

Determinación del origen de falla en las juntas soldadas del semirremolque volquete minero de 22m³ en la empresa CONSERMET S.A.C.”

Determination of the origin of failure in the soldered seals of the 22m³ mining dump semitrailer in the CONSERMET S.A.C. company

Jorge Carlos Otiniano Alcalde¹

RESUMEN:

En esta investigación se realizó un análisis de falla de juntas soldadas presentadas en la estructura de un semirremolque volquete 22m³, desde la perspectiva de cinco categorías problemáticas comunes en juntas soldadas: incompatibilidad de material-proceso, ejecución de soldeo indebida, parámetros no especificados, diseño geométrico inadecuado y requisitos no provistos. Éstas son las hipótesis de este estudio. El objetivo fue determinar el origen de falla de las juntas soldadas aplicando metodología de análisis: recolección de información, ensayos no destructivo de líquidos penetrantes, ensayos destructivos de flexión y tracción, ensayo metalográfico por microscopía óptica, cálculo analítico aplicando “teorías de falla” y simulación de condiciones de operación en SolidWorks 2016. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: las fichas técnicas y los ensayos demostraron que el material de aporte es inferior en propiedades al material base; el ensayo no destructivo, la ausencia de defectos superficiales; los ensayos destructivos y metalográficos, falta de fusión y penetración; la entrevista, omisión de código AWS en el diseño geométrico; el cálculo analítico de la zona del tercer eje en posición de vuelco y carga máximos, un factor de seguridad $n=0.91$; y la simulación de ambas posiciones con carga máxima, alta concentración de esfuerzos en las zonas de falla. Se llegó a la conclusión de que la falla se origina porque existe incompatibilidad entre el material base y el de aporte; y porque falta especificación de parámetros. No existió una mala ejecución de soldeo. Por falta de información, no se determinó la existencia de un diseño geométrico indebido ni de condiciones o requisitos no provistos

Palabras claves: Fallas de soldadura, Juntas soldadas, Chasis de semirremolque, Ensayo de líquidos penetrantes, Ensayo destructivo

ABSTRACT:

In this investigation, a failure analysis of welded joints presented in the structure of a 22m³ tipper semi-trailer was made, from the perspective of five problematic categories common in welded joints: incompatibility of material-process, execution of undue welding, unspecified parameters, design inadequate geometry and requirements not provided. These are the hypotheses of this study. The objective was to determine the origin of failure of welded joints by applying analysis methodology: information collection, non-destructive testing of penetrating liquids, destructive tests of flexion and traction, metallographic testing by optical microscopy, analytical calculation applying "fault theories" and simulation of operating conditions in SolidWorks 2016. The results obtained were the following: the technical data sheets and the tests showed that the filler material is inferior in properties to the base material; the non-destructive test, the absence of superficial defects; destructive and metallographic tests, lack of fusion and penetration; the interview, omission of AWS code in the geometric design; the analytical calculation of the zone of the third axis in maximum tipping position and load, a safety factor $n = 0.91$; and the simulation of both positions with maximum load, high stress concentration in the fault zones. It was concluded that the fault originates because there is incompatibility between the base material and the input material; and because there is a lack of parameter specification. There was no poor welding performance. Due to lack of information, the existence of an undue geometric design or conditions or requirements not provided was not determined.

Key words: Welding faults, Welded joints, Semi-trailer Chassis, Penetration Testing, Destructive testing

¹ Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica
E-mail: jorgecarlos_mecanica@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN:

Hoy En la industria metalmecánica, el rubro de la construcción de unidades de transporte pesado, conocidas como remolques y semirremolques, requiere de juntas soldadas de alta calidad, ya que estas estructuras están destinadas al transporte de grandes cantidades de productos a través de grandes distancias. Para ello cuentan con un diseño conformado por vigas, puentes, soportes; que contribuyen a la rigidización adecuada de la estructura y hace posible que ésta tenga la capacidad de soportar el peso de producto que se desea transportar sin que falle alguno de sus elementos ya sea por carga estática o por fatiga.

La empresa CONSERMET S.A.C. es especialista en la fabricación de unidades de transporte pesado: furgones, volquetes, caliceras, cisternas, plataformas, cama baja, bombonas bicónicas, etc. La experiencia a través de sus años le ha permitido ganar prestigio, crecimiento y la satisfacción de sus clientes; gracias a ello, esta empresa se proyecta a ampliar su posición en el mercado lo que implica cumplir con mayores requerimientos de los clientes. Por ello, CONSERMET S.A.C. constantemente se ve en la necesidad de implantar mejoras en sus diseños, procesos, innovaciones, aplicaciones de normas de seguridad, inspecciones; que le permitan un mejor posicionamiento en el mercado y estar a la altura de las grandes empresas nacionales que se han desarrollado en el mismo rubro.

Uno de los productos bandera de la empresa CONSERMET S.A.C. es el semirremolque volquete minero de 22m³, que transporta insumos para la minería, los cuales suelen ser productos granulares y pulverizados. En la fabricación de este semirremolque, las juntas soldadas conectan perfiles y elementos estructurales estándar para formar sus partes definidas: la estructura del chasis reforzada con

puentes, el soporte de los sistemas individuales de suspensión soporte para el mamparón y compuerta, base para el sistema de basculamiento, entre otros.



Figura N° 1: Semirremolque Volquete minero 22m³.

Fuente: CONSERMET SAC, 2015.

En el último año, desde mediados del 2015, se fabricaron treinta de estas unidades. Dos de éstas se reportaron con fallas en las juntas soldadas que se manifiestan como grietas en los cordones de soldadura en la base de la tolva y el chasis que se propagan en algunos casos hacia el material base (Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La empresa CONSERMET S.A.C. ha especulado sobre el origen, sin embargo, debido a la necesidad de una respuesta rápida al reclamo del cliente, solo se ha limitado a realizar acciones correctivas de las fallas y a reconstrucción de las zonas afectadas.

Una junta soldada puede presentar defectos e imperfecciones debido a diversas causas. Estos defectos e imperfecciones son, en un gran número de casos, imperceptibles a la inspección visual; por lo tanto, se hace necesario recurrir a métodos con los cuales sea posible la detección de defectos e imperfecciones, así como al análisis de cargas que pudieran representar un peligro latente de siniestralidad, ya que serían potenciales causantes de falla de la misma.



Figura N° 2: Semirremolque Volquete minero 22m³.

Fuente: CONSERMET SAC, 2015.

2. CONTENIDO

La presente investigación abarca una serie de recolección de información, ensayos mecánicos, cálculo analítico y simulación. La problemática formulada se analiza desde la perspectiva de cinco categorías problemáticas comunes en juntas soldadas, las cuales constituyen las hipótesis que pretenden resolverla: incompatibilidad de material-proceso, indebida ejecución de soldeo, parámetros no especificados, inadecuado diseño geométrico y requisitos de servicio no provistos.

Se aplicó la técnica de la entrevista a cinco expertos del área de producción de la empresa. Los resultados se aproximan a negar la 'hipótesis 2', indebida ejecución de soldeo; y se aproxima a afirmar la 'hipótesis 5', si los esfuerzos concentrados en la zona de suspensión son excesivos.

Para la realización de los ensayos destructivos y no destructivo se fabricaron 13 probetas.

Se realizó el ensayo aplicando el método de líquidos penetrantes basado en el estándar ASTM E 165-95 (1995)

La ausencia de porosidad niega la 'hipótesis 2', indebida ejecución de soldeo; la existencia de excesivas corrientes de viento; y el mal estado de la máquina soldadora. Sin embargo, el método de

líquidos penetrantes, por lo general, detecta defectos superficiales (Ver Figura 3).

Se ensayó por flexión, la probeta modelo 1 presentó una fractura que produjo una falla a los 68.5°. Se pudo apreciar poca ductilidad, falta de fusión y penetración en la junta soldada. Por el contrario, la probeta modelo 2 no falló.

Se ensayó por tracción (o tensión) para determinar las propiedades de resistencia de fluencia (S_y) y resistencia última de tracción (S_{ut}), se pudo observar falta de fusión y penetración. Según HERNÁNDEZ RIESCO (2006), la presencia de estos defectos se debe a que no se ha realizado una verdadera unión del material de aporte con el bisel y la raíz de la junta (Ver Figura 4).

Se optó por el método metalográfico de la microscopía óptica ya que los metales son visibles a la reflexión de la luz del microscopio óptico. Con esta técnica se observó, por medio de la fotomicrografía, las zonas características de la junta soldada (Ver Figura 5).

En cada probeta, la ZAC se midió en varios puntos, obteniendo como promedios: 478.80 μm , en la probeta modelo 1; y 264.25 μm , en la probeta modelo 2 se consideran aceptables los valores promedio obtenidos por ser menores que 0.50mm, dimensión referida por un experto.

Se realizó el cálculo analítico de los esfuerzos en la zona crítica del tercer eje, zona que presentó la falla de junta soldada más crítica. Para ello se utilizaron las teorías de falla por carga estática de Tresca y von Mises; y por fatiga, Goodman modificado (BUDYNAS, y otros, 2012). La posición de vuelco máximo con máxima carga, los esfuerzos en la zona del tercer eje son muy elevados; por lo tanto, los factores de seguridad, muy pequeños. El factor por carga estática en la junta es $n=1.29$; y por fatiga, $n=0.91$. Éste último indica falla, por lo tanto, se aproxima a afirmar la 'hipótesis 5', requisitos no provistos.

El chasis fue modelado como una pieza compacta, es decir, como si sus elementos no estuvieran unidos por soldadura. Se simularon las dos posiciones establecidas: descanso continuo sobre el chasis y vuelco máximo la posición de vuelco máximo con máxima carga presenta alta concentración de esfuerzos (Ver Figuras N° 6, 7 y 8) en la zona del sistema de basculamiento cercana al tercer eje; sin embargo, un óptimo factor de seguridad $n=12.67$ (Ver Tabla N°1).

2.1. Figuras y tablas



Figura N° 3: Indicación superficial. Líquidos penetrantes.

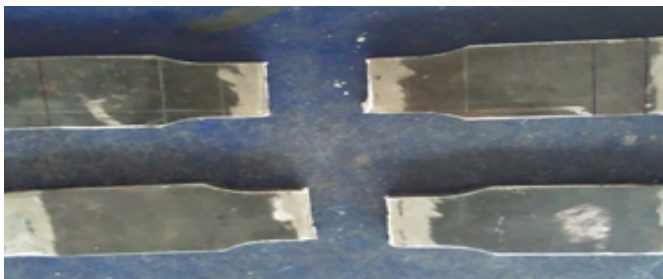


Figura N° 4: Fractura por falta de fusión y penetración. Ensayo de tracción.

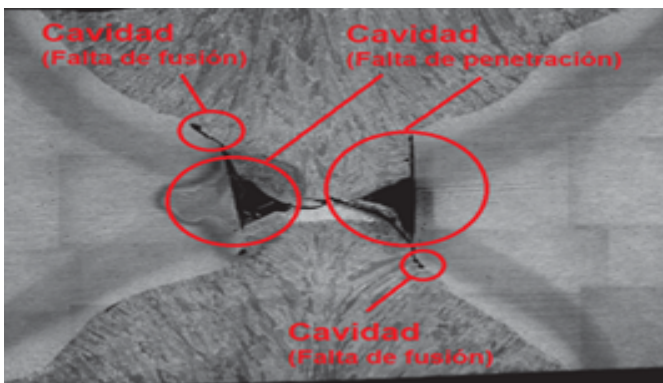


Figura N° 5: Microfografía que revela falta de fusión y penetración. Ensayo metalográfico.

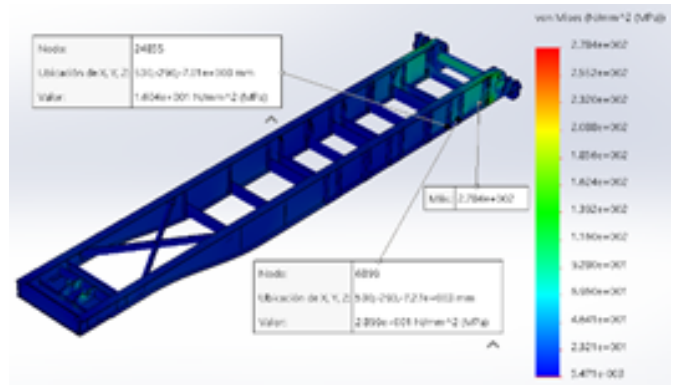


Figura N° 6: Esfuerzos de von Mises en 'vuelco máximo'.

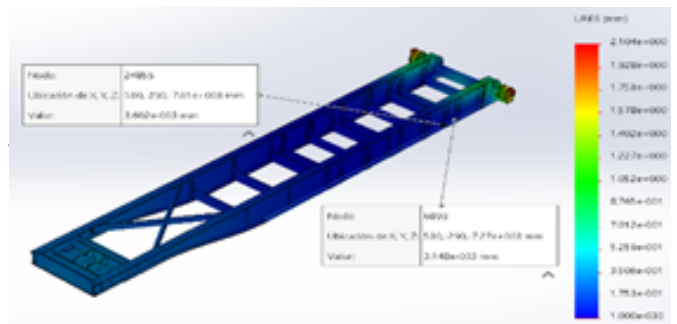


Figura N° 7: Deformaciones en 'vuelco máximo'.

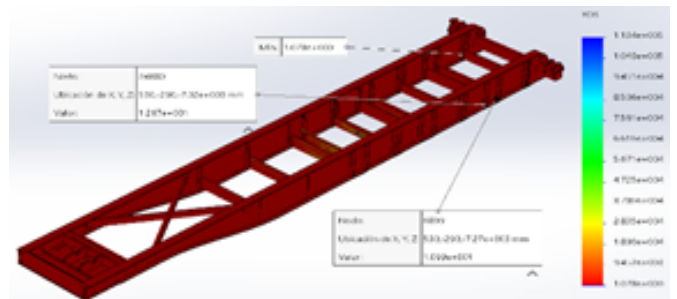


Figura N° 8: Factores de seguridad en 'vuelco máximo'.

Tabla N°1: Resultados de simulación es Solid Works.

Posición	Von Mises [MPa]	Deformación [mm]	Factor de seguridad [1]
Descanso continuo	3.93	0.001	63.54
Vuelco máximo	16.04	0.004	12.67

3. CONCLUSIONES:

Las existe incompatibilidad entre los materiales entre sí. El material de aporte no responde a la exigencia del diseño .

No existe una indebida ejecución de soldeo ya que el ensayo de líquidos penetrantes no revelaron indicaciones superficiales de rechazo.

No se ha realiza una especificación de parámetros de soldadura.

La falta de fusión y penetración revelada por los ED y EM se relacionan estrechamente con esta causa.

La ausencia de porosidad revelada por el END muestran que las juntas soldadas de las probetas no se han visto afectadas por las corrientes de viento.

De acuerdo con el cálculo analítico y la simulación de las condiciones de operación, la junta soldada no cumple el requisito de carga por fatiga en vuelco máximo. Esto dio origen a las fallas en la zona del tercer eje y en el guardafango.

La falta de fusión y penetración provocan que la junta soldada falle aun en condiciones de carga normales debido al alto requerimiento de carga y la débil adhesión existente.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] ASME , "American Society of Mechanical Engineers". 1998. Métodos para Examen de Líquidos Penetrantes. ASME Sección VIII división 1 apéndice 8. Estados Unidos de América : ASME, 1998.
- [2] STM, American Society for Testing Materials. 1995. Método de prueba estándar para el examen de Líquido Penetrante. ASTM E 165-95. Estados Unidos de América : ASTM, 1995.
- [3] AWS, American Welding Society. 2007. "Métodos Estándar para los Ensayos Mecánicos de las Soldaduras". AWS B4.0:2007. Estados Unidos de América : AWS, 2007.
- [4] BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, J. Keith. 2012. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Novena Edición. México D.F., México : Mc Graw Hill, 2012.
- [5] CALLISTER, William D., Jr. 1995/2007. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales 1. Barcelona, España : Editorial Reverté S.A., 1995/2007.
- [6] DENNIES, Daniel P., Ph. D. 2005. How Organize and Run a Failure Investigation. Ohio : ASM International, 2005.
- [7] GROOVER, Mikell P. 2007. Fundamentos de Manufactura Moderna. Tercera. Naucalpan de Juárez : Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 2007.
- [8] HERNÁNDEZ RIESCO, Germán. 2006. Manual del soldador. 18ava. Edición. Madrid, España : CESOL, 2006.
- [9] JEFFUS, Larry y con colaboración de CESOL. 2009. Soldadura: Principios y Aplicaciones. Quinta edición. Madrid, España : Cengage Learning Ediciones Paraninfo S.A., 2009.
- [10] MORRAL, Facundo Rolf., JIMENO, Emilio y MOLERA, P. 1985/2004. Metalurgia General. Tomo II. Barcelona, España : Editorial Reverté S.A., 1985/2004.
- [11] ROWE, Richard, JEFFUS, Larry y con colaboración de CESOL. 2008. Manual de Soldadura GMAW (MIG-MAG). Madrid, España : Cengage Learning Paraninfo S.A., 2008.
- [12] • SOMERS, Bruce R. y PENSE, Alan W. 1994. Análisis de Falla de Soldadura. Bethlehem, Pensilvania : Lehigh University, 1994.