

Realidad aumentada como ayuda visual para una estación de ensamble de manufactura usando lentes inteligentes

Augmented Reality for Manual Assembly Station Using Smart Glasses

Luis Beltrán Sosa¹, David Luviano Cruz²
Luis Pérez-Domínguez³, Alma Guadalupe Rodríguez Ramírez⁴

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, MÉXICO

¹ al206609@alumnos.uacj.mx | <https://orcid.org/0000-0002-4496-443X>

² david.Luviano@uacj.mx | <https://orcid.org/0000-0002-4778-8873>

³ luis.Dominguez@uacj.mx | <https://orcid.org/0000-0003-2541-4595>

⁴ alma.rodriguez.ram@uacj.mx

Recibido 03-05-2022, aceptado 17-07-2022

Resumen

Las tareas de ensamble manual en la industria de la manufactura continúan siendo indispensables para algunos tipos de procesos. Al tratarse de tareas manuales, sus instrucciones están definidas por las hojas de trabajo o ayudas visuales establecidas en la ingeniería de métodos. En este trabajo se presenta la implementación de una aplicación de Realidad Aumentada (RA), que es una tecnología habilitadora de la industria 4.0, utilizando los lentes inteligentes Google Glass Enterprise 2. Con la aplicación desarrollada, las instrucciones de ensamble de una estación de ensamble manual establecidas en la hoja de trabajo o ayuda visual se muestran en la pantalla de los lentes inteligentes evitando que el operador interrumpa sus actividades para revisar las tareas que está realizando.

Palabras clave: realidad aumentada, lentes inteligentes, Industria 4.0.

Abstract

Manual assembly tasks in the manufacturing industry continue to be indispensable for some types of processes. Being manual tasks, their instructions are defined by worksheets or visual aids established in methods engineering. This paper presents the implementation of an Augmented Reality (AR) application, which is an enabling technology for Industry 4.0, using Google Glass Enterprise 2 smart glasses. With the developed application, the assembly instructions of a manual assembly station established in the worksheet or visual aid are displayed on the screen of the smart glasses, preventing the operator from interrupting his activities to review the tasks he is performing.

Index terms: augmented reality, smart glasses, Industry 4.0.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería de métodos, que es un enfoque de la ingeniería industrial, incluye un procesamiento sistemático donde se analizan las operaciones de un proceso de producción para registrarlas, mejorarlas, estandarizarlas y convertir el trabajo en una actividad más sencilla; así, el estudio de métodos define cómo se realiza el trabajo. Existen diferentes técnicas de la ingeniería de métodos, entre ellas se encuentran: el diagrama de operaciones, que incluye la secuencia de operaciones e inspecciones de un trabajo o actividad; diagrama hombre-máquina, que permite conocer las actividades realizadas por un operador y sus máquinas a cargo; el estudio de micro movimientos, en el que se descomponen las operaciones en movimientos básicos; entre otros [1]. Mediante estas técnicas se define la metodología para ensamblar un producto.

Como parte del diagrama de operaciones, se especifican qué operaciones e inspecciones se realizan al producto que se manufactura. Las operaciones deben estandarizarse mediante la aplicación de la hoja del método de trabajo (ayudas visuales). La hoja de trabajo sirve como base para cumplir las operaciones, facilitar la capacitación de los operadores, ser fuente de consulta durante la realización de las operaciones y elevar la eficiencia de la operación [2].

En el campo de la producción a gran escala, las operaciones de ensamble manual siguen siendo una parte importante debido a lo complejo de los procesos; además, en dichos procesos tradicionales, los trabajadores revisan los documentos informativos fuera de la línea de ensamble, ya que no tienen la oportunidad de liberar sus manos mientras realizan su operación [3]. En algunas fábricas, se cuentan con manuales de producción que contienen instrucciones específicas, que los operadores se deben aprender de memoria [4].

Los defectos en la manufactura pueden ocurrir por diversos factores, como materiales, tecnología, humanos y elementos de soporte. Con respecto al factor humano se encuentran actividades como las tareas de ensamble, de mantenimiento, calidad y control, entre otras. Para mejorar la productividad y eficiencia, se han implementado algunas tecnologías avanzadas, pero esto no ha podido eliminar los defectos, principalmente por el error humano. Algunos estudios muestran que los errores humanos se presentan del 70% al 90% en los defectos de calidad en las empresas con estaciones de ensamble [5].

Los retos principales de la industria de la manufactura en la era actual están relacionados con los requerimientos de alto desempeño; uno de los cuales, corresponde a la visualización de las instrucciones de trabajo [6]. El uso de manuales es inconveniente en los lugares de trabajo y, de manera continua, pueden ser evitados por trabajadores que prefieren basarse en su conocimiento y experiencia [7].

Las compañías están buscando soluciones para reducir errores, incrementar productividad, disminuir costos y ganar en competitividad sobre competidores globales [8]. Existen tecnologías que pueden aplicarse para cumplir este objetivo, entre ellas se encuentra la Realidad Aumentada (RA), la cual es una de las nueve tecnologías habilitadoras que fortalecen la transformación soportada por la industria 4.0. Desde finales de los 90 se ha vuelto más sencillo desarrollar aplicaciones de RA, gracias al mejoramiento en las herramientas de software y hardware [9]. La RA aplicada en ambientes de producción puede reducir la tasa de error en una tarea de ensamble en 82% [8].

Aunque existan prototipos de sistemas que han avanzado para facilitar la integración de la RA en la industria, siguen existiendo barreras para adoptarla [10]. La mayoría de los dispositivos en los que se ha aplicado no han ayudado de la manera esperada. Los lentes inteligentes se muestran como un dispositivo diferente para poder aplicar la RA debido a sus características, pero existen solo pocos algoritmos de RA en unos lentes inteligentes, y por ende pocas aplicaciones reales de estos.

En este trabajo se pretende realizar un aporte a la ingeniería de métodos, principalmente al diseño de estaciones de ensamble manual, las cuales se continúan basando en el método desarrollado en 1960. El objetivo es mejorar

la técnica de la secuencia de operaciones establecida en el diagrama de operaciones de la ingeniería de métodos, haciendo uso de la RA en unos lentes inteligentes como herramientas para visualización de la información contenida en la hoja de trabajo. Con esto, los operadores tendrán la opción de visualizar las instrucciones del ensamble que deben realizar sin dejar su estación de trabajo. Además, se aplica un procesamiento de imágenes con el objetivo de encontrar algún componente faltante en el ensamble realizado.

II. DESARROLLO

8

En la ingeniería de métodos se establece que las hojas de trabajo o ayudas visuales deben contener información estandarizada y unificada con la finalidad de evitar problemas en las actividades diarias, además de establecer un procedimiento para realizar cada actividad bajo las mismas circunstancias. Con esto se busca que el operador pueda desarrollar sus actividades siempre de la misma manera, en [2] se establecen tres componentes que debe tener una hoja de trabajo: identificación, todos los datos que identifiquen fácilmente a operación a la que corresponde el proceso que se va a explicar; descripción de la operación, es la parte primordial de la hoja de trabajo e incluye toda la información necesaria para realizar la operación; y otros controles responsables, como dibujo y/o partes de la pieza donde se realiza la operación.

La RA, de acuerdo a Bottani y Vignali [11], es un conjunto de tecnologías que permiten la vista del mundo real “aumentado” por elementos u objetos generados por computadora. Rohrer y Hendrix [12] agregan que es una tecnología que sobrepone características digitales sobre la percepción del mundo real, mientras que para [13] se puede describir como una variación de la realidad virtual, que potencia el sentido visual de los humanos.

Además, la tecnología de RA no está restringida a desplegarse en un tipo particular de pantalla [14], y sus aplicaciones se han vuelto más comunes desde la introducción del concepto de RA móvil, lo que ha llevado a que la investigación de la RA se dirija hacia los dispositivos montados en la cabeza (HMD por sus siglas en inglés); por lo tanto, los equipos dentro de este tipo de tecnología se han vuelto más maduros, pequeños, ligeros y de más bajo costo, volviendo más viables los desarrollos en ellos [15].

Las características de los lentes inteligentes pueden facilitar la realización de una tarea de ensamble manual en la industria de la manufactura. Por ejemplo, es posible que con la cámara se tomen imágenes para establecer que proceso se va a realizar; además, los componentes a utilizar y las instrucciones a seguir podrían desplegarse en la pantalla de los lentes inteligentes.

La pantalla de los lentes inteligentes se encuentra situada sobre la línea del ojo derecho, por lo que para observar las imágenes desplegadas en ésta solamente se debe enfocar la vista un poco hacia arriba, lo que también permite que las imágenes no interfieran con la vista del mundo real.

En este trabajo, se implementó una aplicación de RA en los lentes inteligentes Google Glass Enterprise 2 [16]. La aplicación, muestra los componentes que debe contener una hoja de trabajo en una estación de ensamble manual, de acuerdo a la ingeniería de métodos. Este sistema basado en RA se diseñó para utilizarse en una estación de ensamble manual en un ambiente controlado.

El desarrollo de la aplicación fue realizado empleando Android Studio, la cual es una herramienta utilizada para aplicaciones en teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas, por lo que cuenta con librerías y utilerías que funcionan en las diferentes plataformas.

El prototipo de estación de ensamble elegida para este proyecto se basa en una estación de ensamble manual real de un sensor magnético utilizado en alarmas de seguridad caseras. En esta estación de ensamble se llevan a cabo pocas operaciones, lo que implica la posibilidad el operador pueda olvidar alguna de las operaciones que debe seguir.

Como se revisó en la introducción de este trabajo, se busca remplazar las instrucciones de trabajo actuales, que existen solo en papel. Además, el operador debe memorizarlas o leerlas solo algunas pocas ocasiones durante su turno de trabajo. A diferencia del proceso normal, a continuación, se expone un enfoque diferente a lo estipulado por la ingeniería de métodos.

4

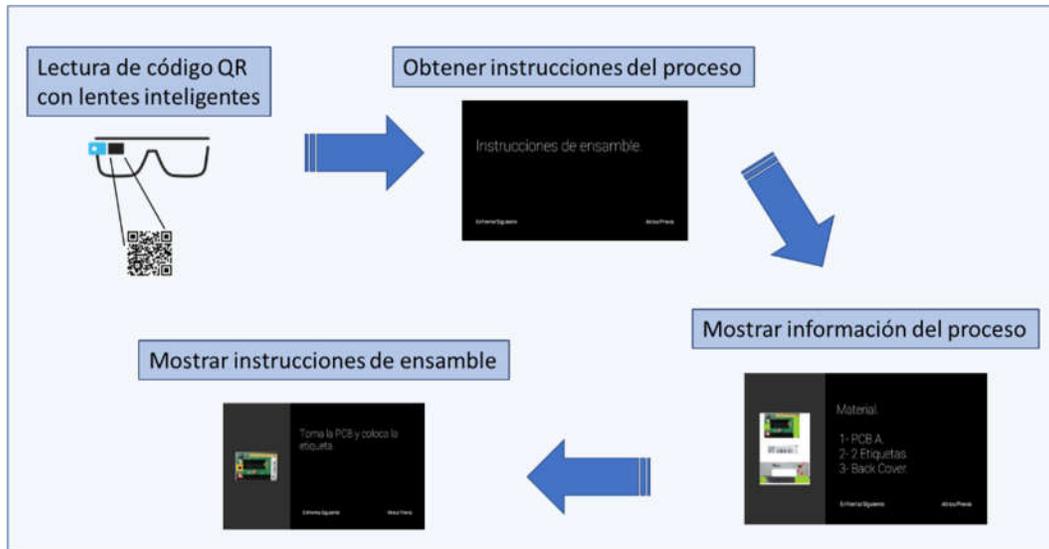


Fig. 1. Diagrama de etapas de la aplicación.

En la Fig. 1, se muestran las etapas que se llevaron a cabo para completar la aplicación.

Al ejecutar la aplicación, se le pedirá al usuario tocar el lado derecho de los lentes para activar la cámara. Una vez activada la cámara, el usuario deberá acercarse lo suficiente al código QR de la estación de trabajo para que pueda ser interpretado. Luego, las instrucciones se obtienen después de asegurarse que el código leído es correcto. En la siguiente etapa, una vez establecido el proceso al que pertenece el código QR, se muestra a que producto corresponde y que componentes o materiales se van a utilizar. Por último, se muestran una a una las instrucciones a seguir en la pantalla de los lentes inteligentes.

Para el desarrollo de la aplicación en los lentes inteligentes se utilizó Android Studio y las instrucciones de ensamble pertenecen a un prototipo de una estación de ensamble, que se basa en una estación real de ensamble de un sensor magnético que es parte de alarmas de seguridad caseras.

Finalmente, se utilizó un algoritmo de reconocimiento y clasificación de imágenes con el objetivo de tener la certeza de que el ensamble fue realizado de manera correcta. Para esto, primeramente, se efectuó mediante el uso de Matlab un entrenamiento con imágenes del ensamble terminado, tanto correcta como incorrectamente. Este entrenamiento se llevó a cabo con 15 imágenes del ensamble correcto, tomadas con una cámara de 48 megapíxeles; 12 imágenes del ensamble correcto tomadas con la cámara de los lentes inteligentes; y 6 imágenes del ensamble incorrecto o con partes faltantes tomadas también con la cámara de los lentes inteligentes. Una vez realizado el entrenamiento, se eligieron imágenes al azar que no fueron utilizadas en el entrenamiento.

III. RESULTADOS

El resultado es una aplicación desplegada en los lentes inteligentes. A diferencia de lo que se realiza normalmente en la estación de trabajo elegida para este proyecto, el usuario tiene en la pantalla de los lentes inteligentes las instrucciones que debe seguir. Esto podría ayudar en diversos puntos:

- Es posible que el entrenamiento del usuario tome menos tiempo. Actualmente, cuando un operador se encuentra por primera vez en una estación de ensamble, se le da algún tiempo para que lea las instrucciones de lo que va a realizar, luego se le permite que realice el ensamble de algunas unidades mientras tiene en su estación de ensamble las instrucciones en hojas de papel, cuando ha entendido lo que debe realizar, procede a continuar ensamblando más unidades y si le surgen dudas regresa a revisar las hojas que contienen las instrucciones. Con los lentes inteligentes tiene las instrucciones al alcance de la vista y le resultaría más fácil consultar si tiene dudas.
- Las imágenes de los materiales y subensambles mostradas en los lentes inteligentes pueden ayudar a que el usuario se guíe y no solo depender de recordar el ensamble del producto.

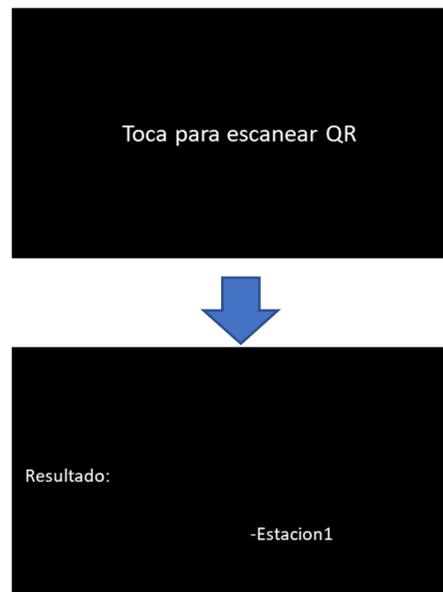


Fig. 2. Escaneo de código QR.

Lo primero que aparece en la pantalla al ejecutarla es la instrucción para escanear el código QR (véase Fig. 2). Una vez escaneado el código correcto, se muestra la información de la estación que corresponde al código escaneado (véase Fig. 2).

Al aparecer la información de la estación correspondiente, el usuario debe deslizar un dedo sobre la parte derecha de los lentes inteligentes para que aparezcan los materiales a utilizar en la estación de ensamble (véase Fig. 3).

6



Fig. 3. Instrucciones de ensamble.

Después, para ir visualizando cada uno de los pasos a seguir, de igual manera debe ir deslizando un dedo para cada una de las pantallas (véase Fig. 3).

Finalmente, se ejecutó el algoritmo de clasificación en Matlab después de efectuar el entrenamiento como se explicó en el desarrollo. Se utilizaron 10 imágenes tomadas con el teléfono inteligente, 5 correspondientes al ensamble correcto y 5 al ensamble con alguna parte faltante, obteniendo un 100% de precisión en la clasificación de las imágenes del ensamble que fue seleccionado para este experimento (véase Fig. 4).

7

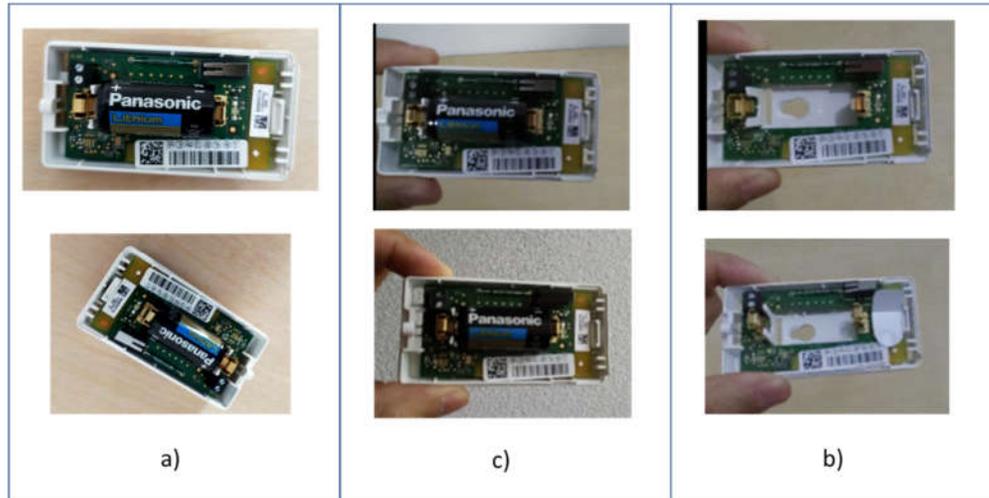


Fig. 4. Ejemplos de imágenes tomadas, a) y b) del ensamble correcto y c) del ensamble con faltante de algún componente.

IV. CONCLUSIONES

Se desarrolló una aplicación basada en la Realidad Aumentada (RA) para el despliegue de información relacionada al ensamble de un sensor magnético utilizado en alarmas de seguridad. Las instrucciones e interacción con ellas fueron diseñadas con fundamento en la ingeniería de métodos. Con esta aplicación basada en RA, el usuario pudo observar en la pantalla de los lentes inteligentes las instrucciones de una estación de ensamble; así, se evitó que el usuario se moviera de su estación de trabajo para revisar la hoja de trabajo establecida para su proceso.

Al incrementar la disponibilidad de ayudas visuales estandarizadas y unificadas en el área de trabajo, por medio de RA, este tipo de aplicaciones podrían aplicarse en un futuro para evaluar su contribución en la disminución de la tasa de error en los ensambles manuales, aumento de la productividad y mejora del proceso de entrenamiento en integración o rotación de personal. Además, mediante el algoritmo de clasificación de imágenes es posible que sea detectable la falta de algunos componentes del ensamble recién realizado, con lo que sería posible disminuir la tasa de error en el ensamble del producto utilizado en este experimento.

REFERENCIAS

- 8
- [1] A. A. Correa-Espinal, R. A. Gómez-Montoya, C. Botero-Perez, “La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro,” *Rev. Soluciones Postgrado EIA*, no. 8, pp. 89–109, 2012.
 - [2] R. García Criollo, *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*, 2a ed., Mexico: McGraw-will Interamericana, 2005.
 - [3] K. Xu, Q. Zhao, Y. Kong, H. Li, “Auxiliary Assembly Human-Machine Interaction Method Based on Smart Glasses,” *Proc. 2019 11th Int. Conf. Intell. Human-Machine Syst. Cybern. IHMSC 2019*, vol. 2, pp. 33–36, 2019.
 - [4] A. Doshi, R. T. Smith, B. H. Thomas, C. Bouras, “Use of projector based augmented reality to improve manual spot-welding precision and accuracy for automotive manufacturing,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 89, no. 5-8, pp. 1279-1293, 2017.
 - [5] A. Saptari, J. X. Leau, N. A. Mohamad, “The effect of time pressure, working position, component bin position and gender on human error in manual assembly line,” *IEOM 2015 - 5th Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag. Proceeding*, 2015.
 - [6] A. Blaga, C. Militaru, A. D. Mezei, L. Tamas, “Augmented reality integration into MES for connected workers,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 68, 2021.
 - [7] D. Tatić, B. Tešić, “The application of augmented reality technologies for the improvement of occupational safety in an industrial environment,” *Comput. Ind.*, vol. 85, pp. 1–10, 2017.
 - [8] V. Kohn, D. Harborth, “Augmented reality - A game changing technology for manufacturing processes?,” *Conference: Twenty-Sixth European Conference on Information Systems (ECIS2018)*, Portsmouth, UK, 2018.
 - [9] A. E. Uva, M. Gattullo, V. M. Manghisi, D. Spagnulo, G. L. Cascella, M. Fiorentino, “Evaluating the effectiveness of spatial augmented reality in smart manufacturing: a solution for manual working stations,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 94, no. 1-4, pp. 509–521, 2018.
 - [10] A. Macallister *et al.*, “Comparing Visual Assembly Aids for Augmented Reality Work Instructions,” *Proceedings of the 2017 Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC)*, no. 17208, 2017.
 - [11] E. Bottani, G. Vignali, “Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade,” *IISE Trans.*, vol. 51, no. 3, pp. 284-310, 2019.
 - [12] A. Rohrer, R. Hendrix, “Principles for Applying Augmented Reality in Manufacturing,” *2018 IEEE MIT Undergrad. Res. Technol. Conf. URTC 2018*, pp. 21-24, 2018.
 - [13] A. Carvalho, F. Charrua-Santos, T. M. Lima, “Augmented Reality in Industrial Applications : Technologies and Challenges,” *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Pilsen, Czech Republic, July 23-26, pp. 875-883, 2019.
 - [14] D. Youm, S. Seo, J. Kim, “Design and development methodologies of Kkongalmon , a location-based augmented reality game using mobile geographic information,” *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, vol. 2, pp. 1-12, 2019.
 - [15] M. Suoheimo and A. Colley, “Exploring Head Mounted Display based Augmented Reality for Factory Workers,” *MUM 2018: Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, Nov. 2018, pp. 499-505, doi: <https://doi.org/10.1145/3282894.3289745>
 - [16] Google, *Discover Glass Enterprise Edition*. <https://www.google.com/glass/start/>