

La expresión gráfica en la  
fabricación de prototipos.  
Descripción del proceso de un prototipo  
de mano derecha.

The proficiency in drafting oriented to the  
fabrication of prototype.  
Description of prototype fabrication process

JAIME CALLE CORREA<sup>\*</sup>, FERNANDO MORENO MORENO<sup>\*\*</sup>, RAFAEL BAQUERO VÉLEZ<sup>\*\*\*</sup>, ALEJANDRO GÓMEZ ARISTIZÁBAL<sup>\*\*\*\*</sup>

## RESUMEN

**E**l avance vertiginoso de los sistemas en programas de 3-D y el maquinado de control numérico, han revolucionado la expresión gráfica como herramienta de excepción para la expresión del pensamiento abstracto ingenieril y guía de procesos de manufacturado. Mediante la aplicación del dibujo técnico: ensamblado y en explosión, y posteriormente pasado por dibujo asistido por computador (CAD) se diseña el prototipo de una mano derecha que incluye el equivalente a la articulación del carpo, para luego proceder a maquinado manual y evaluación mecánica comparada del modelo, el cual cumple con el 92% de los movimientos de la mano.

## PALABRAS CLAVE:

Expresión gráfica

Dibujo

Geometría

Diseño asistido por computador

Prototipo

Manufactura

Layout

Mecánica articular

<sup>\*</sup> Ingeniero Mecánico. Profesor de expresión gráfica. Escuela de Ingeniería de Antioquia -EIA-pfjacal@eia.edu.co

<sup>\*\*</sup> Médico. Profesor de Fisiología, Facultad de ingeniería biomédica CES-EIA. pffermo@eia.edu.co

<sup>\*\*\*</sup> Estudiante de ingeniería de instrumentación y control. Politécnico Jaime Isaza Cadavid.

<sup>\*\*\*\*</sup> Estudiante sexto semestre de ingeniería Biomédica CES-EIA.

## **ABSTRACT**

*The rapid advances of the systems in 3D computer aided designs and manufacturing of numerical control, have revolutionized the graphical expression as tool of exception for the expression of the ingeniel abstract thought and guide of processes of manufactured. By means of the application of the technical drawing: assembled and in explosion, and later passed through CAD (Computer aided design) the prototype of a right hand is designed that includes the equivalent one to the joint of the carpus, soon to come manual manufacture and compared mechanical evaluation of the model, which fulfills 92% of the movements of the hand.*

## **KEY WORDS:**

*Graphical expression*

*Draft*

*Drawing*

*Geometry*

*CAD (Computer aided design)*

*Prototype*

*Manufactures*

*Layout*

*Mechanics to articulate*

La expresión gráfica constituye uno de los pasos primordiales en la fabricación de prototipos y por lo tanto una herramienta insustituible para el ingeniero sea cual fuere su área, puesto que se convierte en una abstracción múltiple, metalenguaje de la técnica, que se articula sobre las bases de la representación, permitiendo la interlocución clara con las personas que participan en un proceso y al mismo tiempo la homologación y normalización pertinentes que generan la interpretación de los gráficos trascendiendo las culturas. Es fundamental que las ideas de diseño se puedan comunicar, plasmar y reproducir de una manera adecuada.

La generación actual es visual por naturaleza, es importante por lo tanto que el hombre moderno aprenda a ver, procesar y expresar lo visto. Desde la órbita que nos ocupa es la geometría una herramienta mental que se ha aplicado para la solución de problemas técnicos y tecnológicos y esta disciplina ha sentado las bases desde tiempos remotos para un pensamiento lógico deductivo, imprescindible en la actividad mental y profesional del ingeniero.

La geometría forma al ingeniero dándole una educación de visión en el espacio, para lo cual se requiere aplicar la geometría métrica, proyectiva y descriptiva antes que la geometría analítica. El dibujo técnico establece las bases para la expresión y comunicación de la ingeniería, sus convencionalismos, técnicas y códigos y junto con la geometría son dos caras de una misma moneda.

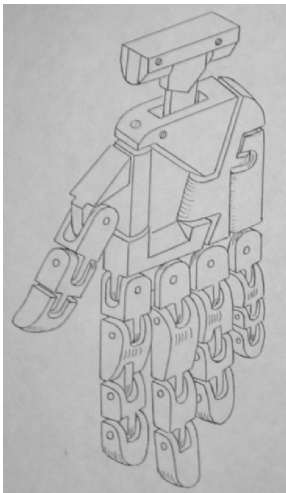
La ingeniería y el dibujo técnico han experimentado transformaciones significativas en los últimos diez años, gracias al uso del hardware y el software de CAD (dibujo asistido por computador). Si bien los conceptos no han cambiado, los campos de la ingeniería y el diseño gráfico se encuentran en una fase transicional, de las herramientas manuales a la computadora, y el énfasis en la instrucción debe ser de cambiar el dibujo y el lápiz por el modelado geométrico en 3-D asistido por ordenador. La aplicación de los elementos finitos y la simulación al diseño gráfico han hecho posible evaluar el funcionamiento mecánico generando una animación de la abstracción codificada, permitiendo adicionalmente introducir variables susceptibles de análisis comparativo, antes de iniciar la construcción un modelo.

La fabricación del prototipo puede hacerse de manera artesanal en talleres o por medio de maquinado de múltiples ejes, de control numérico asistido por computador. Estos prototipos estructurados se confeccionan inicialmente en material blando y posteriormente según la evaluación del tangible en material definitivo o realizarán las mejoras correspondientes, regresando nuevamente a las herramientas de diseño gráfico. El fin del proceso es obtener un prototipo técnicamente óptimo en un tiempo adecuado,

con mínimo desperdicio de material y reproducibilidad garantizada para mantener los estándares del producto. En todo caso el uso de modelado de sólidos para el desarrollo de un nuevo producto pasa por cinco fases: de iniciación (rápido bosquejado), de conceptualización (croquis a mano y CAD, modelación preliminar sin dimensión exacta), layout (congelado del concepto, modelos y dibujos exactos con referencia dimensional y datos de ingeniería), prototipo (creación de vistas ortográficas, auxiliares y sección de corte, color e instrucciones de fabricación) y la manufactura (desarrollo de herramientas y reproducción estándar en 3-D).

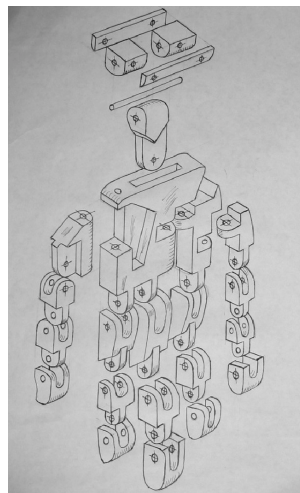
A partir del dibujo gráfico (ensamblado fig. 1 y de explosión fig. 2) y posteriormente la aplicación del AUTOCAD (ensamblado), se realiza el diseño de una mano derecha de contorno sólido para evaluar la mecánica articular, procedimiento indispensable en el desarrollo ulterior de una prótesis funcional desde la mimesis de los movimientos pasivos. El maquinado se efectúa de manera artesanal, sin embargo el desperdicio de material es poco debido a que desde la expresión gráfica se tenía una claridad teórica optimizando la relación construcción-desempeño del modelo.

**Figura 1**



**Diseño Ensamblado**

**Figura 2**



**Diseño Despiezado (Explosión)**

El material elegido por su costo y manejabilidad en el artesanado, fue madera de balso (Ochroma pyramidale), de secado al aire (12%), con una densidad de 0.17 gr/cm<sup>3</sup>, contracción porcentual normal volumétrica de 1.69 y contracción porcentual total de 3.0. En cuanto a propiedades mecánicas, posee un esfuerzo en el límite proporcional de 120.7 Kg/cm<sup>2</sup>, módulo de ruptura de 213.50 Kg/cm<sup>2</sup>, módulo de elasticidad de 43.70 Kg/cm<sup>2</sup>, compresión perpendicular y paralelas típicas, dureza en Kg lateral de 46.35 y extremos de 112.50, cizalladura promedio de 23.03 Kg/cm<sup>2</sup> y tenacidad de 0.53 Kg x m.

El artesanado se realiza con gubias, brocas, prensas, lijas, bisturí, destornillador, sierras manuales, pie de rey, taladro de banco, escuadra y transportador. Trabajando pieza por pieza y procediendo al ensamblaje de proximal a distal, con lo que se obtiene un modelo de dimensión real de mano derecha que incluye articulación de la muñeca. Muestra leve limitación del arco longitudinal hacia articulación del carpo, arcos trasversal proximal y distal poseen un suave aplanamiento radial terminal. Cumple el patrón de espiral equiangular o logarítmica con una apical de 36°, maniobras de oposición a partir de la posición cero completas; las maniobras de pinza palmar y lateral al 100% y la cubital al 62%. Presenta adecuada expresión consecutiva del trípode mecánico a las pruebas de tijera y lápiz, así como el patrón global de agarre, aunque por limitación en la abducción del pulgar esta se reduce ligeramente para agarre de precisión. La abducción aducción de los dedos están bien expresadas aunque hay limitación en la abducción del primer dedo en 12.5% de su movilidad normal. La flexo-extensión de la articulación del carpo, así como las flexiones cubital y radial son expresadas plenamente en el modelo. En conclusión y luego del análisis correspondiente, el prototipo cumple con un 92% ± 1% de la posibilidad mecánica articular y grados de libertad bajo movimiento pasivo.



**Rotación de pulgar**



**Oponencia V**



**Oponencia IV**



**Oponencia III**



**Oponencia II**



**Dorso mano**



**Pinza palmar**



**Pinza medial**



**Pinza lateral**



**Trípode dinámico 1**



**Trípode dinámico 2**



**Trípode dinámico 3**



**Flexión cubital**



**Posición central**



**Flexión radial**



**Posición de agarre**



**Visión de arcos longitudinal y transversales**



**Maniobra de precisión**



Despedida cara dorsal



Despedida cara palmar



Abducción de la mano

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical Basis of Human Movement. Philadelphia: William and Wilkins; 1995.
2. Bertoline Wiebe Millier Moler. Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica. 2ª Ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1999.
3. Pillers M. Using AME for New Product Development. CACENCE; 1993.
4. Taylor DL. Computer Aided Design. Reading, Mass. Adisson-Wedsley; 1992.
5. Anald V. Computer Graphics and Geometric Modelings for Engineers. New York: John Wiley; 1993.
6. Espinal T, Luis S. Árboles de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia: Medellín; 1986.

7. Brodie KW et al. Scientific Visualization: Techniques and Applicattions. Berlin: Springer-Verlag; 1992.
8. Stevenson WJ. Production/Operation Management. 4a Ed. Homewood IL, Richard D: Irwin, 1993.

## SITIOS DE LA WEB

1. Dirección del software Pro/ENGINEER de Parametric Tecnology  
<http://www.ptc.com/>
2. Dirección de AutoDesk, la compañía líder en el software del CAD  
<http://www.autodesk.com>
3. Dirección del software Solid Designer de Hewlett Packard  
<http://www.hp.com:80mdd/hx00htm>

