



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

SIMULADOR MECÁNICO DEL MOVIMIENTO DE LANZA DE ACOPLE EN COCHES FERROVIARIOS

Baini, Oscar Ariel*¹, Amé, Ricardo Mario¹

*1 Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Camino de Cintura y Juan XXIII. Lomas de Zamora. Prov. Buenos Aires. Argentina.
ingricardoame@gmail.com.

RESUMEN

Este proyecto nació de la identificación del riesgo de obstruir una línea de ferrocarril debido a la frenada de emergencia, generada por la rotura de la manga de alimentación de presión neumática al sistema de frenos. Esta situación puede producir heridos entre los pasajeros y la paralización del servicio. Las mangas son tubos flexibles de goma y tela, y sirven para transmitir presión de aire entre coche y coche, pudiendo absorber vibraciones, arquearse en curvas y adaptarse a los movimientos de la suspensión.

Cada manga consta de un tubo de goma flexible, un acople con zuncho y hebilla en cada extremo, punto crítico en donde se generaban las roturas en servicio [1]. Con el fin de realizar pruebas de resistencia a la fatiga y asegurar la calidad del elemento, se ha diseñado una máquina para simular las más severas exigencias reales de utilización e imitar todos los movimientos en su máximas magnitudes, con un coeficiente de sobrecarga [2].

El diseño se realizó con asistencia informática, cálculos de cargas, tensiones y deformaciones y requirió el relevamiento de los parámetros de servicio [3]. Finalmente fue construida con material disponible en almacenes con lo cual se logró un costo muy bajo.

El equipo se encuentra en uso evidenciando su exitosa aplicación en la recepción y control de calidad del producto

Palabras Claves: Análisis de Falla. Diseño mecánico. Ferrocarriles.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

Todos los vagones o coches de un ferrocarril de pasajeros están compuestos básicamente por dos grandes circuitos de aire comprimido, uno denominado “tubería principal” y el otro, “tubería de freno” [4]. El primero, alimentado directamente por los compresores, asiste a todos los sistemas restantes. El segundo, tiene como finalidad transmitir el poder de frenado requerido por el conductor, descomprimiendo esta tubería de freno para que una válvula central llamada “cuerpo de servicio” cense esta acción y presurice, desde otro circuito auxiliar, a los cilindros de freno, mientras, el sistema monitorea si la magnitud con que se despresuriza la tubería de freno corresponde a un freno de servicio progresivo o uno de emergencia.

Esta despresurización puede ser accidental, generada por la rotura de alguna parte del circuito, ocasionada por el mal funcionamiento de un componente, choque o falla de mangas de acople. Esta última posibilidad es la que motivó el proyecto que aquí se presenta.

El costo producido por la rotura de una manga en servicio es alto debido a que la formación queda detenida sin que el conductor ni los asistentes tengan la posibilidad de revertir el problema. Mientras tanto el tren obstruye la línea hasta que una cuadrilla de auxilio resuelva el problema [5]. Además, la violencia de la frenada sorpresiva trae aparejado el riesgo de heridas entre los pasajeros que, eventualmente, deben ser asistidos por médicos.

2. OBJETO DE ESTUDIO.

La lanza de acople es un cuerpo rígido de sección tubular rectangular, de fundición nodular, que mantiene la unión y distancia entre coche y coche. Posee una articulación en cada extremo y dos tubos de sección circular solidarios que comunican los circuitos neumáticos. En los extremos de estos tubos se conectan las mangas, como se ve en el esquema de la Figura 1.

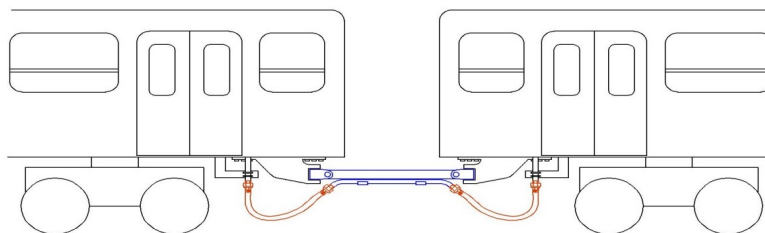


Figura 1. Esquema de conexión entre coches



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

En la Figura 2 pueden observarse dos lanzas y sus extremos articulados. También se ve los dos tubos con extremos roscados, que contiene cada una de ellas, a los que se conectan a las mangas flexibles.

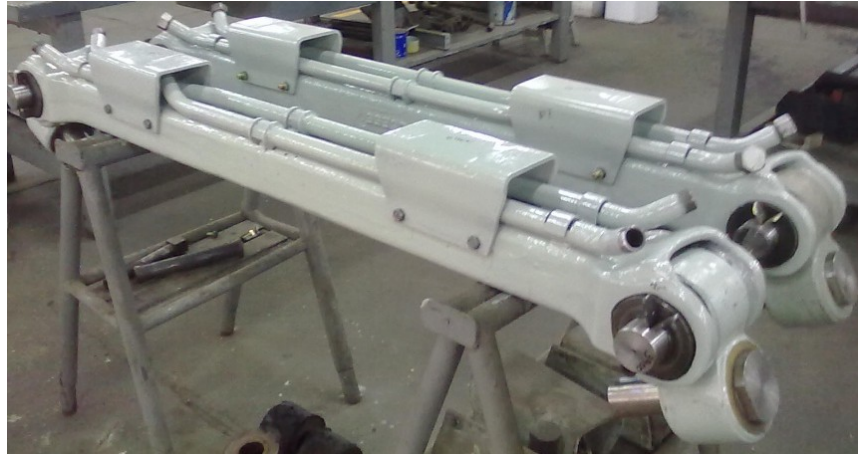


Figura 2. Lanza metálica y detalles.

Las mangas de acople sirven para transmitir presión de aire entre coche y coche [4], pueden compensar vibraciones, arquearse en curvas, acompañar los movimientos variables de la suspensión y soportan ciclos de carga y descarga de presión neumática [1]. Son tubos de goma con cuatro capas internas de tela vulcanizada, de 30 mm de diámetro interno y 50 mm de externo, y de 550 mm de longitud. Este tubo se ensambla a presión a un acople metálico en cada extremo, con unión doble de 1" para vincularla al extremo de la cañería metálica mostrada en la Figura 2 y un zuncho o abrazadera de acero para asegurar que el conjunto no se desarme. La Figura 3 muestra su confección.



Figura 3. Muestras de mangas, su acople y zuncho extremos.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

Su montaje se realiza entre el extremo del tubo metálico que forma parte de la lanza (Figura 2) y la conexión propia del coche, como puede verse en la Figura 4 de manera esquemática.

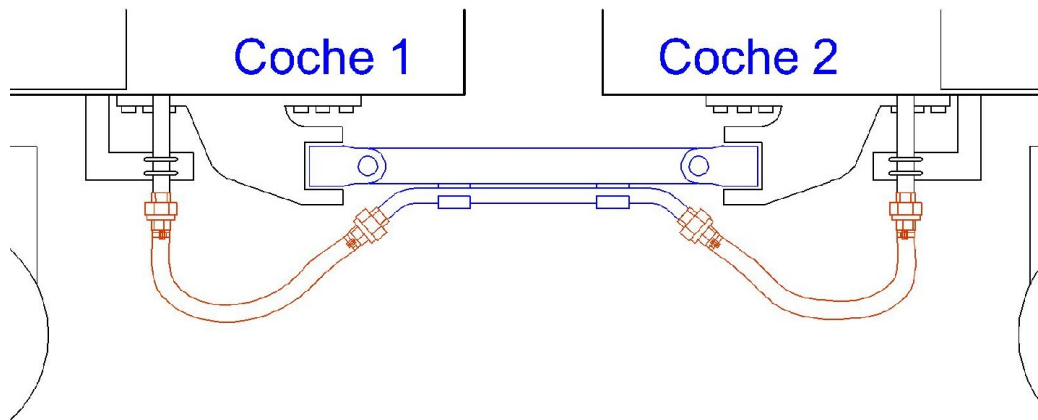


Figura 4. Esquema de instalación de las mangas.

Los movimientos ondulatorios verticales de los coches, producidos por el estado de las vías, los derivados de pequeños errores de frecuencia eléctrica de tracción (en trenes eléctricos) o de remolque–empuje en formaciones arrastradas por locomotoras Diesel y las variaciones de velocidad y carga de la formación, generan movimientos relativos entre ellos, de magnitud y frecuencia significativas. Estos desplazamientos producen ciclos de carga sobre las mangas, y tensiones resultantes variables muy complejas.

Estas características dificultan el diseño, requiriendo cálculos complejos y simulaciones no siempre cercanas a la realidad. Se aceptó que la construcción de un aparato que represente las exigencias normales (y sobre exigidas) de uso de las mangas era una alternativa viable, que permitiría la prueba previa de calidad y asegurase la resistencia del componente antes de su puesta en servicio.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO.

El objetivo fue desarrollar un simulador para realizar pruebas de resistencia y calidad al conjunto de dos mangas neumáticas de acople entre coches. Debía permitir la aplicación de diferentes solicitaciones, ser regulable para distintas cargas, sencillo y liviano, construido con materiales disponibles, de estructura auto portante, de fácil puesta en funcionamiento, con suministro eléctrico de 220 VCA y aire comprimido.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Los diseños mecánicos previos, definitivos y los cálculos necesarios, se llevaron a cabo en las distintas instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora [3].

La Figura 5 muestra, en vista superior, el plano de conjunto de la máquina y la Figura 6 la vista lateral con medidas generales de los actuadores.

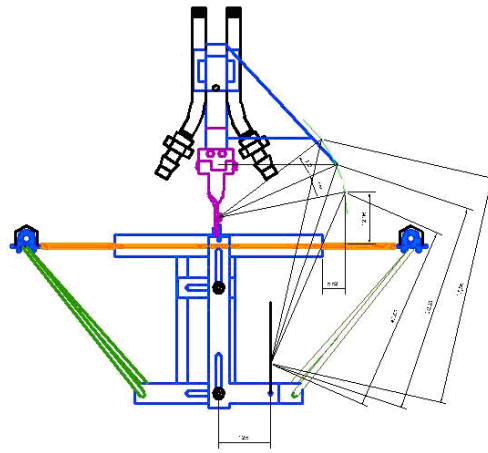


Figura 5. Vista superior del conjunto de máquina de ensayo

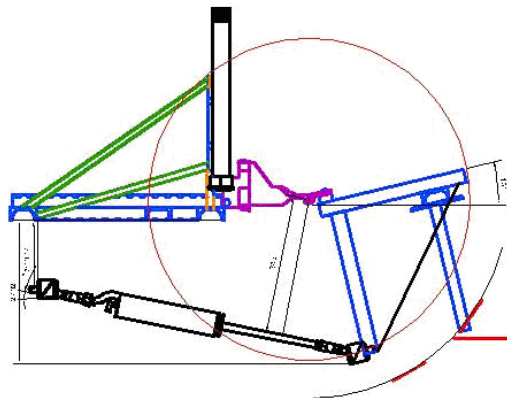


Figura 6. Vista lateral del conjunto de máquina de ensayo.

Se realizaron más de cien mediciones de distancias, con referencia a tres ejes coordenados con origen en la rosca, donde se acopla la manga al coche, registrándose las posiciones y ángulos más severas, para utilizarlas como parámetros de diseño. El ángulo máximo de barrido horizontal fue 20° y vertical de 21° . También se evaluaron las fuerzas actuantes y estimadas, régimen de variación de la presión neumática, relevamiento de condiciones ambientales habituales, variación



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

de temperatura entre invierno y verano, suciedad ambiental y derivada del desgaste de las zapatas de frenos, y análisis de las características de las fallas históricas. Con esta información se diseñó una máquina con las características necesarias para reproducir las más exigentes condiciones de servicio a que están sometidas las mangas, como superar los ángulos máximos de movimiento de la lanza y la frecuencia de carga y descarga por presión, en dirección y en magnitud, con un coeficiente de sobrecarga general de 1,5 para asegurar la obtención de resultados satisfactorios. La Figura 7 muestra al Sr. Baini, co-autor del presente trabajo en tareas de relevamiento de fuerzas de empuje de la manga presurizada, alcanzando un máximo de 235 N para el movimiento vertical y 186 N para el movimiento horizontal.



Figura 7. El Sr. Baini, co-autor del presente trabajo en momento de medir fuerzas.

La construcción de la máquina “*Simulador de Movimientos de Lanza de Acople (SiMoLAc)*”, se realizó en las instalaciones del taller ferroviario Rubén Darío, ubicado en el partido de Hurlingham, provincia de Buenos Aires. Se trata de un establecimiento de mantenimiento de formaciones eléctricas de la línea Gral. Urquiza, concesionado por la empresa Mertovías S.A. división Ferrocarril. Fue construido en el año 1976 y dispone de la tecnología apropiada para cumplir con todos los tipos de mantenimiento requeridos para el adecuado funcionamiento de los coches.

Los trabajos de soldadura eléctrica fueron realizados por personal del taller como muestra la Figura 8, el armado final, la puesta a punto y en servicio, por el Sr. Baini, como se observa en la Figura 9.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI



Figura 8. *Proceso de armado de la estructura soldada del simulador*



Figura 9. *Armado final y puesta a punto.*

El simulador es accionado por un circuito neumático y controlado por otro electrónico [6]. La neumática genera los movimientos supuestos a los que está sometida la manga. Con la electrónica se generan las secuencias de movimiento y se los controla [7]. En la Figura 10 se muestra el plano de comando de los actuadores y la presurización de las mangas. Son tres electroválvulas, dos de ellas marca Micromecánica, modelo 3/2 a solenoide, y una tercera original del coche Toshiba, modelo 4/2 a solenoide, energizadas por una pequeña central que contiene: tres plaquetas electrónicas, diseñadas especialmente para los requerimientos de esta máquina, un transformador de 220 VCA de entrada y dos salidas, una a 110 VCA para las electroválvulas y otra a 12 VCA para las plaquetas; ambas salidas son rectificadas y filtradas antes de alimentar los equipos; también



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

contiene tres reguladores de caudal bidireccional para variar los movimientos en amplitud y velocidad de acuerdo a los requerimientos del operador. La función de éstas es entregar una señal de onda cuadrada, positiva y regulada en frecuencia, mediante un reóstato de 50kΩ accionando, de manera individual, generando el movimiento en un rango de frecuencia de 0,1 Hz a 5 Hz, para cubrir todos los requerimientos deseados por el operador, acordes a la dinámica del acople en servicio.

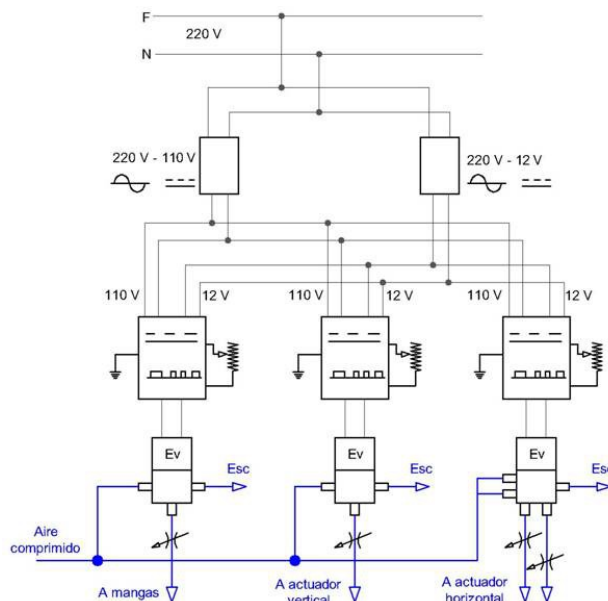


Figura 10. Esquema del accionamiento neumático y control.

La Figura 11 muestra el simulador construido. Se observan las mangas a ensayar en su posición, los sistemas neumáticos y la caja conteniendo el sistema electrónico de control, todo sobre una estructura metálica simple y ligera de peso.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

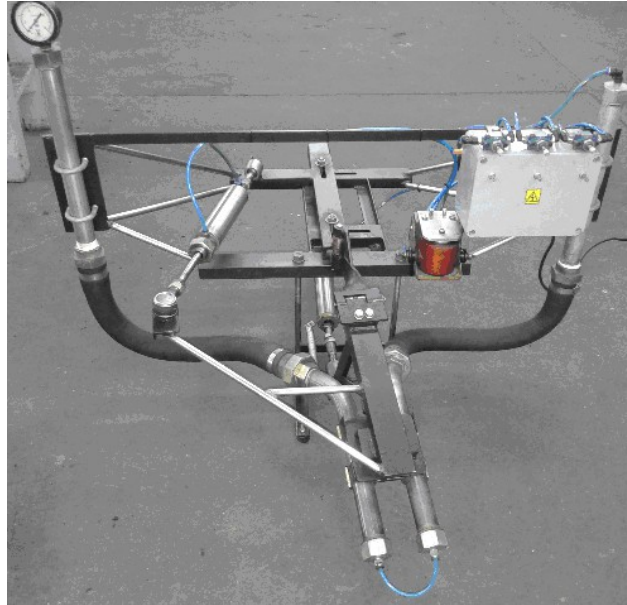


Figura 11. *Simulador mecánico terminado*

5. CONCLUSIONES

Se detectó la importancia del problema en un componente crítico de la instalación neumática de los frenos de coches ferroviarios. Se relevó las características que producían la falla del componente y se construyó un simulador de funcionamiento que permitió garantizar la resistencia a las tensiones variables a que está sometido, asegurando la calidad del producto y mejorando la del servicio.

Se espera continuar optimizando el diseño de modo de obtener mayor versatilidad para cubrir distintas disposiciones de mangas, adicionar movimiento axial de la lanza de acople, reducir vibraciones y sonoridad del aire comprimido, cambiar el actuador vertical de efecto simple por uno de doble efecto, agregar un contador de ciclos de carga aplicada y un vaporizador de aceite como simulador de condiciones ambientales contaminantes sobre el elemento.

Del mismo modo se espera poder realizar una suficiente cantidad de experiencias que permitan obtener datos estadísticos con el fin de homologar la cantidad de ciclos de variación de carga que asegure la vida útil adecuada.

La máquina está siendo utilizada exitosamente y se piensa trasladar la experiencia hacia otros componentes que merecen la atención.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

4. REFERENCIAS

- [1] UIC Code (541-1), Brakes – Regulatións concernnging the design of brake components, 7° edición Septiembre 2010.
- [2] Norma AAR Manual of Standards and Recommended Practices Brakes and Brake Equipment. Specification M-618, Adopted: 1968; Revised: 2002, 2005.
- [3] Robert Norton, Diseño de maquinaria, Editorial McGraw-Hill, 3° edición, 2006.
- [4] CENACAF, Centro Nacional de Capacitación Ferroviaria, Manual de capacitación de neumática para ferrocarriles, 2006.
- [5] Arturo Rozemberg, Ferrocarriles, Temas de explotación ferroviaria, Editorial Dunken, 1ª ed, 2010.
- [6] Ogata, K., Sistemas de control, Editorial Prentice Hall, 1999.
- [7] D'azzo Houpis, Sistemas realimentados de control, Editorial Paraninfo, 1975.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora y a APUEMFI por el apoyo recibido. A la empresa CAF Argentina S.A. y a Metrovías S.A. por su colaboración.