11,55 /11,60	0,85/0,9
3	D3	R 2,5 x2 ±0,1	2,4	2,6	1,6	3,18	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	c
4	D3	R 3 ± 0,3	2,7	3,3	4,78	5,54	-	-	-	-	-	-	
5	D4	15.2 ±0,2	15.2	15.4	13,18	13,97	15,29	15,23	15,32	15,22	15,25	15,2	1,23/1,35
6	B4	R 2,5 x4 ±0,3	2,2	2,8	3,18	3,18	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	c
7	C5	45.8 ±0,3	45,5	46.1	44,2	44,45	45,4/45,7	45,2/45,44	45,19/45,41	45,17/45,42	45,25/45,51	45,18/45,5	0,73/1,06
8	C4	SIMETRIA 0,5	-	0,5	-	0,51	0,05	0,06	0,09	0,07	0,12	0,07	c
9	C4	R15 x2 ±0,3	14,7	15,3	15,88	16,51	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	c
10	A4	SIMETRIA 0,5	-	0,5	-	0,5	0,12	0,16	0,09	0,11	0,12	0,14	c
11	A5	∅ 46,4 ±0,3	46,1	46,7	46,1	46,7	46,3/46,5	46,1/46,24	46/46,36	45,9/46,22	46/46,37	46,09 /46,25	c
12	B5	R 3x4 +0,2	3	3,2	3,05	3,18	3	3	3	3	3	3	c
13	B6	64,5 ±0,5	64	65	60,33	61,85	65,44	65,97	65,83	65,14	65,82	65,86	Cota mecanizada
14	C5	12,2 MIN	12,2	-	12,2		12,36	12,48	12,38	12,47	12,36	12,39	c

15	C5	18,3 ±0,3	18,3	18,6	18,29	19,05	18,4/18,49	18,35/18,47	18,36/18,44	18,26/18,46	18,32/18,47	18,38/18,35	c
16	B3	25,5 + 0,2 - 0,1	25,4	25,7	25,4	26,2 / 27,90	26,35	26,38	26,14	26,16	26,11	26,25	C
17	B3	58° ±2°	56	60	56°	60°	58	58	58	58	58	58	C
18	C2	5° ±0,5°	4°30'	5°30'	5,5°	5,5°	5	5	5	5	5	5	C
19	C2	25,8 ±0,7	25,8	26,5	25,7	26,5	-	-	-	-	-	-	C
20	B2	R12,7 ±0,3	12,4	13	12,7		12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	C
21	B2	R 6,35 ±0,7	5,65	7,05	5,56	7,14	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	C
22	B2	4° ± 1	4	5	7°		4	4	4	4	4	4	C
23	B2	R 1,5 ±0,3	1,2	1,8	1,57		1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	C
24	B3	22,9 ±0,3	22,6	23,2	16,66	18,24	22,93/23,09	22,85	22,89	22,7/22,86	22,8/22,85	22,8/22,85	Cota mecanizada
25	D5	0,7° Mln	0,7°	-	-								C

Reporte Dimensional 2.3- 43

5.2. LOTE M1

Material: Acero AISI 4340 + Vanadio								
Tratamiento térmico y Mecanizado por Fagecor – Rosca de 1 ¾” 12 Hilos – 3A								
COMPOSICIÓN QUIMICA								
C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	V
0,40	0,49	0,79	0,01	0,028	0,81	0,27	1,90	0,076
Microestructura sin tratamiento térmico			Bainita y martensita con presencia de austenita retenida, tamaño de grano 5-6					
Dureza			32 - 36					
Microestructura con tratamiento térmico			Martensita con presencia de austenita retenida, tamaño de grano 5-6					
Dureza			40 - 43 HRC					
Informe de laboratorio No. 234 -2018, Informe de laboratorio No. 243 -2018								

5.2.1. RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tracción en la dirección de la carga (Z) a pernos Microfundidos **CON TRATAMIENTO TÉRMICO** para validar tratamiento térmicos.

NUMERO DE PERNO	Resistencia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (TON)	Requisito Norma MIL-STD-8591	OBSERVACIONES
No. 1	193.55	22,04	Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 2	208.75	20,87	Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 3	199.29	20,91	Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 4	218.76	19,52	Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 5	213.09	19,76	Cumple Norma	Llevado a la fractura
Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / julio 13 de 2018				

6. DEFINICION DE REQUISITOS

Especificación Técnica: Perno de Sujeción Microfundido Bombas IMC XUÉ - IM FS GIN ET 42038

6.1. Composición Química.

Elemento	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Cr	% Ni	% Mo	%V
Mínimo	0,38	0,37	0,75	-	-	0,75	1,92	0,28	0,065
Máximo	0,43	0,47	0,80	0,035	0,040	0,80	1,97	0,30	0,080

6.2. Estructura Metalografía

Sin tratamiento Térmico: Perlita y Bainita.

Tamaño de grano 5 - 6.

Con tratamiento Térmico: Martensita + Bainita libre de austenita retenida.

Tamaño de grano 5 - 6.

6.3. Dureza

Sin tratamiento térmico (Microfundido): **HRC 30-35**

Con tratamiento térmico (Mecanizado): **HRC 36-42**

6.4. Dimensional

Planos

- Perno de sujeción Microfundido Alternativa B FS 026 0246 Rev. 1.
- Perno de sujeción Microfundido Mecanizado Alternativa B FS026 0247 Rev. 1.

7. VALIDACIÓN DE PRODUCTO

La Validación del producto se realiza de conformidad a la siguiente tabla así:

Resistencia a la tracción	Requisito	Referencia para ejecución de ensayo	Cantidad
• Dirección de la carga (Z) a 40000 lb	177.93 Kn	180 Kn	30
• Dirección de la carga (W) a 35000 lb	155.69 Kn	160 Kn	25
• Dirección de la carga (W) a 27000 lb	120.1 Kn	130 Kn	15
• Dirección de la carga (X) a 23300 lb	103.6 Kn	114 Kn	15
• Dirección de la carga (X) a 18000 lb	80.06 Kn	89 Kn	5
Resistencia al Impacto 200ft/lb			15
Total de ensayos realizados			100

Resultado De Ensayo De Tensión

- Número de pernos llevado hasta la fractura: **25 ensayos**
- Número de pernos llevados en ensayo hasta un valor de referencia antes de detener la máquina de ensayo universal: **56 ensayos**
- Número de ensayos Fallidos: **4**

7.1. RESULTADOS: Pruebas de resistencia a tensión a pernos Microfundidos Alternativa B con tratamiento térmico
VALIDACIÓN DE PRODUCTO (18 AL 26 DE JULIO DE 2017)

NUMERO DE PERNO	Dureza (HRC)	Resistenc ia Tracción (KN)	Resistencia Tracción (TON)	Cota de 18,3+0,3mm (18,3 - 18,6)	Cota de 45,8±0,3mm (45,5 - 46,1)	Cota de 11,3+0,3m m (11,0 - 11,6)	Cota de 15,2±0,2m m (15,0 - 15,4)	Longitud total		Requisito Norma MIL-STD-8591	OBSERVACIONES
								Inicial	Final		
Dirección de la carga (Z) a 40000 lb = 177.93 KiloNewtons sin fractura										180,0 Kn	Valor de referencia
No. 1	42,75	216,11	22,04	18,60	45,73					Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 2	42	204,68	20,87	18,59	45,75	11,59	15,36			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 3	39,6	205,04	20,91	18,49	45,72	11,45	15,36			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 4	37	191,4	19,52	18,57	45,79	11,46	15,29			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 5	37	193,77	19,76	18,65	46,01	11,57	15,36			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 6	37	206,16	21,02	18,43	45,77	11,70	15,24			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 7	37	217,88	22,22	18,50	45,72	11,65	15,23			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 8	41,3	200,98	20,49	18,56	45,60	11,66	15,27			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 9	39,6	199,52	20,35	18,55	45,56	11,51	15,23			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 10	41	184,5	18,81	18,96	45,71	11,52	15,31			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 11	35,5	197,27	20,12	18,30	45,45	11,51	15,24			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 12	38,5	181,6	18,52	18,79	45,84	11,53	15,36			Cumple Norma	Sin fractura
No. 13	42,8	215,94	22,02	18,47	45,77	11,60	15,29			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 14	42,3	186,94	19,06	18,63	45,80	11,65	15,45			Cumple Norma	Sin fractura
No. 15	39,1	184,79	18,84	18,57	45,59	11,35	15,27	60,33		Cumple Norma	Sin fractura
No. 16	41,1	182,82	18,64	18,56	45,73	11,55	15,30	60,53		Cumple Norma	Sin fractura
No. 17	35	184,48	18,81	18,47	45,92	11,54	15,33	60,73		Cumple Norma	Sin fractura
No. 18	41,6	208,62	21,27	18,36	45,80	11,52	15,26	60,58		Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 19	38	182,67	18,63	18,36	45,67	11,61	15,31			Cumple Norma	Sin fractura
No. 20	37,67	182,39	18,60	18,87	45,85	11,47	15,30			Cumple Norma	Sin fractura

No. 21	37,5	181,42	18,50	18,73	45,68	11,55	15,30			Cumple Norma	Sin fractura
** No. 22	37	174,25	17,77	18,75	46,27	11,54	15,32			-	Falla en dispositivo
No. 23	37,3	181,79	18,54	18,55	45,97	11,60	15,36			Cumple Norma	Sin fractura
No. 24	38,6	185,9	18,96	18,48	45,65	11,52	15,28			Cumple Norma	Sin fractura
No. 25	39,3	208,77	21,29	18,40	45,92	11,60	15,48			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 26	40	181,05	18,46	18,40	45,57	11,53	15,17			Cumple Norma	Sin fractura
No. 27	35,8	181,28	18,49	18,65	45,59	11,52	15,15			Cumple Norma	Sin fractura
* No. 28	38,5	180,42	18,40	18,44	45,84	11,48	15,28			Cumple Norma	Sin fractura
* No. 29	38	180,84	18,44	18,70	46,11	11,63	15,29			Cumple Norma	Sin fractura
* No. 30	37,67	185,42	18,91	18,53	45,86	11,44	15,31			Cumple Norma	Sin fractura
Observaciones:		* Presencia de vena / Estructura metalografica Item No.1 ** Fractura de la barra									
Dirección de la carga (W) a 35000 lb = = 155.69 KiloNewtons sin fractura										160,0 Kn	Valor de referencia
No. 31	-	202,83	20,68	18,36	45,47	11,60	15,25			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 32	-	203,35	20,74	18,35	45,93	11,55	15,29			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 33	-	211,17	21,53	18,45	45,74					Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 34	-	107,93	11,01	18,56	45,71	11,44	15,24			-	Falla en dispositivo
No. 35	-	182,56	18,62	18,46	45,43	11,51	15,21			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 36	-	209,01	21,31	18,55	45,57	11,54	15,30			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 37	-	212,27	21,65	18,48	45,73	11,56	15,41			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 38	-	214,3	21,85	18,32	45,63	11,57	15,20			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 39	-	207,19	21,13	18,33	45,83	11,57	15,29			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 40	-	198,08	20,20	18,98	45,75	11,57	15,43			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 41	-	202,32	20,63	18,38	45,80	11,55	15,36			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 42	-	216,61	22,09	18,32	45,74	-	-			Cumple Norma	Llevado a la fractura
No. 43	-	160,57	16,37	18,37	45,68	11,54	15,57			Cumple Norma	Sin fractura
No. 44	-	-	-	18,71	45,73	11,40	15,37			-	Error software
No. 45	-	-	-	18,30	45,73	11,53	15,75			-	Error software
No. 46	-	160,67	16,38	18,41	45,54	11,74	15,45			Cumple Norma	Sin fractura

No. 47	-	160,51	16,37	18,51	45,77	11,61	15,54			Cumple Norma	Sin fractura
No. 48	-	160,66	16,38	18,39	45,77	11,86	15,53			Cumple Norma	Sin fractura
No. 49	-	160,72	16,39	18,32	45,45	11,54	15,29			Cumple Norma	Sin fractura
No. 50	-	160,45	16,36	18,48	45,78	11,53	15,25			Cumple Norma	Sin fractura
No. 51	-	160,68	16,38	18,46	45,75	11,57	15,47			Cumple Norma	Sin fractura
No. 52	-	160,78	16,39	18,36	45,82	11,87	15,30			Cumple Norma	Sin fractura
No. 53	-	160,73	16,39	18,59	45,50	11,55	15,30			Cumple Norma	Sin fractura
No. 54	-	160,76	16,39	18,39	45,68	11,59	15,52			Cumple Norma	Sin fractura
No. 55	-	160,75	16,39	18,52	45,77	11,68	15,37			Cumple Norma	Sin fractura
Dirección de la carga (W) a 27000Lb = 120.1 KiloNewtons sin deformación										130,0 Kn	Valor de referencia
No. 56	-	130,56	13,31	18,50	45,60	11,47	15,46	60,85	60,86	Cumple Norma	Sin fractura
No. 57	-	130,78	13,34	18,32	45,46	11,67	15,42	60,69	60,69	Cumple Norma	Sin fractura
No. 58	-	130,64	13,32	18,38	45,76	11,68	15,33	60,77	60,79	Cumple Norma	Sin fractura
No. 59	-	130,7	13,33	18,49	45,33	11,52	15,34	60,77	60,79	Cumple Norma	Sin fractura
No. 60	-	130,67	13,32	18,46	45,69	11,59	15,45	60,74	60,75	Cumple Norma	Sin fractura
No. 61	-	130,61	13,32	18,59	45,60	11,47	15,41	60,82	60,84	Cumple Norma	Sin fractura
No. 62	-	130,8	13,34	18,45	45,54	11,64	15,37	61,22	61,24	Cumple Norma	Sin fractura
No. 63	-	130,77	13,33	18,46	45,81	11,60	15,65	60,84	60,84	Cumple Norma	Sin fractura
No. 64	-	130,67	13,32	18,35	45,94	11,66	15,36	60,75	60,76	Cumple Norma	Sin fractura
No. 65	-	130,67	13,32	18,35	45,40	11,60	15,25	60,71	60,71	Cumple Norma	Sin fractura
No. 66	-	130,83	13,34	18,54	45,74	11,61	15,45	60,75	60,76	Cumple Norma	Sin fractura
No. 67	-	130,75	13,33	18,46	45,74	11,53	15,39	60,73	60,75	Cumple Norma	Sin fractura
No. 68	-	130,75	13,33	18,60	45,92	-	-	60,74	60,76	Cumple Norma	Sin fractura
No. 69	-	130,71	13,33	18,62	45,86	11,64	15,38	60,74	60,74	Cumple Norma	Sin fractura
No. 70	-	130,66	13,32	18,30	45,62	11,71	15,39	60,89	60,91	Cumple Norma	Sin fractura
Dirección de la carga (X) a 23300Lb = 103,64 KiloNewtons sin ruptura										114,0 Kn	Valor de referencia
No. 71	-	124,33	12,68	18,31	45,23	11,57	15,23			Cumple Norma	Sin fractura
No. 72	-	114,58	11,68	18,43	45,69	11,63	15,26			Cumple Norma	Sin fractura
No. 73	-	114,68	11,69	18,42	45,93	11,71	15,41			Cumple Norma	Sin fractura

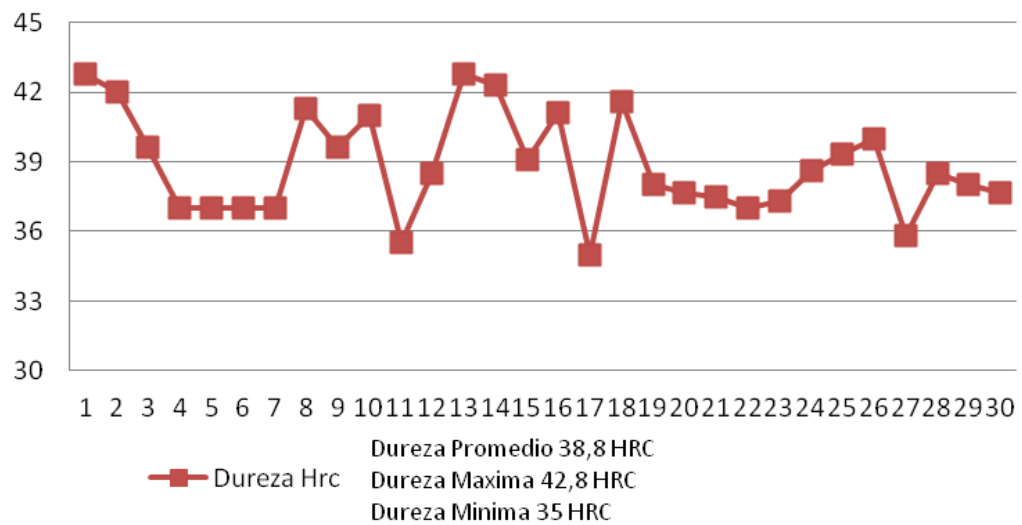
No. 74	-	114,77	11,70	18,52	46,00	11,59	15,30			Cumple Norma	Sin fractura
No. 75	-	114,64	11,69	18,44	45,65	11,53	15,35			Cumple Norma	Sin fractura
No. 76	-	114,61	11,69	18,51	45,81	11,59	15,42			Cumple Norma	Sin fractura
No. 77	-	114,62	11,69	18,39	46,05	11,53	15,23			Cumple Norma	Sin fractura
No. 78	-	114,65	11,69	18,56	45,86	11,66	15,34			Cumple Norma	Sin fractura
No. 79	-	114,6	11,69	18,49	45,75	11,59	15,38			Cumple Norma	Sin fractura
No. 80	-	114,59	11,68	18,71	45,75	11,61	15,51			Cumple Norma	Sin fractura
Dirección de la carga (X) a 18000Lb = 80,06 KiloNewtons sin deformación										89,0 Kn	Valor de referencia
No. 81	-	89,72	9,15	18,47	45,81	11,56	15,32	60,76	60,96	Cumple Norma	Sin fractura
No. 82	-	89,68	9,14	18,40	45,91	11,52	15,36	60,86	60,92	Cumple Norma	Sin fractura
No. 83	-	89,64	9,14	18,37	46,08	11,57	15,33	60,58	60,62	Cumple Norma	Sin fractura
No. 84	-	89,73	9,15	18,62	45,35	11,44	15,28	60,67	60,67	Cumple Norma	Sin fractura
No. 85	-	89,7	9,15	18,51	-			60,69	60,71	Cumple Norma	Sin fractura

Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / agosto 11 de 2018

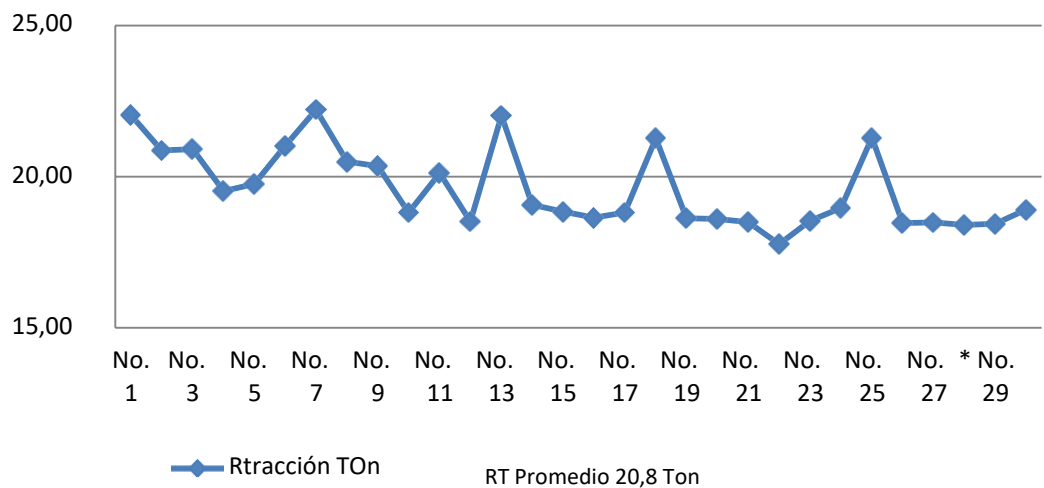


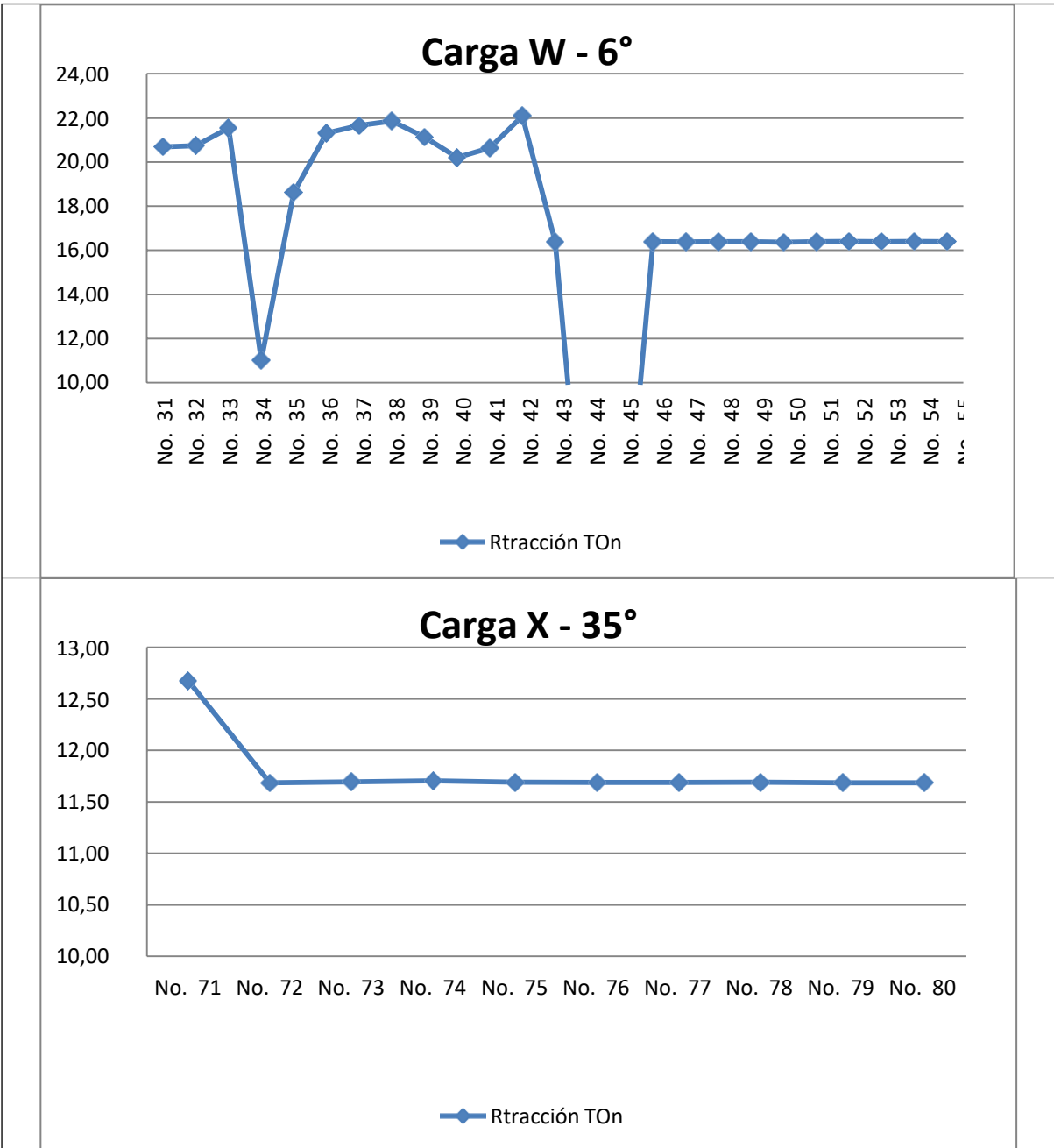
Resistencia última Promedio 20,8 Ton
 Resistencia última Máxima 22,2 HRC
 Resistencia última mínima 18.62 HRC V
 Valores tomados de piezas llevadas hasta la fractura

Dureza



Carga Z - 0°





7.2. RESULTADOS: Pruebas de resistencia al impacto a pernos Microfundidos Alternativa B con tratamiento térmico

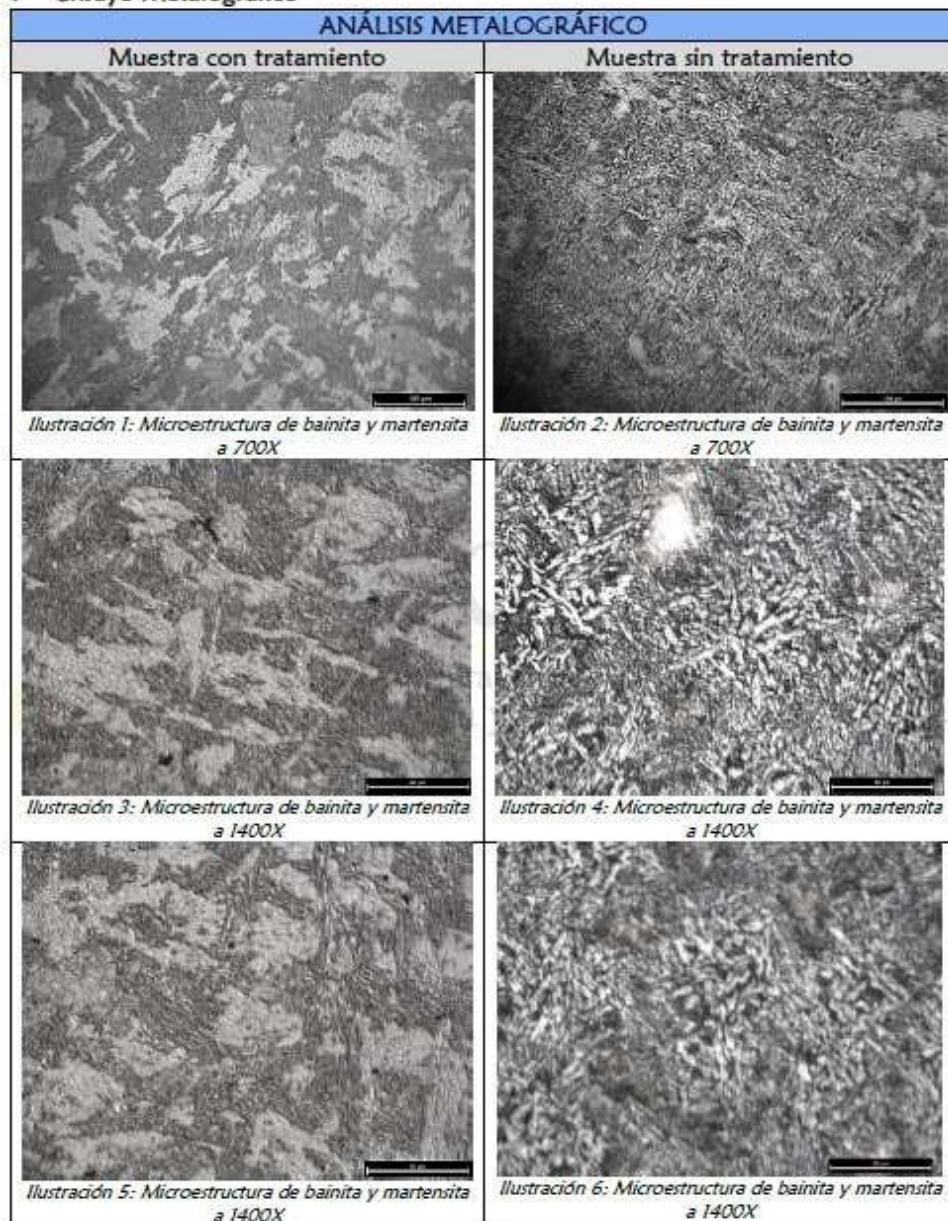
NUMERO DE PERNO	Dureza (HRC)	Resultado		
No. 1	40	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 2	40	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 3	41	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 4	*31	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 5	*34	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 6	41	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 7	37	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 8	41	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 9	41	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 10	42	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 11	42	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 12	42	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 13	42	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 14	38	Cumple Norma	Sin fractura	
No. 15	41	Cumple Norma	Sin fractura	
Observaciones:		Peso de la Masa: 9,28 Kg Altura de caída libre: 3,3 Mts Ensayos de partículas magnéticas No. 21 /2018		

7.3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES LOTE M1

Material: Acero AISI 4340+ Vanadio Composición química %								
C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	V
0,4	0,45	0,75	0,01	0,024	0,80	0,29	1,92	0,073
0,39	0,43	0,77	0,012	0,028	0,81	0,3	1,94	0,076
Metalografía: Martensita con presencia de austenita retanida, tamaño de grano 5-6								
Dureza 40 - 43 HRC								
Informe de laboratorio No. 143 y 277 de -2018								

PERNO MICROFUNDIDO ALTERNATIVA B

1 Ensayo Metalográfico



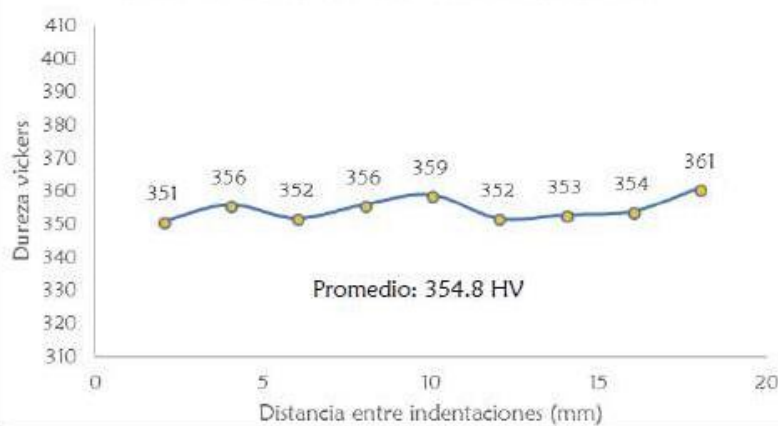
En la muestra con tratamiento se observa una microestructura bainítica fina con presencia de martensita en diferentes zonas distribuidas aleatoriamente, mientras que en la muestra sin tratamiento se aprecia una microestructura de bainita gruesa con morfología acicular clara.

PERFILES DE DUREZA

Perfil de Dureza muestra con tratamiento



Perfil de Dureza muestra sin tratamiento



Se observa un aumento del 3.2% en el valor promedio de dureza obtenido en la muestra con tratamiento respecto de la muestra sin tratamiento.

Dicho aumento en la microdureza es consecuencia del afinamiento del grano

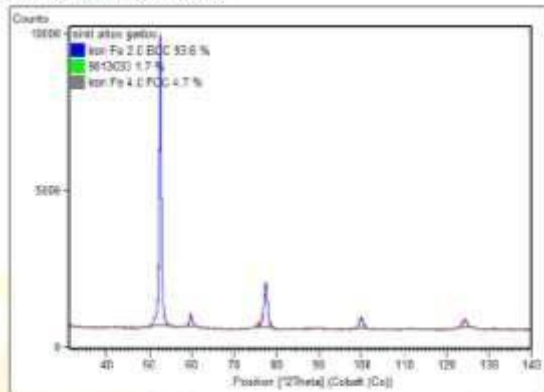
Ensayo de microdureza – equipo utilizado microdurómetro micro vickers hardness tester modelo QV-1000DM.

Muestra	%C	%Si	%Mn	%S	%P	%Ni	%Cr	%Mo
Perno Sin TT	0.341	0.493	0.786	0.0396	0.0173	2.15	0.920	0.253
Perno con TT	0.389	0.505	0.816	0.0401	0.0129	2.06	0.892	0.256
ASTM A 29 Grado 4340	0.38 – 0.43	0.15 – 0.35	0.60 – 0.80	0.040 máx	0.035 máx	1.65 – 2.00	0.80 – 0.90	0.20 – 0.30

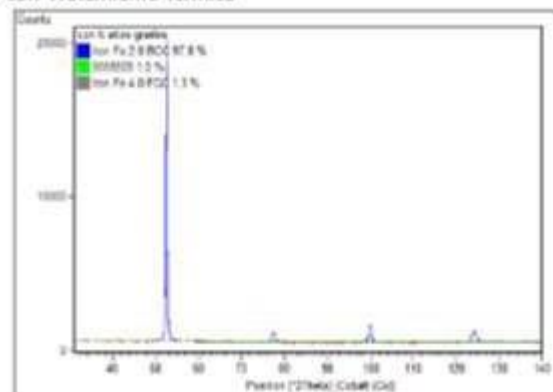
Con base en los resultados de composición química obtenidos, se evidencian contenidos de silicio mayores a los requeridos por la especificación, en el caso del perno sin tratamiento térmico se aprecia que el contenido de carbono se encuentra levemente inferior al especificado, mientras que el Ni y Cr se encuentran ligeramente por encima.

El porcentaje de silicio es una característica propia del proceso de microfundición para favorecer la colabilidad del acero dentro de la cascara (racimo) cerámica.

Perno sin tratamiento térmico



Perno con Tratamiento térmico



Sin Tratamiento Térmico

En el patrón obtenido mediante el ensayo de difracción de rayos X, se aprecian cinco señales predominantes donde cuatro de ellos corresponden a una fase con gran presencia en los picos (011), (002), (112) y (022) en los ángulos 52.3, 77.0, 99.7 y 123.7 respectivamente, parámetros característicos de un sistema cubico centrado en el cuerpo tipo BCC propio de hierro alfa tipo ferrita y un pequeño pico ubicado en el ángulo 50.8 (111), correspondiente a un sistema cubico centrado en las caras tipo FCC propio de estados de orientación preferencial del hierro austenítico en su pico de más preponderancia en un patrón natural del material.

Con Tratamiento Térmico

En el perno con tratamiento térmico se aprecian las mismas 5 señales presentes en la primera muestra correspondientes a una fase con presencia en los picos (011), (002), (112) y (022) en los ángulos 52.3, 77.0, 99.7 y 123.7 respectivamente, proporcionados por un sistema cubico centrado en el cuerpo tipo BCC propio de hierro alfa tipo ferrita. y un pico de menor intensidad del sistema FCC característico de la fase austenítica.

8. CONCLUSIONES

- Químicamente la inclusión de Vanadio como elemento aleante “Siendo un formador de carburos estables y complejos con el carbono, produciendo aceros compactos y con grano fino, otorgando al acero un aumento de resistencia a la tracción, el límite elástico y una buena resistencia a la fatiga” y en el porcentaje adicionado en el acero base AISI 4340 **NO** modifica el requisito de la norma “Military Standard MS 3314” y la especificación “Military Especification MIL-S-5000D/Especificación STEEL, CHROME-NIKEL-MOLYBDENO (4340).
- Geométricamente los Pernos de sujeción fabricados por Microfundición para cumplir con los requisitos de resistencia a tensión solicitados en la norma “Military Standard MIL-STD-8591” y la especificación “Military especification MIL-L-81558” presenta diferencias con la norma “Military Standard MS 3314” las cuales **NO** influyen en el funcionamiento del acople entre el perno y Bomb Rack o acoplamiento entre Bomba y avión.
- Los resultados de Resistencia ultima a la tensión de los Pernos de Sujeción fabricados por Microfundición **CUMPLEN** con los requisitos de la norma MIL-STD-8591/ MIL-L-81558/ MS 3314.
- Los resultados de Resistencia ultima a la Tensión (Perno de sujeción microfundido, tratado y Mecanizado), se encuentra en 20.9 Toneladas promedio, en un porcentaje superior de 15% aproximadamente con relación al valor de la norma MIL-STD-8591 (18.1 Ton).
- Los resultados de Resistencia ultima a la Tensión (Perno de sujeción Forjado, tratado y Mecanizado), se encuentra en 19 Toneladas promedio, en un porcentaje superior de 5% aproximadamente con relación al valor de la norma MIL-STD-8591.
- Para exportar o en cumplimiento de entrega de perno de sujeción fabricado por Microfundición de INDUMIL es necesario verificar que el contrato no se refiera estrictamente a la norma “Military Standard MS 3314” Pernos de sujeción fabricado por el proceso de forja.

9. ANEXOS

- 1.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ abril 23 de 2018
- 2.** Informe de laboratorio No. 113 -2018
- 3.** Informe de laboratorio No. 123 -2018
- 4.** Informe de laboratorio No. 172 -2018
- 5.** Informe de laboratorio No. 194 -2018
- 6.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / junio 7 de 2018
- 7.** Informe de laboratorio INCITEMA - Caracterización Metalografía / junio 06 de 2018
- 8.** Informe de laboratorio INCITEMA - Caracterización Química / junio 14 de 2018
- 9.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ junio 22 de 2018
- 10.** Reporte Dimensional 2.2 -31 del 30/05/2018
- 11.** Reporte Composición Química
 - a) Coladas del 23 de mayo de 2018
 - b) Coladas del 24 de mayo de 2018
- 12.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ agosto 03 de 2018
- 13.** Informe - Simulación de Esfuerzos Perno Alternativa B
- 14.** Perno de sujeción Microfundido Alternativa B FS 026 0246 Rev. 1
- 15.** Perno de sujeción Microfundido Mecanizado Alternativa B FS026 0247 Rev. 1.
- 16.** Caracterización Bomb Racks
- 17.** Reporte Dimensional 2.3- 43
- 18.** Informe de laboratorio No. 234 -2018
- 19.** Informe de laboratorio No. 243 -2018
- 20.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión / julio 13 de 2018
- 21.** Informe de laboratorio partículas magnéticas No. 21 /2018
- 22.** Informe de laboratorio INCITEMA - Caracterización de Materiales / agosto 08 de 2018
- 23.** Informe de laboratorio INCITEMA – Reporte Ensayos de Tensión/ agosto 10 de 2018
- 24.** Informe de laboratorio No. 277 -2018
- 25.** Consolidado Ensayos de Tensión Desarrollo Perno Microfundido