

ALUMINIO EN EL TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Everaldo Santa Cruz, Cisternas DANES SRL, esantacruz@cisternasdanes.com.ar

Sinopsis

En el mundo desarrollado el material por excelencia para la construcción de cisternas para el transporte de combustibles líquidos es el Aluminio, la elección de este material se basa en que el mismo es inherentemente seguro al no generar chispas y tener una capacidad superior de absorber energía en ocasión de un siniestro minimizando las posibilidades de pérdida de combustible. Adicionalmente es más eficiente al aumentar la capacidad de carga en un ~10% en comparación con el acero al carbono y más sustentable ya que al ser más liviano gasta menos energía tanto por tonelada de combustible transportado como cuando viaja vacío, al final de su vida útil es 100% reciclable dejando durante todo su ciclo de vida una huella de carbono significativamente inferior. La Argentina es el único país en la región con varias fábricas de semirremolques en aluminio para el transporte de combustible, el objetivo es analizar los beneficios de esta solución para el transporte de combustibles líquidos comparado con la opción de la utilización del acero al carbono.

Introducción

El análisis comparativo del material constructivo de los tanques cisterna utilizados en el transporte de combustibles líquidos, se realizará considerando principalmente el impacto en la seguridad en el transporte, no obstante, también se proveerá una visión del impacto ambiental, el impacto en la calidad del combustible, y la eficiencia en el transporte.

Desarrollo

En el contexto de la Seguridad en el transporte los aspectos que se evaluarán serán el comportamiento del material en ocasión de siniestro, el impacto de la eficiencia en el volumen de viajes realizados y la seguridad inherente del material.

Comportamiento en ocasión de siniestro:

Es relevante mejorar continuamente la absorción de la energía de choque en caso de siniestro, en este sentido respecto a la deformación del metal que absorbe energía al someterse a impacto, los sistemas en aluminio posibilitan absorber significativamente más energía de choque por unidad de peso que los sistemas tradicionales de acero al carbono.

Esta característica del aluminio permite que en un siniestro se mantenga contenida la carga, el combustible líquido, ya que el tanque se deforma absorbiendo la energía del choque.

A continuación, algunas fotos de vehículos que sufrieron choques / vuelcos y en todos los casos no hubo pérdidas ya que el recipiente contuvo el combustible líquido.



Imagen 1.
Vuelco de una unidad en Bogotá, Colombia
Transporte de 38.000 litros de gasolina
Perdida 0 litros



Imagen 2
Vuelco de una unidad en Argentina
Transporte de 40.000 litros de gasolina
Perdida 0 litros



Imagen 3
Vuelco de una unidad en Alabama, Estados Unidos
Transporte de 34.762 litros de gasolina
Perdida 0 litros



Imagen 4
Vuelco de una unidad en Argentina
Transporte de 40.000 litros de gasolina
Perdida 0 litros



Imagen 5
Detalle evento con 0 pérdida de combustible



Imagen 6
Detalle evento con 0 pérdida de combustible

Volumen de viajes realizados:

La fabricación de los vehículos en aluminio permite reducir el peso del equipo lo que a su vez permite una mayor capacidad de carga, ya que el peso ahorrado en la fabricación el vehículo se convierte en mayor capacidad de carga (pay load).

Esta mayor capacidad de carga, puede considerarse en el caso del semirremolque típico utilizado en la industria un 10% más de capacidad de carga, significa una reducción equivalente de vehículos necesarios para el transporte y finalmente menos kilómetros recorridos por toda la flota para el mismo volumen de combustible distribuido.

Para los fines de un análisis del impacto en la seguridad vial podemos definir:

Riesgo = Magnitud de una posible perdida x Frecuencia esperada del evento

En la ecuación la frecuencia esperada del evento puede medirse en referencia a los km recorridos por las flotas de transporte, esta frecuencia es consecuencia de muchas variables (educación

del conductor, estado de las rutas, elementos de seguridad activa y pasiva de los vehículos, condiciones climáticas, etc.) que no abordaremos en este trabajo.

Podemos expresar

$$\text{Frecuencia esperada del evento} = \text{Factor} \times \text{Km recorridos}$$

En un extremo si no hay ningún km recorrido por toda la flota el riesgo es 0.

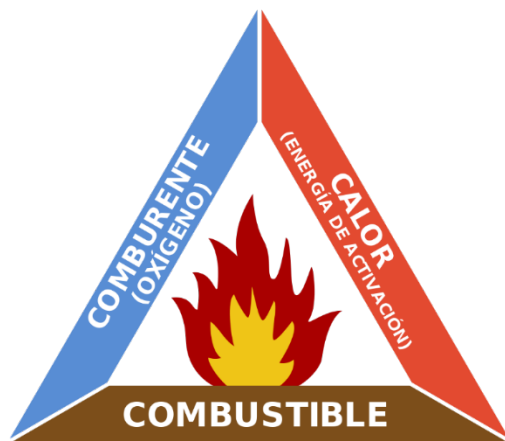
Llevando este concepto al impacto de una flota de vehículos para el transporte de combustible fabricados con aluminio, vemos que cada vehículo aumenta la capacidad de carga al comprarlo con uno similar fabricado en acero al carbono, reduciendo por ende el total de km recorridos por la flota y simultáneamente reduciendo significativamente la exposición al riesgo de la empresa.

Para graficar el concepto, vemos un ejemplo de transporte de 30.000 Tn de combustible por mes, una flota de vehículos fabricados en aluminio recorre 41.278 km menos esto descongestiona las rutas y directamente baja el riesgo vial.

Volumen total a transportar en un mes	30.000,00 Tn
Km realizados por mes por unidad	12000,0 km
Distancia de viaje	420 km
Viajes por mes por vehículo	29
Capacidad Unidad acero carbono	33 Tn
Total de unidades de acero al carbono necesarias	31,8
Capacidad Unidad aluminio	37 Tn
Total de unidades de aluminio necesarias	28,4
Diferencia de unidades	3,4
Km no rodados	41.278 km

Seguridad inherente del material:

El aluminio es un metal blanco plateado con muchas características deseables. Es ligero, no tóxico, no es magnético y es anti chispas (no genera chispas).



La propiedad del aluminio de no generar chispas en ocasión del transporte de combustibles líquidos provee una línea de defensa adicional al evitar condiciones que deriven en la combustión del mismo.

Para ilustrar este concepto utilizaremos el modelo del triángulo de fuego.

El triángulo de fuego o triángulo de combustión es un modelo que describe los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de los fuegos: un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación que genere una alta temperatura (calor). Cuando estos factores se combinan en la

proporción adecuada, el fuego se desencadena. Por otra parte, es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos

En el Transporte de combustibles líquidos dos lados del triángulo están siempre presentes, el combustible y el comburente. La energía que provee una chispa sería suficiente para generar fuego por lo que almacenar y contener el combustible en tanques de Aluminio elimina inherentemente el aporte de calor por generación de chispas.

Esta condición es más crítica en los combustibles de clase I por su bajo punto de inflamación, por ende para el transporte de combustibles clase I el transporte del mismo en cisternas de aluminio genera una enorme mejora en la seguridad.

Punto de inflamación Copa cerrada	< 20°F (-7°C)	20°F (-7°C)- 100°F (38°C)	100°F (38°C)- 140°F (60°C)	140°F (60°C)- 150°F (66°C)	150 °F (66°C)- 200°F (93°C)
OSHA	Inflamable	Inflamable	Combustible	Combustible	Combustible
ANSI	Extremadamente Inflamable	Inflamable	Inflamable (< 141°F/60.5°C)	Combustible	Combustible
RCRA (EPA)	Inflamable	Inflamable	Inflamable		
DOT	Inflamable	Inflamable	Inflamable (< 141°F/60.5°C)	Combustible	Combustible
CPSC	Extremadamente Inflamable	Inflamable	Combustible	Combustible	
NFPA 30	Clase I	Clase I	Clase II	Clase III	Clase III

En el contexto del impacto ambiental, los aspectos que se evaluarán serán la emisión de CO₂, la duración de la vida del equipo, el reciclado al final de la vida y las pérdidas de producto.

Emisión de CO₂:

Para lograr reducciones de emisiones, no solo es importante desarrollar motores de baja emisión, sino también utilizarlos en la forma más racional. Ahorrar peso con aluminio es una buena manera de lograr este objetivo como explicaremos a continuación.

El aluminio contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂ en el transporte por carretera de la siguiente manera:

En el transporte de mercancías pesadas, aumenta la capacidad de carga de vehículos y por lo tanto mejora el rendimiento del transporte, permitiendo transportar más bienes por viaje. En este caso, una tonelada menos en el peso del vehículo ahorra el consumo de 1.500 litros de combustible diésel en 100.000 km.

En el transporte de mercancías voluminosas, reduce el total peso, disminuyendo el consumo de combustible por kilómetro. En este caso, una tonelada menos en el peso del vehículo Ahorra 600 litros de combustible diésel en 100.000 km.

Tomando la producción primaria, el uso y el reciclaje en el fin de la vida útil del vehículo, se estima durante toda la vida del mismo un ahorro de emisiones de 28 kg de CO₂ por cada kg de aluminio utilizado.

Duración de la vida del equipo:

El aluminio no se deteriora por efecto de la oxidación, así mantiene sus espesores originales y todas sus propiedades en el tiempo, esto permite que la unidad extienda su vida útil siendo solo limitada por el correcto mantenimiento del tren rodante.



Imagen 7

Vehículo fabricado en 1962 en uso en el norte de Estados Unidos

Reciclado:

El aluminio es fácil y económicamente reciclado. Debido al alto valor de la chatarra de aluminio, existe un incentivo económico muy alto para vender la chatarra de aluminio, siendo que en general es reciclado evitando así la disposición en vertederos.

El aluminio reciclado no pierde en nada su calidad ni sus propiedades y guarda el 95% de la energía entregada durante su producción primaria.

La energía requerida para producir aluminio primario no se pierde: se “almacena en el metal”.



Imagen 8
Reciclado de aluminio

Perdidas de producto:

La reflectividad reduce la pérdida de producto.

Las pérdidas por variaciones en la presión interna de la cisterna, regulación de presión/vacío son normales y este fenómeno se basa en la suposición de que la pérdida es una función de la presión de vapor del líquido almacenado, diámetro del tanque, Interrupción del espacio de vapor, temperatura ambiente y color y condición de la pintura del tanque. La ecuación es la siguiente:

$$L_b = 2.26 \times 10^{-2} M_v \left(\frac{P}{P_A - P} \right)^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} \Delta T^{0.50} F_p C K_c$$

- L_b = breathing loss, lb/yr
- M_v = stock vapor molecular weight, lb/lb-mole
- P = vapor pressure of stored liquid at bulk liquid conditions, psia
- P_A = average atmospheric pressure at tank location, psia
- D = tank diameter, ft
- H = average vapor space height, including roof volume correction, ft
- ΔT = average ambient diurnal temperature change, °F
- F_p = paint factor, dimensionless
- C = adjustment factor for small diameter tanks, $D < 30$ ft, dimensionless
- K_c = product factor, dimensionless

Imagen 9
Emission Factor Documentation for AP-42 - Section 7.1
Organic Liquid Storage Tanks
Final Report - EPA September 2006

En el caso de tanques fabricados en aluminio los mismos no necesitan pintura y mantienen una superficie de alta reflectividad que reduce las pérdidas de producto al medio ambiente.



Imagen 10

Referente al impacto en la calidad del combustible transportado, al ser el aluminio un metal que no presenta corrosión no hay contaminación del combustible por partículas de óxido producto de la corrosión del metal.

Al comparar con tanques fabricados en acero al carbono en estos hay una continua corrosión que genera partículas de óxido que contaminan el combustible transportado. A continuación, fotografías de esta contaminación y fotografías del interior de tanques de aluminio sin ninguna evidencia de corrosión.



Imagen 11

Válvula de emergencia (válvula de pie) muestra la corrosión residual del tanque de acero



Imagen 12
Vista de interior de tanques de aluminio

Al analizar la eficiencia en el transporte, vemos que la utilización de aluminio tiene un rápido repago ya que:

Mayor carga útil + Mayor valor residual = Ingresos adicionales

El aluminio reduce el peso del vehículo, así permite la carga de más Combustible. Esto se traduce en ingresos adicionales y / o mejor competitividad.

Esta mayor capacidad de carga, puede considerarse en el caso del semirremolque típico utilizado en la industria un 10% más de capacidad de carga, significa una reducción equivalente de vehículos necesarios para el transporte y finalmente menos kilometros recorridos por toda la flota para el mismo volumen de combustible distribuido.

Adicionalmente los vehículos fabricados en aluminio tienen mucho éxito en la venta de la segunda, e incluso la tercera mano.

Finalmente, cuando hayan llegado al final de su larga vida útil todavía tiene un alto valor de desecho. Esto es debido al hecho de que el aluminio es fácilmente reciclado, sin perder calidad y con un ahorro del 95% de la entrada de energía primaria.

Ahorro de combustible + larga vida útil + mantenimiento reducido = ahorro de costos

En el transporte de mercancías pesadas, aumenta la capacidad de carga de vehículos y por lo tanto mejora el rendimiento del transporte, permitiendo transportar más bienes por viaje. En este caso, una tonelada menos en el peso del vehículo ahorra el consumo de 1.500 litros de combustible diésel en 100.000 km.

La conocida resistencia a la corrosión del aluminio es una obvia ventaja en el transporte por carretera, contribuye a una larga vida útil, especialmente en vehículos que funcionan en condiciones que pueden causar graves problemas de corrosión. No es necesaria pintura u otra protección de la superficie y es fácil limpiar. Por todo lo anterior el mantenimiento es mínimo.

Conclusiones

En el análisis comparativo del material con el que se fabrican los vehículos que transportan los combustibles líquidos, comparando el aluminio Vs. el acero al carbono, y analizando la seguridad en el transporte, el impacto ambiental de cada opción, el impacto en la calidad del combustible transportado y en el resultado económico general en todas ellas lo vehículos fabricados en aluminio tiene una ventaja significativa con los vehículos fabricados en acero al carbono.

	Aluminio	Acero al Carbono
Seguridad		
Impacto ambiental		
Calidad del combustible transportado		
Resultado económico		

Bibliografía

ALUMINIUM IN COMMERCIAL VEHICLES

European Aluminium Association AISBL

www.aluminium.org

Under the Direction of Bernard Gilmont

AN ASSESTMENT OF THE RISK OF TRANSPORTING GASOLINE BY TRUCK

R. E. Roads

Pacific Northwest Laboratory

Operated by the U.S. department of energy

By Batelle Memorial Institute

Hojas de información de la SCHC-OHSA Alliance

Breve Cv:

Título y lugar de estudio: Ing. Mecánico Universidad Nacional de La Plata

Cargo actual en la empresa: Gerente General

Trayectoria:

Gerente General Danes S.R.L.

Director Oil & Gas y Director General Brasil, HEIL TRAILER INTERNATIONAL

Director de Operaciones, NATUS MEDICAL

Gerente de operaciones, INVISTA ARGENTINA Ltda.

Gerente de operaciones INVISTA BRASIL Ltda.

Líder regional producto, DU PONT DO BRASIL S.A

Six Sigma Black Belt, DU PONT ARGENTINA S.A.