

Identificación de la variabilidad en un sistema AS/RS

Fernando De Anda De Anda¹, Luis Ricardo Vidal Portilla¹, Roberto Romero López¹
David Atayde Campos¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Una máquina AS/RS es una combinación de equipos y controles que maneja, almacena y recupera materiales con precisión, exactitud y velocidad bajo un grado definido de automatización. Este proyecto es la continuación del trabajo de investigación “Diseño de prototipo de almacén automatizado de carga y descarga para el sistema ICIM”, cuyo diseño se enfocó en un AS/RS. El trabajo mencionado planteó como objetivos, realizar un diseño de una máquina AS/RS con materiales de bajo costo, piezas ya existentes y maquinaria con la cual cuenta el IIT. Asimismo, otro objetivo fue utilizar dicha investigación para realizar investigaciones futuras por estudiantes de este instituto, ya sea rediseñando la máquina, fabricando las piezas y componentes, y construyéndola, cableándola y/o haciendo la programación de la misma. Actualmente es necesario hacer un análisis sobre su calidad debido a que dicha máquina fue fabricada por alumnos de esta universidad, y no por una empresa especializada en la fabricación, y esta no cuenta con los parámetros y componentes necesarios para ofrecer los resultados previstos. Asimismo, de ser posible se deberán hacer las correcciones necesarias.

Palabras clave: Maquinas AS/RS, Automatización.

Introducción

Antecedentes

La definición de AS/RS por el Instituto de Manejo de Materiales de los Estados Unidos señala que es una combinación de equipos y controles que maneja, almacena y recupera materiales con precisión, exactitud y velocidad bajo un grado definido de automatización (Jawahar, Aravindan, & Ponnambalam, 1998, pág. 117).

Por definición una Micro-carga AS/RS – es un tipo de almacenamiento automático y sistema de recuperación que se encarga de los objetos pequeños que suelen encontrarse en contenedores, bolsas o bandejas, con pesos de carga por lo general menores de 100 lbs (Abel, 2013).

Este proyecto es la continuación del trabajo de investigación “Diseño de prototipo de almacén automatizado de carga y descarga para el sistema ICIM”, cuyo diseño se enfocó en un AS/RS; por lo tanto, su definición es importante para este proyecto. El trabajo mencionado planteó como objetivos, realizar un diseño de una máquina AS/RS con materiales de bajo costo, piezas ya existentes y maquinaria con la cual cuenta el IIT. Asimismo, otro objetivo fue utilizar dicha investigación para realizar investigaciones futuras por estudiantes de este instituto, ya sea rediseñando la máquina, fabricando las piezas y componentes y construyéndola,

cableándola y/o haciendo la programación de la misma.

A diferencia del módulo ya existente en la celda de trabajo, este nuevo módulo fue diseñado sobre medida, basándose en el espacio existente, las piezas existentes y la cantidad predeterminada de artículos para la práctica en laboratorio. Asimismo, debió de poseer la flexibilidad de cambiar la dirección de su acción específica, permitiendo iniciar en el orden deseado, de la banda hacia al almacén, o bien de ser necesario en la programación de un reproceso o adaptación de sub-línea temporal, del almacén a la banda del sistema de transporte de pallets. El espacio asignado fue la esquina del circuito geográfico del área de proceso, con artículos predeterminados como: dos ejes lineales, dos servomotores, un gripper y un actuador lineal con guía, que juntos definen los límites de diseño y volumen de la máquina, su posición permite definir la dirección de flujo de producción, en este caso con opción de realizarlo en ambos sentidos (de Anda, 2010, págs. 3-4).

Actualmente es necesario hacer un análisis sobre su calidad debido a que dicha máquina fue fabricada por alumnos de esta universidad, y no por una empresa especializada en la fabricación, y esta no cuenta con los parámetros y componentes necesarios para ofrecer los resultados previstos. Asimismo, de ser posible se deberán hacer las correcciones necesarias.

Según Feigenbaum (1986, pág. 37) citado por (Calzada & López, 2004, pág. 14), nos dice que “la calidad es la resultante total de las características de un producto en

cuanto a mercadotecnia, fabricación y mantenimiento se refiere, por medio de las cuales dicho producto en uso, satisfará las expectativas de cliente”. Este concepto, en la industria, se refiere al cumplimiento de ciertas especificaciones dadas por el cliente, las cuales satisfarán de manera exitosa las necesidades del consumidor. Por otro lado, la calidad se define como la confiabilidad que se controla a través de parámetros y/o especificaciones, para la fabricación de un producto, los cuales son definidos por el cliente; marcando una tolerancia, la cual permite tener un margen con el fin de generar la confianza del producto con bajos costos en la fabricación; todo lo anterior se logra con el desarrollo de un sistema de calidad. Esto parte de la definición de confiabilidad que es la probabilidad de que un objeto o sistema realice su función durante un tiempo previamente especificado bajo las condiciones de uso determinadas (Escobar, Villa, & Yáñez, Confiabilidad: historia, estado del arte y desafíos futuros, 2003, pág. 6); generalmente, esta probabilidad se debe evaluar en las condiciones ambientales o de uso encontradas por el producto, y no en las condiciones de trabajo para las cuales fue diseñado dicho producto.

Lo anterior muestra que la confiabilidad es calidad a través del tiempo, por lo tanto, un producto confiable debe permanecer dentro de sus límites de especificación durante el periodo útil de vida establecida. Esto es, la buena calidad es necesaria pero no suficiente para garantizar la confiabilidad. Esto plantea otra dificultad, la confiabilidad de un producto se puede evaluar directamente solo después

de que ha estado en servicio por algún tiempo, por lo tanto, la evaluación y pronóstico de la confiabilidad presenta varios desafíos técnicos.

La confiabilidad es una rama de la ingeniería que está estrechamente relacionada con la Estadística, esto debido a que proporciona herramientas importantes para la evaluación, la mejora, el diseño, el pronóstico y el mantenimiento de la confiabilidad.

Por otro lado, Marretta & Di Lorenzo (2010, pág. 117) afirman que la confiabilidad de los resultados finales depende en gran medida de la variabilidad intrínseca debido al comportamiento estocástico de muchos parámetros, tales como los operativos y propiedades de los materiales. A su vez la variabilidad se define como la habilidad de cambio o de personalización de un sistema (Gurp, 2000, p. 127). Existen dos grandes grupos en los que se dividen los sistemas con variabilidad (Laguna, Sampaio do Prado, & González, 2008, p. 4):

- Los sistemas personalizables, donde la variabilidad se debe principalmente a la selección por parte del usuario de la parte que más le interesa.
- Las familias de productos, donde una serie de productos más o menos similares se unen para permitir la reutilización de la parte común.

Planteamiento del problema

A partir de la construcción de una máquina AS/RS (diseño, construcción, armado, cableado y programación) con piezas de un modelo antiguo y materia prima de bajo costo, fabricada por alumnos de la UACJ, se han detectado errores y variaciones en sus movimientos, estos errores pueden deberse a que las piezas no son de un modelo reciente.

Se hicieron varias corridas con la máquina en estudio y se observó que se tiene una vibración en el extremo del *gripper*, así como en los ejes X y Y, presentando una variabilidad en el posicionamiento de los pallets.

Se realizaron pruebas utilizando el programa ASRS.exe, para observar la variación y vibración que se tiene en dichos ejes, en la Tabla 1.1 se muestran los datos de la variación; en la cual se puede observar que en las diferentes posiciones se tiene variación, por ejemplo, en el punto uno de X está en 32.0307 y Y en -2.273125, en este punto los valores mínimos y máximos de X presentan una variación que va de 2^{-5} hasta 8^{-5} . Por otro lado, podemos ver que aparentemente el eje Y no tiene variación, pero tiene cierta vibración en la trayectoria de posición. Lo que significa que el eje X está presentando una variación estando en la posición fija, así como una vibración en la trayectoria de posición, las cuales para la máquina de que se trata, puede tener efectos no deseados en los resultados.

Tabla 1.1 Datos digitales del programa ASRS.exe

Pallet	Digital						Y	Separacion entre Y
	X	Min	Max	X Min	X Max	X Max - X Min		
0	0.000000	0.000007	-0.000006	0.000007	-0.000006	0.000013	0.000000	
1	32.030700	0.000020	0.000080	32.030720	32.030780	0.000060	-2.273125	
2	25.004900	0.000020	0.000030	25.004920	25.004930	0.000010	-2.273125	
3	17.000900	0.000030	0.000050	17.000930	17.000950	0.000020	-2.273125	
4	9.006100	0.000057	0.000078	9.006157	9.006178	0.0000210	-2.273125	
5	1.008900	0.000023	0.000067	1.008923	1.008967	0.0000440	-2.273125	
6	32.030700	0.000020	0.000080	32.030720	32.030780	0.0000600	-11.591120	9.317995
7	25.004900	0.000010	0.000040	25.004910	25.004940	0.0000300	-11.591120	
8	17.000900	0.000020	0.000050	17.000920	17.000950	0.0000300	-11.591120	
9	9.006100	0.000046	0.000089	9.006146	9.006189	0.0000430	-11.591120	
10	1.008900	0.000016	0.000065	1.008916	1.008965	0.0000490	-11.591120	
11	32.030700	0.000020	0.000080	32.030720	32.030780	0.0000600	-19.657130	8.066010
12	25.004900	0.000020	0.000030	25.004920	25.004930	0.0000100	-19.657130	
13	17.000900	0.000020	0.000060	17.000920	17.000960	0.0000400	-19.657130	
14	9.006100	0.000040	0.000089	9.006140	9.006189	0.0000490	-19.657130	
15	1.008900	0.000024	0.000060	1.008924	1.008960	0.0000360	-19.657130	
16	32.030700	0.000020	0.000080	32.030720	32.030780	0.0000600	-27.999870	8.342740
17	25.004900	0.000020	0.000030	25.004920	25.004930	0.0000100	-27.999870	
18	17.000900	0.000030	0.000060	17.000930	17.000960	0.0000300	-27.999870	
19	9.006100	0.000058	0.000077	9.006158	9.006177	0.0000190	-27.999870	
20	1.008900	0.000016	0.000060	1.008916	1.008960	0.0000440	-27.999870	

Asimismo se muestra en la Tabla 1.2 las mediciones de los desplazamientos debido a las vibraciones; en los cuales se señala en círculos rojos, los que indican un mayor desplazamiento al momento de poner en funcionamiento la máquina, este nos indica que cuando se va de la casilla 3 a la casilla 17 y/o 19, se tiene 0.521 y 0.529 mm de desplazamiento respectivamente. Algunas salidas de las casillas 18 y/o 19 están señaladas con violeta, estas indican que tiene un desplazamiento en promedio de 0.448 mm, por lo que se revisarán las

entradas y salidas de estas casillas. Para poder tener una mejor idea de cómo se distribuye el almacén de esta investigación, se muestra en la Figura 1.

Las consecuencias de estas vibraciones pueden llegar a ser grandes movimientos de agitación. Estas vibraciones denominadas como graves causarán un desgaste acelerado de los carros y sujetadores de ejes, y así el deterioro prematuro de la máquina; otra consecuencia sería el error de posición y un posible error al tomar y dejar los pallets.

Tabla 1.2 Toma de mediciones de desplazamiento (mm)

mm	1	2	3	4													18	19	20	
1	0	0.104	0.086	0.098													0.324	0.399	0.326	
2	0.067	0.000	0.004	0.005													0.395	0.313	0.348	
3	0.089	0.065	0.000	0.095													0.335	0.397	0.308	
4	0.106	0.006	0.086	0.000													0.334	0.339	0.337	
5	0.082	0.028	0.064	0.137													0.340	0.362	0.303	
6	0.187	0.196	0.249	0.237													0.324	0.405	0.316	
7	0.134	0.117	0.307	0.223													0.373	0.319	0.352	
8	0.196	0.154	0.217	0.281													0.342	0.315	0.301	
9	0.125	0.147	0.349	0.246													0.380	0.324	0.284	
10	0.072	0.266	0.328	0.302													0.301	0.310	0.258	
11	0.216	0.304	0.368	0.132													0.242	0.294	0.225	
12	0.216	0.252	0.394	0.281													0.379	0.335	0.235	
13	0.309	0.348	0.318	0.354													0.283	0.373	0.250	
14	0.173	0.221	0.489	0.085													0.434	0.321	0.366	
15	0.245	0.224	0.373	0.083													0.418	0.229	0.349	
16	0.246	0.379	0.412	0.360													0.186	0.112	0.196	
17	0.285	0.241	0.521	0.373													0.162	0.126	0.168	
18	0.375	0.435	0.365	0.450	0.371	0.459	0.388	0.301	0.449	0.337	0.312	0.280	0.283	0.399	0.313	0.173	0.211	0.000	0.182	0.116
19	0.35	0.397	0.529	0.324	0.424	0.324	0.312	0.405	0.333	0.408	0.283	0.405	0.477	0.281	0.307	0.118	0.145	0.109	0.000	0.103
20	0.314	0.330	0.381	0.337	0.348	0.281	0.304	0.370	0.248	0.303	0.333	0.295	0.267	0.343	0.310	0.151	0.153	0.118	0.191	0.000



Figura 1. Almacén de la Maquina AS/RS

Objetivo particular

Determinar mediante la metodología de mantenimiento sintomático, DOE, FMEA, FODA y Taguchi la variabilidad y vibración en la máquina X Y, así como el desempeño de la máquina y la calidad del diseño para corregir los defectos de diseño y/o fabricación. Con el fin de eliminar dichas vibración y variabilidad y disminuir los errores que se presentan en los resultados. Determinar los factores que provocan la

variación en el eje X y en el gripper, así como la posible variación en el eje Y.

- Determinar y localizar que es lo que genera las vibraciones en los ejes X y Y.
- Determinar nuevas posiciones de los pallets en el almacén.

Hipótesis

H₀: La vibración no se debe al diseño de la máquina.

H₁: La vibración es debido al diseño de la máquina.

Justificación

- La vibración afecta en la precisión y repetitividad de la posición, de acuerdo a las tablas antes mencionadas, y eso es inaceptable.
- La vibración respecto al tiempo afecta el funcionamiento de la máquina.

Alcance y delimitación

- Reducir la vibración en los ejes X y Y.
- Reducir la vibración a $\pm 5\%$.
- Generar un diseño prototipo que ayude a la eliminación de la vibración y variabilidad, esto con fines didácticos en laboratorio de automatización.

Marco Teórico

Calidad

Al diseñar un producto (bien o servicio) la alta dirección juega un papel central en la planeación de su calidad ya que debe definir políticas específicas para evitar, y en su defecto, corregir las siguientes situaciones (Hirata Okamoto, 2011, pág. 14):

- Un grupo reducido, ajeno y sin conocimiento real decide las características de calidad de un producto nuevo.
- A pesar de que el diseño puede ser llevado a cabo con la tecnología y expertos que se tienen, los problemas surgen en las áreas y procesos en donde el producto nuevo difiere de los que actualmente se generan (insumos, maquinaria, personas y métodos).

El prototipo de la máquina estudiada en este proyecto al ser diseñado y producido por alumnos de licenciatura, es decir, gente con poca experiencia, presenta vibraciones y variaciones en los ejes X y Y, como se

señalan en la Figura 2, lo que conlleva a errores en los resultados.

Se señalan las posibles fracturas de la máquina y por consiguiente la raíz del error. Los círculos, en rojo y amarillo muestran el punto con mayor vibración y variación, ya que es el extremo del eje donde se observa la vibración a simple vista cuando el eje o ejes de la máquina están en movimiento; y señala el punto donde se puede presentar fractura por tanta vibración, respectivamente.

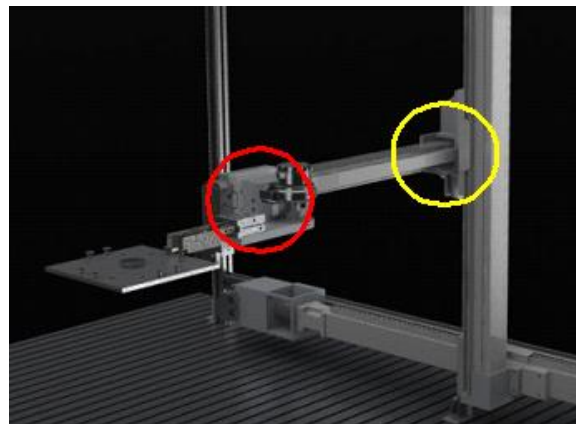


Figura 2. Posibles Fracturas de la Máquina AS/RS

Vibraciones

Cuando se analiza el estado de salud de las máquinas o los equipos, se estiman un conjunto de síntomas que las mismas manifiestan, razón por la cual esta metodología de mantenimiento es conocida también como mantenimiento sintomático, donde destacan el análisis de aceites, el ultrasonido, la termografía y el análisis de vibraciones como métodos a tener en cuenta en la evaluación de dichos síntomas. No obstante, es el análisis de vibraciones sobre el que están enfocadas la mayoría de las implementaciones del mantenimiento predictivo (García Cambroner & Gómez Moreno).

Variabilidad

Este desplazamiento provocado por las vibraciones, genera una variación al

momento de tomar o dejar los pallets ya sea al inicio y/o al final. Para ello, los métodos más utilizados son los basados en características como *FODA (Feature Oriented Domain Analysis)*, *FORM* o *FeatureRSEB*. Estas características, definidas como características o conceptos destacados y distintivos, visibles para varias partes interesadas, capturan la parte común y variable organizándose por medio de diagramas jerárquicos Y/O.

Diseño de experimentos

Según Montgomery (2002) establece que un diseño de experimento es una prueba en la que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida o variable de respuesta (Robles, 2005, p. 3).

Materiales y Métodos

- Para la toma de mediciones sobre vibración, utilizaremos la herramienta Vibrómetro Modelo TV-300.
- Se utilizará el Herramienta de Medir Guiada por Laser, con Laser Trac™ de Craftsman, Modelo No.320.48252 Figura 3.3 (Craftsman, 2014, pág. 14).
- Se analizarán las piezas afectadas por las vibraciones, con lo cual será posible definir su tiempo de vida. Mediante el software de SolidWorks utilizaremos la

herramienta COSMOSWorks, la cual es una aplicación de automatización de análisis de diseño totalmente integrado con SolidWorks.

- DOE.
- FMEA.
- FODA.
- Metodología de mantenimiento, también conocida como mantenimiento sintomático.

Resultados

- Realizar una simulación para verificar que se cumpla con la reducción de vibración ($\pm 5\%$).
- Reducir el desgaste del equipo.
- Aumentar la vida útil de la máquina X Y.
- Reducir el requerimiento de las partes de remplazo.
- Creación de diseño prototipo.
- Ampliar el conocimiento de los alumnos sobre el manejo de materiales.

Referencias

- Abel, R. (2013). Abel Womack. Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de Abel Womack, Inc.: <http://www.abelwomack.com/>
- Barajas P., O. M. (2014). El Prisma Portal para Investigadores y Profesionales. Recuperado el 02 de Abril de 2014, de http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/vibracionesmecanicas/
- Bernal, J. J. (2014). Grupo PDCA Home. Recuperado el 11 de Febrero de 2014, de PDCA Home - El portal de la gestión, calidad, producción y mejora continua.: <http://www.pdcahome.com/2117/disenio-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>
- Calzada, E., & López, Y. (2004). Evaluación del impacto que ha tenido la certificación ISO 9001 en una empresa manufacturera transnacional. Cholula: Universidad de las Américas Puebla.
- COSMOS. (2003). Structural Research and. Recuperado el 26 de febrero de 2014, de Structural Research and Analysis Corp. (SRAC) is a Dassault Systemes S.A. (Nasdaq: DASTY) company: <https://www.clear.rice.edu/mech403/HelpFiles/IntroducingCW.pdf>
- Craftsman. (2014). Sears Brands, LLC. All Rights Reserved. Craftsman and Craftsman Professional. Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de Craftsman.com adheres to Sears.com: <http://www.manualslib.com/manual/490903/Craftsman-320-48252.html>
- Davis, A. (2004). University of Chicago Medical Center. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de The University of Chicago Medical Center: http://medqi.bsd.uchicago.edu/documents/FailureModesandEffectsAnalysis_FMEA_1.pdf
- de Anda, F. (2010). Diseño de prototipo de almacén automatizado de carga y descarga para el sistema ICIM. 3-4.
- Escobar, L. A., Villa, E. R., & Yáñez, S. (2003). Confiabilidad: historia, estado del arte y desafíos futuros. Dyna, 6.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). Administración y Control de la Calidad.
- Extech. (2014). Copyright © 2014 FLIR Systems, Inc. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de Extech Instruments Corp.: http://www.extech.com/instruments/resources/manuals/407860_UMsp.pdf
- FUNDIBEQ. (2014). www.fundibeq.org. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/disenio_de_experimentos.pdf
- García Cambroner, C., & Gómez Moreno, I. (s.f.). Algoritmos de Aprendizaje: KNN & KMEANS. Universidad Carlos III de Madrid.

Gurp, J. (2000). Variability in Software Systems. Groningen: Department of Software Engineering and Computer Science.

Halmans, G., & Pohl, K. (2003). Communicating the Variability of a Software-Product. *Journal of Software and Systems Modeling*, 15 - 36.

Hirata Okamoto, R. (2011). Keisen Consultores S. A. de C.V. Recuperado el 22 de Febrero de 2014, de Keisen Consultores S. A. de C.V.: <http://www.keisen.com/portal/wp-content/uploads/2009/12/Calidad-Total-y-Diseno.pdf>

Jawahar, N., Aravindan, P., & Ponnambalam, S. G. (1998). Optimal Random Storage Allocation for an AS/RS in an FMS. *The International Journal of Rvanced*, 117.

Laguna, M. A., Sampaio do Prado, J. C., & González, B. (2008). Análisis de variabilidad con modelos de objetivos. *Universidad de Valladolid*, 4.

Marretta, L., & Di Lorenzo, R. (2010). Influence of material properties variability on springback and thinning in sheet stamping processes: a stochastic analysis. *Springer-Verlag*, 117.

Molina G, O. (Abril de 2012). Copyright 2011 Editora Microbyte Ltda. Recuperado el Marzo de 2014, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1802>

Pintor Borobia, J. (2006). Copyleft © 2006 Grupo IMAC. Recuperado el 13 de marzo de 2014, de Copyleft © Grupo de Investigación IMAC: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/emyv_documentacion.html

Robles, R. R. (2005). Diseño de experimentos. *Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada*, 3,7.

Sokolov, B. V., Zelentsov, V. A., Yusupov, R. M., & Merkurjev, Y. A. (2014). Multiple models of information fusion processes: Quality definition and estimation. *Computacional Science*, 8.

Vilar, J. (2006). ESTADÍSTICA 2. Recuperado el 18 de Febrero de 2014, de Departamento de Matemáticas: <http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/>

Wowk, V. (1991). *Machinery Vibration: Measurement and Analysis*. Albuquerque: Machine Dynamics.