

Algoritmos aplicados a la metrología como herramienta en el control de calidad

González-Sosa Jesús Vicente¹, Zavala-Osorio Yadira², Hernández-Rodríguez José Ángel², Ávila-Soler Enrique³

¹Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, ²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, ³Instituto Tecnológico Gustavo A. Madero TECNM

vicentegonzalez60@aragon.unam.mx, hrja@azc.uam.mx, yzo@azc.uam.mx, industrial014@gamadero.tecnm.mx

Resumen – Este artículo explora la aplicación de algoritmos en la metrología para mejorar el control de calidad. El objetivo es evaluar cómo técnicas computacionales optimizan la precisión y eficiencia en mediciones metrológicas. La metodología incluye el análisis comparativo de algoritmos de procesamiento de datos y su integración en sistemas de medición, con programas realizados en software básico PSeInt. Se esperan resultados que demuestren mejoras en la detección de errores, mayor precisión en las mediciones y una reducción en los tiempos de control, contribuyendo a procesos industriales más confiables y eficientes.

Índice de Términos – algoritmos, metodología, programación, metrología, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los algoritmos en las aplicaciones de ingeniería desempeñan un papel fundamental en el impulso del crecimiento y la innovación tecnológica. Su implementación permite optimizar procesos, aumentar la eficiencia y facilitar soluciones más precisas y avanzadas. En conjunto, fomentan el desarrollo de nuevas ideas y enfoques que contribuyen al progreso en diferentes áreas de la ingeniería. Gracias a estos algoritmos, se generan innovaciones que transforman y mejoran la calidad de vida, impulsando el avance constante de las tecnologías. Su uso es clave para mantener la competitividad y promover el desarrollo sostenible en el campo ingenieril.

Los algoritmos son fundamentales en la investigación, ya que permiten automatizar y mejorar la medición y análisis de datos complejos. En este estudio, el desarrollo de un algoritmo específico facilitó evaluar la autoridad e influencia de los usuarios en redes sociales y profesionales. Esto posibilita obtener resultados precisos y eficientes, contribuyendo a comprender mejor el impacto de cada usuario en dichas plataformas [1].

En definitiva, los algoritmos son herramientas clave para transformar datos en información valiosa y aplicable.

El estudio en [2], confirma que los algoritmos informáticos de alta velocidad resuelven eficazmente tareas complejas, optimizando procesos con numerosas posibilidades combinatorias. Su capacidad para analizar secuencias y cálculos estadísticos los hace indispensables en diversos campos. Estas herramientas destacan por su precisión y rapidez en el manejo de grandes volúmenes de datos.

En este trabajo [3] presenta el diseño de la interfaz visual en Python, explicando los algoritmos y librerías necesarias para lograrlo. Es fundamental traducir todos los algoritmos involucrados, lo cual, requiere una programación matemática más compleja, permite una mayor precisión y eficiencia en el desarrollo. El uso de librerías especializadas facilita la implementación y mejora la funcionalidad de la interfaz. Además, este enfoque ofrece varias ventajas a futuro, como la escalabilidad y la integración con otras aplicaciones. En conjunto, el trabajo busca combinar conocimientos técnicos y herramientas modernas para crear una interfaz efectiva y adaptable.

El artículo inicia abordando el principio de la medición 3D y la metodología apropiada para objetos en movimiento, destacando la importancia de obtener datos precisos en condiciones dinámicas. A continuación, presenta una revisión de los métodos de medición 3D de alta velocidad, tanto tradicionales como innovadores, enfatizando la cantidad de fotogramas necesarios. La velocidad de medición se convierte en un factor clave para capturar objetos en movimiento con precisión. Finalmente, se analizan las ventajas y limitaciones de cada técnica en función de su rendimiento temporal [4].

El desarrollo de algoritmos de alta precisión es fundamental para superar los desafíos en la medición de salinidad absoluta, permitiendo la creación de un

salinómetro europeo estandarizado basado en recomendaciones técnicas. En el caso de las mediciones fluorométricas, los algoritmos de calibración mejoran la trazabilidad al integrar datos de instrumentos calibrados y tintes de referencia, facilitando la validación satelital de clorofila. Para el oxígeno disuelto y el sistema de carbonatos, los modelos algorítmicos ayudan a estandarizar sensores y escalas de pH, asegurando datos confiables en estudios de acidificación oceánica y zonas hipóxicas. Los algoritmos de comparación automatizada impulsados por iniciativas como MINKE optimizan la calibración de perfiles de corrientes, mejorando la eficiencia operativa en observaciones marinas [5], lo descrito es un ejemplo tangible de que no existen barreras para la aplicación de los algoritmos y se pueden ubicar en diferentes áreas de la ciencia.

Se llevó a cabo una investigación sobre los principales algoritmos utilizados para realizar mediciones en imágenes médicas en el estándar DICOM. Para ello, se adoptó una estrategia explicativa que permitió comprender en profundidad los métodos empleados. Se emplearon diversas técnicas y herramientas específicas para analizar la precisión y eficiencia de estos algoritmos [6]. Este enfoque facilita una visión integral de las metodologías aplicadas en el procesamiento de imágenes médicas.

En [7], se comparó el rendimiento de doce algoritmos de optimización, fundamentales en la temática de algoritmos, aplicados a una CNN AlexNet y un MLR para estimar la cantidad de puntos negros en imágenes con fondo blanco. La selección y evaluación de estos algoritmos permitió analizar su eficacia en tareas de clasificación de imágenes y regresión lineal múltiple, relacionadas con sólidos en suspensión en muestras líquidas. La optimización de los modelos mediante estos algoritmos es clave para mejorar la precisión en la estimación de parámetros en sistemas de visión artificial. Este estudio demuestra cómo la elección del algoritmo de optimización influye en el rendimiento de los modelos de aprendizaje automático. En definitiva, la integración de algoritmos de optimización con técnicas de aprendizaje profundo y regresión lineal es esencial para resolver problemas complejos en análisis de imágenes.

El algoritmo de Montecarlo consiste en generar muestras aleatorias para las variables de entrada del sistema, permitiendo explorar diferentes escenarios posibles. Se analiza cómo responde el sistema ante estos valores generados, evaluando su comportamiento y rendimiento. Este método es útil para estimar la probabilidad de resultados y comprender la variabilidad del sistema bajo distintas condiciones [8]. En conjunto, facilita la toma de decisiones informadas en situaciones de incertidumbre, de aquí la importancia de hacer uso de algoritmos que logren identificar soluciones que se aproximan al objetivo de estudio.

El algoritmo Apriori [9], se caracteriza por trabajar con un conjunto reducido de variables, las cuales son comúnmente utilizadas en los sistemas de información. Esto facilita su aplicación en diferentes contextos, ya que la estructura de los datos puede ser replicada fácilmente. La reducción de variables permite un análisis más eficiente y enfocado en patrones relevantes. La organización de la información es fundamental para garantizar la correcta implementación del algoritmo. De esta manera, el estudio de casos con Apriori puede ser replicado en otros entornos, promoviendo la generalización de los resultados.

La investigación [10] describe que este algoritmo, para la evaluación rápida de la incertidumbre, tiene múltiples aplicaciones en diferentes campos, destacándose en el análisis metroológico de mediciones. Permite evaluar la incertidumbre expandida y las incertidumbres parciales, brindando mayor precisión y confiabilidad en los resultados. Su versatilidad lo hace útil para cualquier sistema de medición donde se determine el valor eficaz a partir de muestras de tensión. De esta manera, contribuye a mejorar la calidad y exactitud en procesos de medición en diversas áreas tecnológicas y científicas.

Los algoritmos empleados en la ciencia de la metrología tienen como objetivo principal optimizar y mejorar las condiciones de los procesos de control de calidad. Estos algoritmos permiten una medición más precisa y eficiente, facilitando la detección temprana de errores y desviaciones en los productos o servicios. Entre los tipos de algoritmos utilizados se encuentran los diagramas de flujo, que ayudan a visualizar y estructurar los pasos del proceso; los algoritmos estadísticos, que analizan datos para identificar tendencias y anomalías; los algoritmos de optimización, que buscan la mejor solución posible en diferentes escenarios; y los algoritmos de aprendizaje automático, que mejoran continuamente mediante la experiencia. En conjunto, estos algoritmos contribuyen a garantizar productos de mayor calidad y a reducir costos en los procesos industriales.

II. MÉTODO

A. *Análisis de un algoritmo en metrología*

El análisis de un algoritmo en metrología implica evaluar su precisión, exactitud y eficiencia en la medición de magnitudes físicas. Se comienza por definir claramente las variables y parámetros que intervienen en el proceso, asegurando que el algoritmo pueda adaptarse a diferentes condiciones y tipos de mediciones. Es fundamental verificar la robustez del algoritmo ante posibles errores o ruidos en los datos de entrada, garantizando resultados confiables y reproducibles en distintas situaciones.

Es importante realizar una evaluación detallada del rendimiento del algoritmo mediante pruebas con datos simulados y experimentales. Esto incluye analizar la sensibilidad a variaciones en las mediciones, la capacidad de detectar errores sistemáticos y aleatorios, y la comparación con métodos tradicionales o estándares internacionales. También se consideran aspectos computacionales, como el tiempo de procesamiento y el consumo de recursos, para determinar su viabilidad en aplicaciones en tiempo real o en sistemas de alta precisión.

Dicho análisis permite identificar posibles mejoras y optimizaciones en el algoritmo, así como validar su aplicabilidad en entornos metrológicos específicos. Este proceso es esencial para garantizar que las mediciones sean precisas, confiables y cumplan con los requisitos normativos y de calidad establecidos en la metrología moderna.

En las siguientes secciones se lleva a cabo la aplicación de algoritmos para en un caso de estudio, relacionado con el control de calidad para un producto o espécimen.

B. Caso de estudio

En esta sección se presenta el caso de estudio empleado para aplicar la metodología de un algoritmo, utilizando un diagrama de flujo como herramienta principal. Se detalla el proceso de validación y control de calidad de un llavero impreso en 3D, destacando los pasos y criterios utilizados para garantizar su precisión y cumplimiento de especificaciones. Además, se explica cómo esta metodología contribuye a mejorar la eficiencia y confiabilidad en la evaluación de piezas impresas en 3D. Enfatizando con ello la importancia de la herramienta en la optimización del proceso de control de calidad.

Como se mencionó anteriormente, el caso de estudio consiste en un llavero impreso en 3D, en la figura 1, se tiene el modelo diseñado en un software de CAD.



Fig. 1. Modelo en 3D del caso de estudio.

En la Figura 2 se presenta el llavero fabricado mediante impresión 3D, el cual será utilizado para desarrollar los algoritmos y programas que faciliten el control de calidad de este espécimen de prueba.



Fig. 2. Especimen, Llavero impreso en 3D.

Para la aplicación de los algoritmos se realizaron 150 productos, llaveros 3D identificados en la figura 2, con el propósito de validar cada una de las alternativas de verificación con metrología, por medio de los algoritmos, diagramas de flujo y los programas realizados con la herramienta de PSeInt.

De la misma forma en la figura 3 se observan las medidas del llavero, por medio de un plano extraído del modelador de CAD.

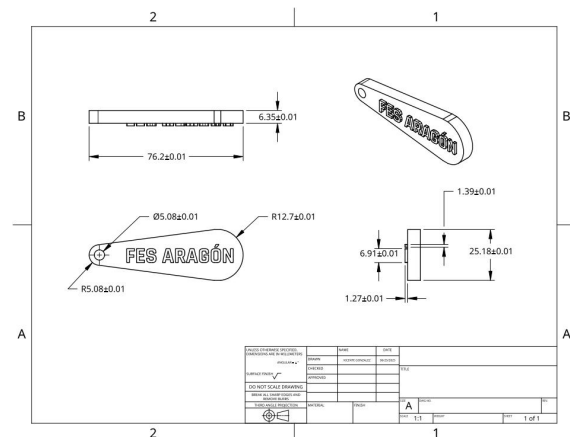


Fig. 3. Plano del llavero en modelador de CAD.

En la Tabla I se detallan los procesos que deben ejecutarse mediante algoritmos específicos, diagramas de flujo, para llevar a cabo el control de calidad del llavero en cuestión. Estos procedimientos aseguran una evaluación precisa y eficiente, permitiendo detectar posibles defectos o inconsistencias en el producto. La implementación de estos algoritmos facilita la automatización del proceso, mejorando la precisión y reduciendo errores humanos. En conjunto, estos pasos garantizan que el llavero cumpla con los estándares de calidad establecidos como parte esencial en la aplicación de la metrología.

Tabla I. Control de calidad del producto terminado, llavero.

No.	Proceso	Descripción
1	Verificación dimensional	Obtener las medidas del llavero para asegurar que este dentro de las tolerancias especificadas.
2	Pruebas de resistencia	Pruebas a la tracción, impacto y torsión para evaluar la durabilidad del llavero.
3	Inspección visual	Detectar defectos como grietas, burbujas, decoloraciones o irregularidades en la superficie.

La tabla I muestra que el proceso de fabricación del llavero incluye la verificación dimensional para asegurar que sus medidas cumplen con las tolerancias establecidas, seguido de pruebas de resistencia a la tracción, impacto y torsión para evaluar su durabilidad, y una inspección visual para detectar posibles defectos en la superficie.

En la siguiente sección se presentan los diagramas de flujo elaborados para el caso de estudio "Llavero". Estos diagramas facilitan el control de calidad mediante el uso de técnicas de metrología y otras herramientas especializadas. Su finalidad es garantizar la precisión y la conformidad del producto durante las diferentes etapas del proceso. Además, permiten identificar posibles desviaciones y optimizar los procedimientos de validación. La implementación de estos diagramas contribuye a mejorar la eficiencia y la fiabilidad en la producción, lo cual constituye una herramienta fundamental para asegurar la calidad del llavero y cumplir con los estándares establecidos.

C. Diagramas de flujo para el control de calidad del llavero.

Los diagramas de flujo son herramientas fundamentales para visualizar y comprender cada etapa del proceso de producción de un llavero impreso en 3D, permitiendo identificar posibles errores y optimizar procedimientos. Su importancia radica en facilitar la comunicación entre los miembros del equipo, asegurando que todos sigan pasos estandarizados y controlados. Contribuyendo a mejorar la eficiencia al detectar cuellos de botella y reducir errores durante la fabricación. La

utilización de estos diagramas en el control de calidad garantiza productos consistentes y de alta precisión, optimizando recursos y tiempo. Los diagramas de flujo son esenciales para mantener la calidad y eficiencia en la producción de llaveros impresos en 3D.

A continuación, se muestran los diagramas de flujo para las pruebas en el control de calidad del producto.

El primer caso es para la verificación dimensional que se muestra en la figura 4, por medio del diagrama de flujo correspondiente a la metrología con la validación de dimensiones.

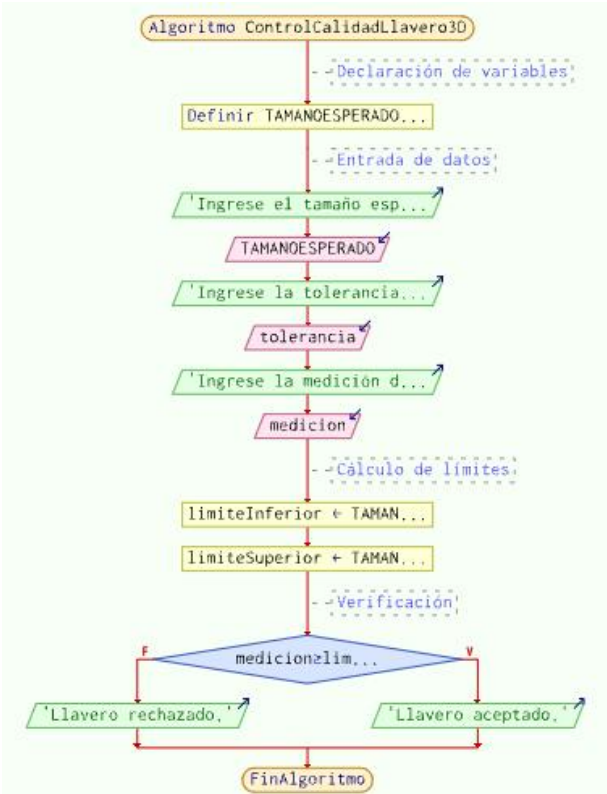


Fig. 4. Diagrama de flujo, análisis dimensional en llavero impreso en 3D.

El diagrama de flujo, figura 4, inicia con la medición de las dimensiones del llavero impreso, seguida de la comparación con las especificaciones estándar, y finaliza con la determinación de si cumple con los requisitos o requiere ajustes.

El segundo caso corresponde al diagrama de flujo, presentado en la figura 5, que ilustra la evaluación de las propiedades mecánicas en relación con los valores estandarizados del material utilizado para fabricar el llavero.

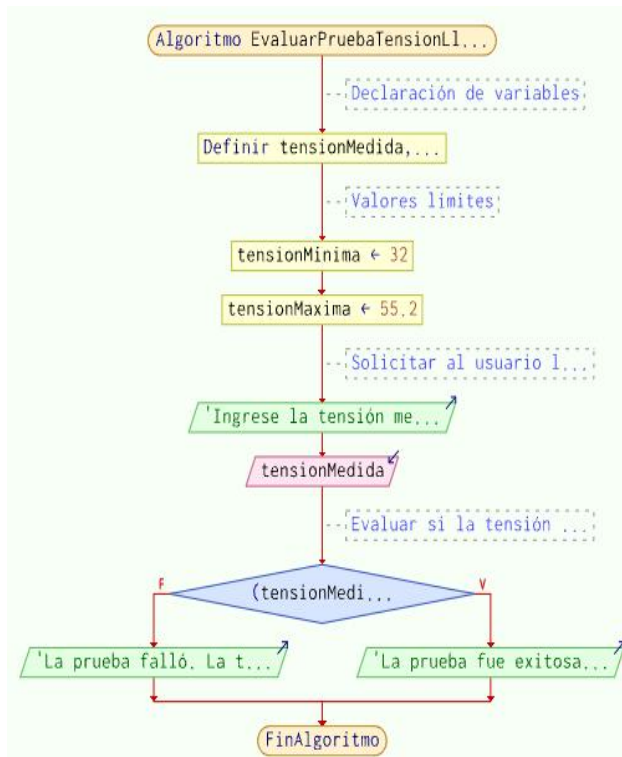


Fig. 5. Diagrama de flujo en la evaluación de pruebas mecánicas del llavero impreso en 3D.

La evaluación de la tensión en un llavero impreso en 3D, como se observa en la figura 5, es fundamental para garantizar su resistencia y durabilidad ante el uso diario. Al analizar las áreas de mayor carga, se pueden identificar posibles puntos débiles y optimizar el diseño para prevenir fallos. Esto asegura un producto más seguro y confiable, prolongando su vida útil y satisfaciendo las expectativas del usuario.

Por otro lado, un diagrama de flujo es fundamental para evaluar la inspección visual de un llavero impreso en 3D, ya que permite identificar y seguir de manera sistemática cada paso del proceso, asegurando la detección eficiente de defectos y garantizando la calidad del producto final, como se identifica en la figura 6.

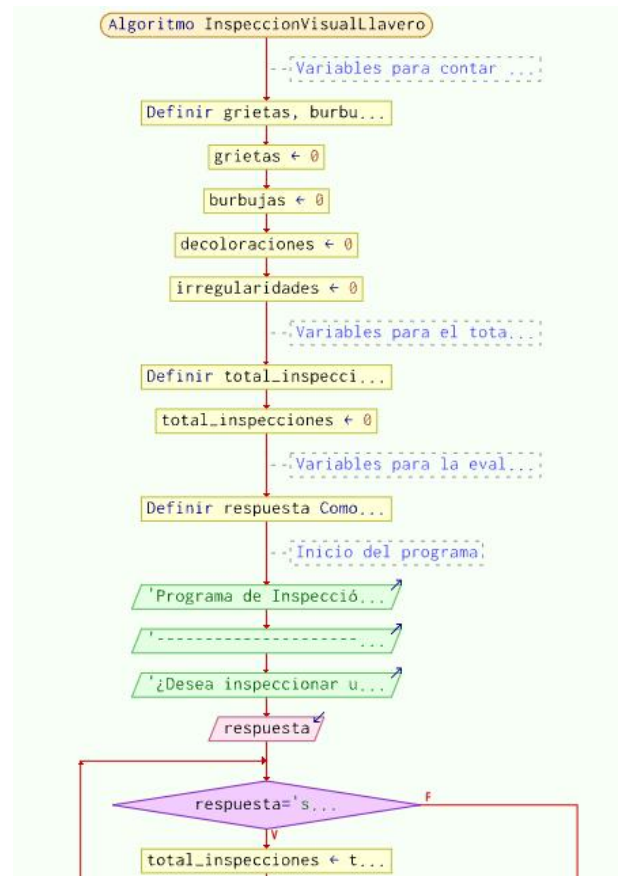


Fig. 6. Diagrama de flujo para inspección visual en llavero impreso en 3D.

En la figura 6, se ha incluido únicamente una parte del diagrama de flujo, ya que su extensión completa es considerable. No obstante, en la sección de resultados se presenta la información correspondiente a este diagrama.

III. RESULTADOS

Como resultado del uso de algoritmos representados mediante diagramas de flujo, se desarrollaron programas en el software PSeInt, que facilitan la creación y validación de acciones para verificar la lógica de los algoritmos y su correcta ejecución.

Estas herramientas permiten representar de manera clara y ejecutable los procesos, optimizando la validación en aplicaciones industriales. En el presente estudio, se aplicaron estos programas para el control de calidad de llaveros impresos en 3D, logrando detectar posibles fallos y garantizar la precisión del producto final.

La implementación de estos algoritmos contribuye a mejorar la eficiencia y confiabilidad en los procesos de producción, promoviendo su integración en entornos industriales.

El uso de PSeInt facilita la comprensión y modificación de los algoritmos, favoreciendo la capacitación del personal técnico. En conjunto, estos

avances demuestran el potencial de los diagramas de flujo y las herramientas de programación para optimizar el control de calidad en procesos de fabricación aditiva.

La figura 7 presenta un programa en el que se establecen las medidas del plano y se verifican cada uno de los especímenes de prueba. Este proceso permite validar que las dimensiones, desde el punto de vista metrológico, cumplen con los datos nominales, asegurando así el cumplimiento de los requisitos de control de calidad en este aspecto.

```

PSeInt - Ejecutando proceso CONTROLCALIDADLLAVERO3D
*** Ejecución Iniciada. ***
Ingrese el tamaño esperado del llavero (mm):
> 76.2
Ingrese la tolerancia permitida (mm):
> 0.01
Ingrese la medición del llavero (mm):
> 75.54
Llavero rechazado.
*** Ejecución Finalizada. ***
  
```

Fig. 7. Programa validación dimensional.

Para la evaluación de las propiedades físicas, en la figura 8 se presenta el diagrama de flujo correspondiente exclusivamente a la prueba de tensión. Los resultados de los ensayos mecánicos de tensión indican que el producto cumple con las especificaciones técnicas del material, en este caso, ABS (acrilonitrilo butadieno estireno).

```

PSeInt - Ejecutando proceso EVALUARPRUEBATENSIONLLAVERO
*** Ejecución Iniciada. ***
Ingrese la tensión medida en MPa:
> 54
La prueba fue exitosa. La tensión está dentro del rango permitido.
*** Ejecución Finalizada. ***
  
```

Fig. 8. Programa evaluación propiedades físicas.

En la figura 8 se muestra que el resultado fue satisfactorio, lo cual se atribuye a que en el programa se especificó claramente el rango de tensión en MPa para el

material ABS, que va de 32 a 55.2 MPa. Cuando la prueba arroja un valor fuera de este rango, el espécimen es rechazado automáticamente. En ese caso, es necesario reevaluar los aspectos que pueden influir para que el material no cumpla con los requisitos al ser sometido a tensión. Este procedimiento garantiza que solo los especímenes que cumplen con las especificaciones sean aceptados, asegurando la calidad y confiabilidad del material utilizado. La definición precisa de los límites de tensión ayuda a mantener los estándares necesarios para el correcto desempeño del ABS en sus aplicaciones.

Por último, se presenta el programa identificado en la figura 9, el cual facilita la evaluación visual del llavero. Este programa considera diversos parámetros observables que permiten detectar posibles defectos o inconsistencias. Su uso resulta de gran ayuda en los procesos de control de calidad del producto. La implementación de esta herramienta contribuye a mejorar la precisión y eficiencia en la inspección.

```

PSeInt - Ejecutando proceso INSPECCIONVISUALLLAVERO
¿Se encontró alguna grieta? (si/no)
> si
¿Se encontraron burbujas? (si/no)
> no
¿Se observaron decoloraciones? (si/no)
> si
¿Se detectaron irregularidades superficiales? (si/no)
> no
¿Desea inspeccionar otro llavero? (si/no)
> si
¿Se encontró alguna grieta? (si/no)
> no
¿Se encontraron burbujas? (si/no)
> no
¿Se observaron decoloraciones? (si/no)
> no
¿Se detectaron irregularidades superficiales? (si/no)
> si
¿Desea inspeccionar otro llavero? (si/no)
> no
Resumen de inspección:
Total de llaveros inspeccionados: 6
Número de llaveros con grietas: 4
Número de llaveros con burbujas: 2
Número de llaveros con decoloraciones: 4
Número de llaveros con irregularidades superficiales: 4
Resultado: El lote NO pasa la inspección de calidad.
*** Ejecución Finalizada. ***
  
```

Fig. 9. Programa inspección visual.

El programa mostrado en la figura 9 tiene la capacidad de registrar todos los especímenes evaluados, en función de las características analizadas, permite determinar si el lote inspeccionado cumple con los estándares establecidos para el control visual.

IV. DISCUSIÓN

Los algoritmos dentro de la ingeniería son herramientas fundamentales y esenciales para conocer, comprender y desarrollar sistemas con aplicaciones en lo académico e industrial, por lo que es relevante inducir a las instituciones educativas para vincularse con los procesos industriales y de investigación.

En su trabajo [11] se encuentra que los algoritmos se han convertido en la esencia moderna de la comunicación y la gestión de la información. Esta afirmación se sustenta en las reflexiones de expertos y en el análisis de los medios digitales, donde cada vez más equipos cuentan con especialistas de perfil técnico encargados de apoyar las historias periodísticas y otros proyectos mediante el desarrollo de algoritmos. Con esto se observa, dentro de este trabajo, que éstos independientemente de su formato son herramientas fundamentales para el avance de la ciencia.

Se abordó en [12] que la gestión de calidad con un énfasis fundamental en la mejora continua y la optimización de procesos destaca la importancia crucial de los algoritmos en estos aspectos. La integración de la soft metrología y las nuevas tecnologías está transformando significativamente la manera en que se gestionan y controlan las mediciones, permitiendo una mayor precisión y confiabilidad. Sin embargo, también se discutieron los desafíos, dificultades y oportunidades que surgen con estas innovaciones tecnológicas. En este contexto, los algoritmos se presentan como herramientas esenciales para garantizar la precisión, trazabilidad y eficiencia en los procesos metroológicos, contribuyendo de manera decisiva a la mejora de la calidad y la competitividad de las empresas. Esto esta de la mano con lo que se ha trabajado en este artículo, con la intención de articular diferentes áreas de la ciencia en un proceso de calidad de un producto.

En su trabajo [13], utilizan herramientas con algoritmos que facilitan los procesos de análisis de datos y permiten traducirlos en gráficas que mantienen un equilibrio en el caso de estudio. En este sentido, lo realizado en este trabajo, centrado en el caso de estudio del llavero, también cumple con el objetivo de desarrollar un algoritmo que ejecuta programas diseñados para facilitar las tareas o acciones durante un proceso de control de calidad.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, la incorporación de algoritmos en el proceso de control de calidad para llaveros fabricados mediante impresión 3D representa un avance significativo en la precisión y eficiencia de la evaluación. La utilización de estos programas permite automatizar la inspección dimensional, garantizando que las piezas

cumplan con las especificaciones metroológicas establecidas, lo que reduce errores humanos y aumenta la confiabilidad del proceso. Este enfoque es fundamental para mejorar la consistencia y la calidad del producto final.

Desde la perspectiva de la metrología, el uso de algoritmos facilita una evaluación más detallada y objetiva de las dimensiones del llavero. La capacidad de procesar datos de manera rápida y precisa permite detectar desviaciones mínimas que podrían pasar desapercibidas en inspecciones manuales. Esto resulta en una mayor precisión en el control dimensional, contribuyendo a la optimización del proceso de fabricación y a la reducción de desperdicios y retrabajos.

Asimismo, la evaluación de las propiedades físicas, como tensión e impacto, se ve beneficiada por la aplicación de algoritmos que analizan datos de pruebas mecánicas. La automatización en la interpretación de resultados permite identificar rápidamente posibles fallas estructurales o defectos en la resistencia del material, asegurando que los llaveros sean duraderos y seguros para su uso. Este enfoque promueve un control de calidad más exhaustivo y confiable en cada etapa de producción.

En cuanto a los aspectos visuales, los algoritmos facilitan la detección de defectos superficiales como grietas, burbujas o decoloraciones que afectan la estética y funcionalidad del producto.

La implementación de programas como PSeInt permite automatizar la inspección visual, reduciendo la subjetividad y aumentando la precisión en la identificación de imperfecciones. Esto resulta en productos de mayor calidad y con menor tasa de devoluciones o reclamaciones cuando se realiza el proceso en la industria.

De cara al futuro, el uso de algoritmos y programas de automatización en el control de calidad de impresión 3D tiene un gran potencial de desarrollo. La integración del aprendizaje automático puede mejorar aún más la detección de defectos y optimizar los procesos de fabricación. Con ello, el perfeccionamiento de estas herramientas permitirá una inspección en tiempo real, acelerando la producción y elevando los estándares de calidad en la industria.

Por lo que, la implementación de algoritmos en el control de calidad de llaveros impresos en 3D es esencial para garantizar productos precisos, seguros y estéticamente satisfactorios. La metrología, las evaluaciones físicas y visuales se benefician de esta tecnología, que promete revolucionar los procesos de inspección y control en la fabricación aditiva. El trabajo futuro en este campo debe centrarse en la integración de nuevas tecnologías y en la mejora continua de los algoritmos para alcanzar niveles superiores de eficiencia y precisión.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez Pérez, J. F., López del Castillo, D. C., & Morejón Valdés, M. (2021). Algorithm for measurement and analysis of authority and influence of users in social and professional networks. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 11(21), 1–27. <https://doi.org/10.32870/pk.a11n21.598>
- [2] Lindqvist, R. P., Strand, D., Nilsson, M., Collins, V., Torstensson, J., Kressin, J., Spensieri, D., & Archenti, A. (2023). 3D Model-Based Large-Volume Metrology Supporting Smart Manufacturing and Digital Twin Concepts. *Metrology*, 3(1), 29–64. <https://doi.org/10.3390/metrology3010002>
- [3] Bergues, G. J., Schürer, C., & Brambilla, N. (2021). Algoritmo de detección e Interfaz gráfica de usuario diseñados en Python para autocolimador digital. *Revista Tecnología y Ciencia*, 41, 75–90. <https://doi.org/10.33414/rtyc.41.75-90.2021>
- [4] Miyashita, L., Tabata, S., & Ishikawa, M. (2025). High-Speed 3D Vision Based on Structured Light Methods. *Metrology*, 5(2), 24. <https://doi.org/10.3390/metrology5020024>
- [5] Hartman, S. E., Gates, A. R., Lopez-Garcia, P., Bozzano, R., Delory, E., Favali, P., Lefevre, D., Chirurgien, L., Pensieri, S., Petihakis, G., Nair, R., Neves, S., Dañobeitia, J. J., Salvetat, F., Le Menn, M., Seppälä, J., Schroeder, K., & Piera, J. (2023). Proposed synergies between oceanography and metrology. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1192030>
- [6] Alzugaray-Prado, L. J., Fidalgo-García, J. R., & Orrellana-García, A. (2023). Analysis and selection of algorithms to perform linear measurements of neurostructures in Magnetic Resonance images. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* 17(4), 153-175. <https://rcci.uci.cu/index.php/RCCI/article/view/2809>
- [7] Lopez-Betancur, D., González-Ramírez, E., Guerrero-Mendez, C., Saucedo-Anaya, T., Rivera, M. M., Olmos-Trujillo, E., & Gomez Jimenez, S. (2024). Evaluation of Optimization Algorithms for Measurement of Suspended Solids. *Water*, 16(13), 1761. <https://doi.org/10.3390/w16131761>
- [8] Gil Miranda, A. D., Serna Serna, W., & Zuleta Gilon, L. M. (2023). Validación de resultados a través de algoritmo Montecarlo en procedimiento de calibración de temperatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 41(01), 6–27. <https://doi.org/10.14482/inde.41.01.611.072>
- [9] Cota-Meza, S. I., Rossetti-López, S. R., & Rojas-Rodríguez, I. S. (2025). Application of A priori Algorithm for Big Data Analysis, case study of a Microenterprise in Mexico. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 19(1), 46-72. <https://rcci.uci.cu/index.php/RCCI/article/view/13034/898>
- [10] Sienkowski, S., Krajewski, M., & Lal-Jadziak, J. (2025). An algorithm for fast uncertainty evaluation in RMS voltage measurement. *Metrology and Measurement Systems*, 32(2), <https://metrology.wat.edu.pl/earlyaccess/32/2/MMS-01663-2024-02-Early-Access.pdf>
- [11] Flores Vivar, J. M. (2018). Algoritmos, aplicaciones y Big data, nuevos paradigmas en el proceso de comunicación y de enseñanza-aprendizaje del periodismo de datos. *Revista de Comunicación*, 17(2), 268–291. <https://doi.org/10.26441/rc17.2-2018-a12>
- [12] Uribe-Posada, I. C., & Delgado-Trejos, E. (2024). Metrologia suave na análise de dados e inteligência artificial para a gestão da qualidade do fabrico. *SIGNOS - Investigación En Sistemas de Gestión*, 16(2), 259–273. <https://doi.org/10.15332/24631140.10087>
- [13] Báez Castillo, P., Reyes Hernández, L. Á., Olivares Zepahua, B. A., López Martínez, I., & Córdova Ovando, M. I. (2024). Predicción de lectura en instrumento patrón para una empresa de metrología a través de un dashboard empleando algoritmos de regresión. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, 12(27), 26–39. <https://doi.org/10.36825/riti.12.27.004>