

**HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN PROCESOS  
DE INVESTIGACIÓN INGENIERIL**

**Compilador  
Astelio Silvera Sarmiento PhD©  
Grupo de investigación Derecho, Justicia  
y Estado Social de Derecho  
Corporación Universitaria Americana  
COL0088246**



#### **PRESIDENTE**

JAIME ENRIQUE MUÑOZ

#### **RECTORA NACIONAL**

ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

#### **VICERRECTORA ACADÉMICA**

MARIBEL MOLINA CORREA

#### **VICERRECTOR DE INVESTIGACIONES**

ASTELIO SILVERA SARMIENTO

#### **ASESOR DE PUBLICACIONES**

CARLOS F. MIRANDA MEDINA

#### **COMITÉ CIENTÍFICO**

##### **PARES EVALUADORES**

##### **PHD. LUIS FERNANDO GARCÉS GIRALDO**

DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA,  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

##### **MG. ANA CRISTINA ZUÑIGA ZAPATA**

DOCTORANDA EN DESENVOLVIMIENTO REGIONAL E INTEGRACIÓN ECONÓMICA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA,  
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN  
DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

##### **GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**

AGLAIA

(CATEGORÍA C - COL0081361)

DERECHO, JUSTICIA Y ESTADO SOCIAL DE DERECHO

(CATEGORÍA B - COL0088246)

TRANSFORMACIÓN EDUCATIVA Y SOCIAL - TES

(CATEGORÍA D - COL0151223)

GISELA

(CATEGORÍA B - COL0081379)

**HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN PROCESOS  
DE INVESTIGACIÓN INGENIERIL**

**Compilador  
Astelio Silvera Sarmiento PhD©  
Grupo de investigación Derecho, Justicia  
y Estado Social de Derecho  
Corporación Universitaria Americana  
COL0088246**

001.426 20  
C822

Corporación Universitaria Americana. (2016). Herramientas tecnológicas en procesos de investigación ingenieril. Astelio Silvera Sarmiento (Comp.). Barranquilla: Sello Editorial Coruniamericana. 2016. (Colección Libros Resultado de Investigación).

212 Páginas: 17 x 24 cm.  
ISBN: 978-958-59080-4-8

1. APLICACIONES DE INGENIERÍA - 2. ENSEÑANZA DE LA CIENCIA - 3. INVESTIGACIÓN - 4. CIENCIAS BÁSICAS.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA-CO /SPA /RDA

Corporación Universitaria Americana©  
Sello Editorial Coruniamericana©  
ISBN: 978-958-59080-4-8

## **HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN PROCESOS DE INVESTIGACIÓN INGENIERIL**

*Compiladores:*  
*Astelio Silvera Sarmiento©*

*Autores:*  
*Ana María Londoño López©, Dany Esteban Gallego Quiceno©*  
*Eliana María González González©, Gabriel Alfonso Pacheco Martínez©*  
*Harold Perez Olivera©, Iván Darío Lara Herrera©*  
*Jhennys Paola Becerra Ossa©, José Alexander Velásquez Ochoa©*  
*Juan Fernando Correa Watcher©, Liliana Patricia Restrepo©*  
*Luly Stephanie Ricardo Jiménez©, Margarita Rosa Miranda Villera©*  
*María Mónica Torres Lance©, Ricardo Alonso Colmenares Flórez©*  
*Ricardo Simancas Trujillo©, Roberto Morales Espinisa©, Víctor Higuera Ojito©*

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medios electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, u otra, sin la previa autorización por escrito de Sello Editorial Coruniamericana y del autor. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva del autor y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana y da cumplimiento al Depósito Legal según lo establecido en la Ley 44 de 1993, los Decretos 460 del 16 de Marzo de 1995, el 2150 de 1995, el 358 de 2000 y la Ley 1379 de 2010.

**Sello Editorial Coruniamericana**  
Cra. 53 No. 64-142  
selloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

**Diagramación**  
Beatriz Meza Gallego

### **Portada**

Barranquilla - Colombia  
1a edición, diciembre 2016

*Printed and made in Colombia*

## CONTENIDO

<b>Prólogo</b> .....	7
<b>Diseño para la manufactura y montaje en la industria agrícola: caso de estudio</b> .....	9
Gustavo Andrés Araque González, Fabián José Vera Vera, Norman Andres Serrano Forero, Yuleima Andrea Barrios	
<b>El PDI, procesamiento digital de imágenes en la seguridad e información</b> .....	43
Elkin Darío Aguirre Mesa, Roberto Porto Solano, Luis Fernando Echeverri Echeverri, Héctor Sahir Tabora Vargas, Andrés Porto Solano	
<b>Sistemas de manufactura flexibles aplicadas al sector de la confección</b> .....	61
Gustavo Andrés Araque González, Ricardo Simancas Trujillo, Yadira García García, Gabriel Jaime Rivera León, Andrés Porto Solano	
<b>Manufactura ágil</b> .....	81
Elkin Orlando Vélez, Andrés Porto Solano, Nathalia Andrea Jiménez Laverde, Alberto Echeverry Arroyave, Ricardo Simancas Trujillo	
<b>El tercero incluido: formas de decir, pensar, ser y padecer</b> .....	97
Elkin Darío Aguirre Mesa, David Alberto García Arango, Gustavo Andrés Araque González, Dany Esteban Gallego Quiceno, Astelio Silvera Sarmiento	

---

<b>La investigación para el mejoramiento de los procesos de aprendizaje en estudiantes de áreas de ciencias básicas de la Corporación Universitaria Americana .....</b>	<b>119</b>
Jorge Eliécer Villarreal Fernández, Sandra Milena Álvarez Arboleda, Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez, Lina María Gallego Ramírez, Jhon Jairo Rico Valencia	
<b>El desarrollo del pensamiento y la enseñanza de la geometría en educación superior. El caso del aula taller y el modelo de Van Hiele .....</b>	<b>145</b>
Jorge Eliécer Villarreal Fernández, Óscar Andrés Cuellar Rojas, Jairo Andrés Sastoque Zapata, Laura Estefany Bustamante Penagos, Dany Esteban Gallego Quiceno	
<b>La enseñanza de las matemáticas con TIC como propuesta para el mejoramiento de la motivación en el aula .....</b>	<b>169</b>
David Esteban Tabares Cano, Ernesto Zea Lengua, Oscar Andrés Hernández, Jorge Eliécer Villarreal Fernández, Carolyn Díaz García	
<b>El uso de las TIC en los libros de texto de matemáticas: una investigación documental.....</b>	<b>193</b>
Dany Esteban Gallego Quiceno, Sergio Andrés López Osorio, Oscar Andrés Cuellar Rojas, Laura Estefany Bustamante Penagos, Albert Corredor Gómez	

## **PRÓLOGO**

---

Interesante generar una obra o libro a partir de los trabajos realizados por docentes investigadores y estudiantes de la Corporación Universitaria Americana y que puedan servir como referente o antecedente para las investigaciones futuras no sólo del área de la ingeniería sino también en áreas como la logística, la producción, el diseño, la investigación y temas relacionados con la enseñanza. Los capítulos contenidos en esta obra ilustran trabajos de investigación realizados en diferentes tópicos en el área de la ingeniería, con información pertinente y con el objetivo de aportar o contribuir en las áreas de actuación específicas, apuntando siempre a los procesos de investigación en el área de la ingeniería. Actualmente la investigación ha sufrido cambios drásticos, principalmente en las herramientas o recursos didácticos y tecnológicos, que son usados por los profesores y alumnos en el acto de la educación y de la investigación. Estas herramientas, y en particular las tecnológicas, ofrecen una nueva forma tanto de dirigir clases, como en la forma de abordar un tema de investigación, dando la oportunidad de explotar al máximo un tema en específico, a través de las diferentes ventajas que ofrece la tecnología en la actualidad.

La sociedad cada día exige más de los perfiles de los actores participantes en la educación, principalmente de los docentes, demandando una mayor capacidad del tipo de herramientas tecnológicas e investigativas en beneficio de la educación, y por tanto un buen ejercicio pedagógico es el de inducir a los estudiantes o futuros profesionales en el uso, desarrollo y mejoramiento de dichas herramientas, pues finalmente es la forma continuada de asegurar los relevos generacionales en las distintas áreas del conocimiento.

Por tanto, trabajos de este tipo son un aporte inmensamente enriquecedor para

los lectores de la obra, en donde se pueden observar nueve capítulos inéditos, en donde el aporte central es el uso de las herramientas tecnológicas en procesos de investigación ingenieril, mostrando así que el objetivo de la educación a través de su evolución científica y tecnológica es principalmente formar individuos, que podrán desarrollarse en un sistema de competencias que les permita responder a las exigencias del medio actual en las diferentes áreas del conocimiento.

**PhD. Diego Fernando Montaña Montoya**

Doctor en Química

Docente de la Universidad de Antioquia

## **DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y MONTAJE EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA: CASO DE ESTUDIO\***

---

***GUSTAVO ANDRÉS ARAQUE GONZÁLEZ<sup>1</sup>***

***FABIÁN JOSÉ VERA VERA<sup>2</sup>***

***NORMAN ANDRES SERRANO FORERO<sup>3</sup>***

***YULEIMA ANDREA BARRIOS<sup>4</sup>***

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación: Implementación de un modelo de diseño de configuración para fabricación y montaje de la línea de producción en pymes con enfoque en manufactura concurrente. Realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana en el año 2016.

1 Magister en Ingeniería de Producción, Pontificia Universidad Católica De Rio De Janeiro, Brasil. Especialista en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Especialización en Ingeniería Industrial, Servicio Nacional De Aprendizaje. Sede Bucaramanga. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [garaque@coruniamericana.edu.co](mailto:garaque@coruniamericana.edu.co)

2 Especialista en Gerencia de la producción y operaciones. Ingeniero en producción agroindustrial. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [fvera@americana.edu.co](mailto:fvera@americana.edu.co)

3 Ingeniero químico. Especialista en pedagogía. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [nserrano@americana.edu.co](mailto:nserrano@americana.edu.co)

4 Estudiante de tercer semestre del Programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Americana. [yulemabarrios86@gmail.com](mailto:yulemabarrios86@gmail.com)

**RESUMEN**

Uno de los factores que ha influenciado la dinámica de los procesos de producción en las organizaciones ha sido el nacimiento de nuevos tipos de comportamientos del consumidor final. Exigencias mayores, versatilidad de productos, innovación, tiempos de entrega menores entre otros factores se presentan como exigencias principales que los clientes buscan en los artículos que desean adquirir. Para solucionar lo anteriormente planteado, las empresas desarrollan nuevas e innovadoras estrategias en el atendimento de los requerimientos mencionados. En el presente artículo se presenta una de las estrategias que ha evolucionado los conceptos de producción, configuración de planta y diseño de productos y montaje, siendo esta los Diseños para la Manufactura y Ensamble (DFMA), en donde se integran las concepciones, directrices, procedimientos y desarrollo de los Diseños para la manufactura (DFM) y el Diseño para el Ensamble (DFA). Se presenta un ejemplo de caso de estudio en donde se plantea una propuesta CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) como solución en la planeación, diseño, configuración, experimentos, análisis y búsqueda de la solución óptima de Diseño DFMA para el sector agrícola. Los resultados evidencian la gestión de procesos sustentables y minimización de tiempos y costos relacionados.

**Palabras clave:** Diseño para manufactura y ensamble (DFMA), diseño para manufactura (DFM), diseño para ensamble (DFA), diseño DFMA para el sector agrícola, montaje industrial, tiempos y costos.

**DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY: CASE STUDY****ABSTRACT**

One factor that has influenced the dynamics of production processes in organizations has been the emergence of new types of behavior of the consumer. Higher demands, product versatility, innovation, delivery times shorter among other factors essential requirements are presented as customers look for the items they want to purchase. To solve the above stated, companies develop new and innovative strategies in the attendance of the above requirements. In this article presents one of the strategies that has evolved concepts of production, plant configuration, product design and assembly, this being Designs for Manufacturing and Assembly (DFMA), where the views are integrated guidelines, procedures and development of designs for manufacturing (DFM) and Design for Assembly (DFA). An example of a case study where a proposal CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) as a solution in the planning, design, configuration, experiments, analysis and search for the optimal solution design DFMA for the agricultural sector arises presented. The results demonstrate the sustainable management processes and minimizing time and related costs.

**Key words:**

## INTRODUCCIÓN

Nuevos e innovadores comportamientos de producción han surgido a través del tiempo como solución ante los cambios en las técnicas, tecnologías y desarrollo de procesos de producción. Inicialmente, los departamentos de diseño y producción funcionaban y pensaban bajo la responsabilidad de un único implicado, el ingeniero de la empresa, persona que era responsable de la planeación, ejecución y control de todas las actividades relacionadas dentro de los departamentos. En la medida en que el comportamiento de la demanda de clientes aumentó y a su vez las exigencias en calidad, tiempo y diseño de productos, los procesos productivos incrementaron sus capacidades de producción y se convirtieron en procesos rígidos, robustos y complejos en las organizaciones, generando como resultado que el gerenciamiento del número de actividades y procesos de los departamentos pasara de ser una actividad controlada a transformarse en un desafío organizacional.

Así pues, fue necesaria la abertura de nuevos tipos de pensamiento ingenieril a partir del intercambio e integración de la información entre los departamentos de diseño y producción. Una de las filosofías desarrolladas y adoptadas en las organizaciones fue la congruencia de pensamiento entre el diseño de productos y la configuración de las líneas de producción para su respectiva ejecución en la fabricación. Lo anterior implicó que, a partir del diseño y desarrollo de nuevos productos, los procesos productivos eran configurados en planta para atender las exigencias que implicaban dimensiones, tolerancias, materiales y acabados necesarios en su fabricación.

Esta configuración de fabricación a partir del diseño del producto ha permitido transformar las materias primas en productos terminados, siendo éste el objetivo inicial de los procesos de producción. Sin embargo, el reto mayor en la gestión de configuración de planta es la sustentabilidad de procesos, optimización de materia prima y recursos físicos (maquinaria y equipo, Mano de Obra, etc.), la disminución de costos y gastos organizacionales en las operaciones logísticas y de producción.

Para hacer efectivos los requerimientos anteriores, es necesario el desarrollo de

procedimientos sistemáticos en la maximización de uso de procesos productivos en el diseño de componentes y diseño para el montaje (DFA). Lo anteriormente planteado es conocido como el Diseño para Manufactura (DFM) (Edwards, 2002).

Los diseños para la manufactura son responsables por utilizar técnicas en la cual involucran el uso de tecnologías de información y desarrollo de software en la aplicación de diseños y configuración de planta en sector de producción Industrial (Prakash, 2014). Para hacer efectiva la integración de los diseños de manufactura (DFM) en el diseño de componentes y montaje (DFA) es necesario, al igual que la filosofía de congruencia de pensamiento de diseño y producción, la integración e interrelación de los diseños anteriormente mencionados. Esta estrategia se conoce en la actualidad como el Diseño para la Manufactura y Montaje (DFMA).

Una de las aplicaciones principales y necesarias en la actualidad de Diseño para la Manufactura y Montaje se hace presente en las pequeñas y medianas empresas (Pymes), en donde la informalidad y falta de estructuración y formalización de los procesos productivos ha disminuido, en cierta medida, la cobertura y requerimientos de la demanda y a su vez ha limitado la apertura de nuevas negociaciones nacionales e internacionales. La integración de todos los procesos internos desde el diseño hasta la manufactura y ensamble final por intermedio del diseño DFMA permitirá controlar tiempos y costos en los errores de rediseño, configuración en fabricación y montaje con el uso de equipos de trabajo con conocimientos y experiencias (diseñadores mecánicos, ingenieros industriales, de producción, eléctricos, etc.) que los facultan para resolver problemas en los sistemas productivos de las empresas (Dekker, 1991)

Como medida de solución en la gestión estratégica de diseños de configuración de planta, el presente artículo busca desarrollar los principales conceptos de diseño para la manufactura y montaje (DFMA) en un ejemplo de caso de estudio en el sector agrícola, en búsqueda de una estructuración y formalización optima de los procesos productivos de este sector industrial. Conceptos relacionados con el Diseño para la manufactura (*Design for Manufacturing*), Diseño para el montaje (*Design*

*for Assembly*), Diseño para la Manufactura y Montaje (*Design for manufacturing and Assembly*) serán estudiados en busca de la construcción de conocimiento y generación de estrategias en el modelamiento de diseños de configuración de planta óptimos. De esta forma, DFMA se presenta como una alternativa en la solución de la dinámica cambiante de producción, adaptándose a las necesidades y comportamiento de la demanda y buscando el compromiso y gestión de materiales y procesos productivos internos.

### **EL DISEÑO PARA LA MANUFACTURA (*DESIGN FOR MANUFACTURING*)**

De acuerdo con Poli (2001), la palabra manufactura ha sido definida a través de la historia desde diferentes perspectivas de pensamiento. Una de estas concepciones es el “Grande-M de manufactura”, conocido como el conjunto de procesos y actividades integradas en la realización de los productos/servicios. En esta etapa, se parte del concepto de manufactura como un sistema integral que inicia en el departamento de ventas y abarca las áreas de diseño, mercadeo, producción, transporte etc. Un segundo enfoque es el denominado “Pequeño M-Manufactura”, en donde se concibe el proceso de manufactura como un proceso de producción en planta. Este concepto sustenta su teoría desde el punto de vista de “proceso”, acción de transformar la materia prima en productos terminados. En el enfoque de los Diseños para la Manufactura será considerada la concepción asociada al “Pequeño M-Manufactura”, asociando el desarrollo de diseño y desarrollo de productos/servicios en la configuración interna de planta para su realización, conocido como el Diseño para la manufactura (Álvarez, Serna, Villada, y López, 2012).

Para conseguir el desarrollo y procesamiento de productos se plantean una serie de etapas hasta la consecución del Diseño de producto, representado en la Figura 1. Durante este proceso, es necesario plantear como etapa inicial las necesidades y requerimientos de los clientes, conocida como la **“concepción de la idea”**. Esta fase parte de un pensamiento inicial, en donde los clientes comunican a las organizaciones el “cómo” desean obtener el producto final. A su vez, estas informaciones son tomadas por los responsables de las empresas (Ingenieros, diseñadores, administradores, gerentes, etc.) y son transformadas en esquemas iniciales dentro de los

cuales se plasma por medio de gráficos las especificaciones iniciales de producto; esta transformación de ideas en gráficos es conocida como la etapa de **“diseño inicial de producto”**.



Figura 1. Concepción, desarrollo y transformación de la idea en un diseño de ingeniería  
Fuente: Adaptado de Poli (2001)

Una vez obtenidos los diseños de producto iniciales, a continuación se presenta la etapa de **“Evaluación de Ingeniería”**. Durante este proceso se realizan una serie de reuniones, conferencias e investigaciones en donde se estudia el estado actual del diseño y se establecen medidas de mejoramiento del mismo. En esta parte se hace uso de conocimientos ingenieriles asociados a conceptos de desarrollo del producto, como lo son por ejemplo la Ingeniería de ciclo de vida del producto, Ingeniería de valor del producto, modularidad, diseño robusto, desarrollo de producto, etc. con el fin de definir las directrices, procedimientos y presupuesto necesarios para la elaboración del producto/servicio.

La etapa a seguir es el **“Análisis”** de los resultados obtenidos. Una vez finalizados y presentados los posibles diseños del producto, se realizan pruebas in-situ con respecto a los procesos necesarios y elaboración del producto final. Durante esta etapa se definen los criterios necesarios para la elaboración y elección del diseño óptimo a ser utilizado en la línea de producción. Factores como sustentabilidad, optimización de materia prima, recursos físicos, humanos, minimización de tiempos, costos

y gastos organizacionales son analizados en consecución no solamente de un producto óptimo, sino también de un sistema integral de producción en la fabricación de productos/servicios.

Con los factores de análisis definidos y realización de pruebas de campo, el paso a seguir es la elaboración del *“Diseño de Ingeniería”*. En esta fase final se entra a definir cuatro elementos principales para la ejecución del producto: Las *“dimensiones”*, que son las medidas o propiedades métricas del producto. La *“tolerancia”* es definida como el intervalo permitido entre la medida máxima y mínima del diseño del producto. Los *“materiales”* son los insumos o materia prima necesaria para realizar el producto. Finalmente, se establece los *“acabados”* del diseño, los cuales son las características adecuadas de producción.

En la obtención de productos/servicios requeridos por los clientes, es indispensable realizar una debida planeación, configuración y control de los procesos productivos involucrados en la etapa de fabricación. Esta etapa es conocida como el Diseño para la Manufactura (DFM), el cual es definido como un pensamiento, filosofía o mentalidad de diseño de producción orientado a producir piezas y productos con mayor facilidad y de forma económica, en la que la manufactura de entrada es utilizada en las primeras fases de diseño de producto (Ulrich, Sartorius, Pearson, & Jakiela, 1991). En los diseños DFM la integración, sincronización y congruencia de los procesos productivos dentro de una organización juega un papel fundamental en la obtención de una línea producción sustentable y viablemente factible para obtener los productos/servicios deseados. Para conseguir lo anteriormente planteado, Da Silva, G., Giasolli, R., & Cunningham, S. (2002) establecen que son necesarias tres etapas principales:

### **Cambios Organizacionales**

Desde el punto de vista estratégico, la distribución física y localización de los departamentos de la organización juegan un papel fundamental en el éxito de la implementación del diseño DFM. En esta fase es necesario analizar los flujos de información y gráficos de relaciones entre los departamentos para realizar las respectivas

modificaciones formales o informales internas. Los departamentos de diseño e ingeniería deberían estar en constante interacción e intercambio de conocimiento en el desarrollo del producto a través de personal capacitado (Diseñadores, ingenieros, especialistas técnicos, trabajadores de empaque y otras especialidades) en los trabajos específicos de cada proceso productivo.

### Directrices de Diseños Sistemáticos

La adopción de una filosofía enfocada en el diseño DFM dentro de las empresas requiere de una serie de principios para el éxito en su consecución, los cuales son:

- a) *Desarrollo de diseños modulares*: cuando el desarrollo de productos implica la integración o unión de varios componentes, estamos hablando de desarrollo de diseño modular. Este tipo de diseño se caracteriza por representar el producto final por medio de una vista “explosionada”, en donde se observan los diferentes “módulos” o componentes internos del sistema. Un ejemplo claro es el diseño modular de un computador, como se puede apreciar en la Figura 2:

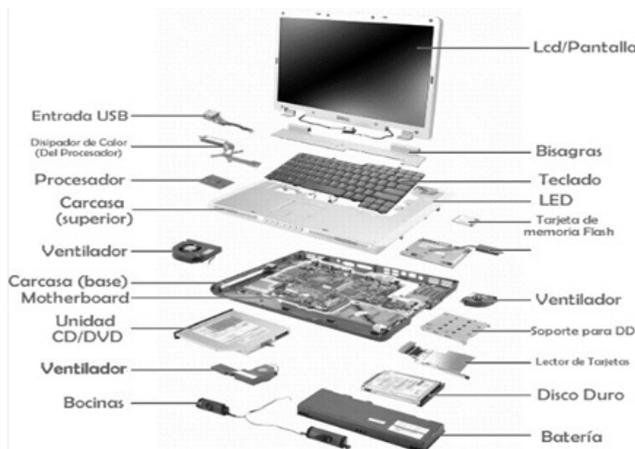
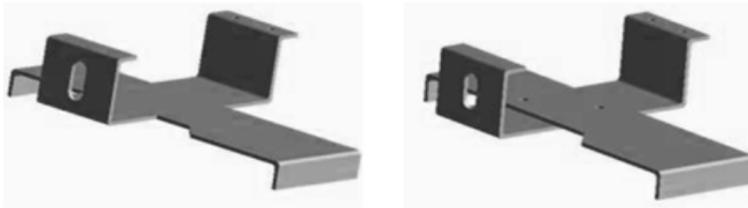


Figura 2. Pieza de componente simple y de dos componentes (subensamble)

Fuente: Boothroyd, Dewhurst & Knight, 1991

- b) *Minimizar el número de componentes*: en esta fase se aplican y están relacionados los principios de ingeniería de valor, en donde se busca reducir el número

de piezas que componen un producto, conservando la característica de “funcionalidad” del mismo, generando como resultado una minimización de los costos y tiempos de producción. Un ejemplo claro es la fabricación de una pieza de dos componentes (Figura 3b) y rediseño de fabricación para la elaboración de una pieza de componente simple (Figura 3a):



a) Pieza de componente simple

b) Pieza de dos componentes (subensamblable)

Figura 3. Pieza de componente simple y de dos componentes (subensamblable)

Fuente: Adaptado de Boothroyd, Dewhurst & Knight (1991)

- c) *Diseño de partes Multi-uso*: en una empresa de producción, los productos pueden caracterizarse por estar compuestos de piezas diseñadas para múltiples usos (similares o diferentes). Un ejemplo claro se presenta en las piezas compradas en una organización (partes que se utilizan de manera similar) y partes que son ensambladas dentro de los procesos internos de la fábrica (partes que se utilizan de manera diferente). El objetivo de ejecutar esta categorización de piezas de uso similar y diferente es conseguir una configuración de familias de piezas que permita estandarizar los procesos de producción de planta (Chang, Richard, & Richard, 1998)
- d) *Uso de componentes Estándar*: la fabricación de piezas estándar se presenta como una estrategia de competitividad de tiempos y costos dentro de los procesos productivos. Esto permite que los procesos productivos trabajen a un ritmo superior y cumplan con las exigencias, tiempos y especificaciones de los productos. Un ejemplo claro se puede apreciar en la figura 5, en donde el resorte estándar (Figura 4a) se presenta como una oportunidad de estandarización de los procesos internos de una organización si es comparado con el diseño de un resorte a la medida (Figura 4b):



Figura 4. Resorte estándar y a la medida

Fuente: Adaptado de Boothroyd, Dewhurst & Knight (1991)

- e) *Diseño con enfoque en manufactura fácil*: uno de los enfoques comúnmente encontrados en esta categoría es la “logística inversa”. Ella busca principalmente maximizar la reutilización de materia prima y/o recuperación de componentes descartados. De acuerdo con Chang, Richard, & Richard (1998), una óptima selección y recuperación de materiales permitirá reducir costos de producción y a su vez generar una secuencia continua en el flujo de producción. Actividades como por ejemplo acabados en los productos o tolerancias de producción excesivas se presentan como desperdicio para esta categorización.

### **Metodología de Diseños Asistidos por Computadora (CAD)**

El Diseño Asistido por Computadora CAD (*Computer- Aided Design*) utiliza herramientas informáticas para diseñar productos y procesos y a su vez preparar su documentación de ingeniería en forma interactiva. Los programas CAD hacen posible que los diseñadores usen dibujos tridimensionales para ahorrar tiempo y dinero al acortar los ciclos de desarrollo para casi todos los productos. Estos sistemas permiten manipular, analizar y modificar los diseños complejos y hacen posible la revisión de numerosas alternativas antes de tomar una decisión final.

### **EL DISEÑO PARA EL ENSAMBLE/MONTAJE (*DESIGN FOR ASSEMBLY*)**

El Diseño para el Ensamble (DFA) es una filosofía de diseño enfocada en realizar una estructura de montaje de planta con el objetivo de reducir costos de un producto y aumentar la simplicidad, confiabilidad, calidad y servicio del producto final (Kim

& Bekey, 2007). Un primer paso para realizar lo anterior es analizar el diseño del producto y reducir el número de partes que constituyen el producto, asegurándose que este número de partes sea fácilmente ensamblables. Este tipo de diseños DFA es utilizado principalmente en productos durables, subensambles de productos y ocasionalmente, en productos de consumo.

Los procesos DFA permiten realizar un análisis de costos asociados a los procesos de producción, como por ejemplo el costo de mano de obra, equipamiento y material por unidad de producción; además, permite calcular el “índice de eficiencia”, conocido como la medida de facilidad de montaje de un producto. De acuerdo con Tatikonda (2005), puede deducirse que, productos fuera de técnicas de diseño DFA pueden alcanzar índices de eficiencia de 20%, mientras que los productos que fueron sometidos al análisis e implementación de DFA consiguieron valores de eficiencia de hasta 70%.

Un ejemplo claro de análisis de costos en el diseño para el montaje se muestra en la Figura 5. En esta figura se representa un diseño inicial de un registrador de presión de la empresa Ford. Esta pieza es un dispositivo electro-mecánico comúnmente utilizada en registros o mediciones de presión de gasolina en los automóviles. En su configuración inicial, él está compuesto de los siguientes elementos: (1) *Pressure Regulator* (Regulador de presión); (2) *Tube Assembly* (Tubo de ensamble); (3) *Adaptor Nut* (Adaptador de tuerca); (4) *Sensor* (Sensor); (5) *Nut 20x3* (Tuerca de 20x3); (6) *Strap* (Correa); (7) *Screw* (Tornillo); (8) *Earth Lead* (Plomo en Tierra); (9) *Connector* (Conector); (10) *Printed Circuit Board Assembly* (Ensamble de la placa de circuito impreso); (11) *Metal Frame* (Marco de Metal); (12) *Plastic cover* (Cubierta plástica); (13) *Knob* (Nudo). Como se puede observar, el regulador de presión está compuesto de 13 componentes principales necesarios para su producción inicial; el hecho de presentar un diseño modular con una grande variedad de componentes podría dificultar de cierta forma la sustentabilidad de procesos productivos y a su vez incrementar tiempos de ciclo, costos de material y recursos humanos.

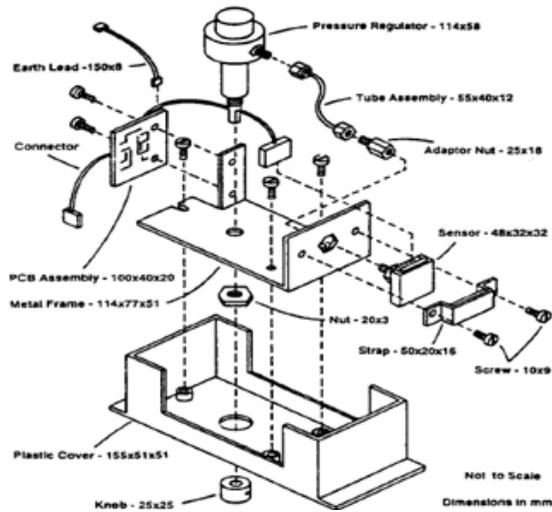


Figura 5. Diseño inicial para un registrador de presión –Compañía Ford  
Fuente: Tatikonda, 2005

Como medida de solución, se plantea para el presente ejemplo realizar un análisis de costos e implementar el proceso de Diseño para el montaje (DFA) que permita minimizar los costos asociados y generar un diseño simple para la configuración del montaje de los procesos productivos. Como etapa inicial, se realizó una hoja de ruta, en la cual se especificaron los procedimientos y pasos necesarios para realizar el producto mencionado, como se puede observar en la Tabla 1. En esta etapa, fueron adicionados 7 pasos necesarios y adicionales a las 13 actividades de ensamble de los elementos existentes: 4) *Reorient-turn over* (Reorientar, girar); 11) *Fasten 2nd tube nut* (Sujetar 2da tuerca de tubo); 14) *Screw* (ensamble de tornillo); 15) *Turn assembly over* (giro sobre montaje); 18) *Tighten set screw* (apriete de tornillo de fijación); 19) *Turn assembly over* (giro de montaje sobre); 20) *Screw* (ensamble de tornillo Adicional).

En la tabla 1. Es analizada la hoja de cálculo del Diseño para el Montaje del registrador de presión. Se realiza la medición de tres variables principales para las 20 actividades necesarias en la producción: C7, Tiempo de operación (*Operation time -TM*); C8, costo de operación (*Manufacturing Cost-MC*) y C9, Parte Teórica Mínima (*Theoretical Part Minimum -NM*).

Tabla 1. Hoja de cálculo del Diseño para el Montaje -DFA de registrador de Presión

Hoja de cálculo del Diseño para el Montaje -DFA									
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
N° Parte	N° de veces que la operación es llevada fuera consecutivamente	Código de Manipulación manual	Manejo Manual tiempo por parte	Código de inserción manual	Tiempo de inserción manual por parte	Tiempo de operación C2(C4+C6)	Costo de Operación 0,4 (C7)	Estimación de mínimo teórico de partes	Actividad
1	1	30	1,95	0	1,5	3,5	1,4	1	Regulador de presión
2	1	30	1,95	6	5,5	7,5	3	1	Marco de metal
3	1	0	1,13	39	8	9,1	3,6	0	Tuerca
4	1	-	-	98	9	9	3,6	-	Reorientar/girar
5	1	30	1,95	8	6,5	8,5	3,4	1	Sensor
6	1	20	1,80	8	6,5	8,3	3,3	0	Correa
7	2	11	1,80	39	8	19,6	7,8	0	Tornillo
8	1	-	-	99	12	12	4,8	-	Aplique de cinta de PTFE
9	1	10	1,50	49	10,5	12	4,8	0	Adaptador de tuerca
10	1	91	3,00	10	4	7	2,8	0	Conjunto de tubo
11	1	-	-	92	5,0	5	2	-	Sujetar 2da tuerca de tubo
12	1	83	5,60	31	5,0	10,6	4,2	0	Cable a tierra
13	1	83	5,60	8	6,5	12,1	4,8	1	Montaje de PCB
14	2	11	1,80	39	8,0	19,6	7,8	0	ensamble de tornillo
15	1	-	-	98	9,0	9	3,6	-	giro sobre montaje
16	1	30	1,95	8	6,5	8,5	3,4	0	Plástico sobre
17	1	30	1,95	8	6,5	8,5	3,4	1	Nudo
18	1	-	-	92	5,0	5	2	-	Apretar el tornillo de fijación
19	1	-	-	98	9,0	9	3,6	-	Giro de montaje sobre
20	3	11	1,80	59	12,0	41,4	16,6	0	ensamble de tornillo Adicional
						225,2	89,9	5	
						TM	CM	NM	

Fuente: Adaptado de Tatikonda (2005)

El tiempo de ensamble total-TM se realiza a partir de estudios de tiempos y movimientos necesarios en cada una de las actividades (Por ejemplo, en el caso de la actividad 1, el tiempo y movimientos necesarios para orientar la pieza, tiempos de inserción, etc.); en el caso de la variable de costo de manufactura-CM, fueron considerados los costos asociados a cada una de las actividad a ser ejecutadas, considerando desde el costo de materiales hasta el costo logístico implicado en

actividades de trabajadores, maquinaria, equipo, etc.). Finalmente, la parte teórica mínima –NM, fue analizada utilizando algoritmos simples asociados a sistemas informáticos utilizando como medio un software específico. Una vez realizado lo anterior, el equipo de Ingeniería ejecuta reuniones periódicas con el objetivo de realizar un rediseño y hallar soluciones alternativas e innovadoras al diseño actual, siguiendo a su vez las siguientes directrices:

- Revisión de lista de partes y procesos actuales de montaje
- Asignación de equipos para el análisis de ensambles de sección particular y la formación de dos equipos de ingeniería mirando cada sección y realizando propuestas innovadoras de unión y montaje de piezas basadas en simplicidad.
- Análisis del diseño inicial
- Análisis de las propuestas de rediseño futuras
- Comparación entre la propuesta inicial vs propuesta de rediseño

Una vez implementado lo anterior, se llegó a la conclusión de un Rediseño de Ingeniería, basado en la parte teórica mínima para el diseño de la pieza, la cual es presentada en la Figura 6:

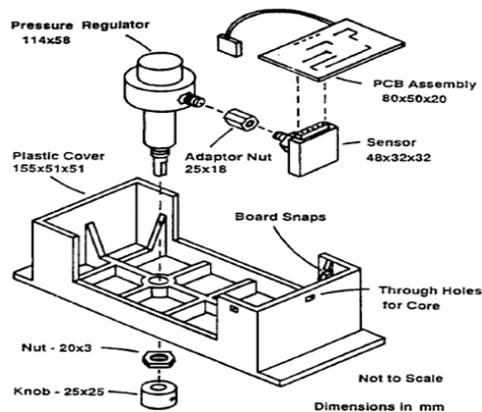


Figura 6. Rediseño para un registrador de presión –Compañía Ford

Fuente: Tatikonda, 2005

Si se analizan las figura 5 y 6, podemos concluir lo siguiente: se realizó una mejoría en el diseño de agujeros adicionales, pasando de diseños iniciales que demandaban

gran cantidad de tornillos y tuercas a un diseño enfocado en montajes totales de partes. Se realiza una mejoría en la combinación de partes, como por ejemplo, en el rediseño de la figura 6 es construido un esqueleto de plástico en la cubierta de plástico (*Plastic Cover*), la cual combina la pieza del diseño de la figura 5 conocido como marco de metal (*Metal Frame*) y la adhiere a la cubierta de plástico inicial. Finalmente, se puede observar una mejoría de fabricación en un rediseño ejecutado verticalmente (De arriba para abajo) comparado con el diseño inicial del registrador de presión, el cual es diseñado horizontalmente. De acuerdo con el análisis anterior, se puede evidenciar el trabajo que se realiza en las organizaciones para gestionar los procesos productivos y enfocarlos en un mejoramiento continuo de carácter flexible (fácilmente reconfigurable) en el ajuste de la línea de producción de las empresas.

### **EL DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y ENSAMBLE (*DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY*)**

Lewis (2006) define el Diseño para la Manufactura y Ensamble (DFMA) como la integración del Diseño para el Ensamble (DFA) y el Diseño para la Manufactura (DFM) en la búsqueda y solución de problemas relacionados con la fabricación y ensamble de productos y gestión de los mismos desde una etapa temprana de diseño. En un aspecto general, los diseños DFA se enfocan en los costos relacionados con la mano de obra necesaria para realizar el producto.

El diseño para la manufactura (DFM) se relaciona con las herramientas y materiales necesarios en el procesamiento de los diseños para un nuevo producto por medio de una revisión “explosionada” de los componentes y búsqueda de elaboración de diseños simples donde se pueda reemplazar, mejorar o eliminar piezas relacionadas. Como consecuencia, el equipo de trabajo establece propuestas de carácter económico antes de que se inicie la implementación del nuevo diseño de producto. Además de las múltiples iniciativas por minimizar los costos relacionados al producto (costos de ensamble, piezas, procesos de montaje, etc.), el Diseño para la Manufactura y Ensamble (DFMA) busca optimizar aspectos de servicio, confiabilidad y calidad del producto final.

Los diseños DFMA requieren de ciertos estudios e investigaciones que permitan obtener la información acerca del comportamiento del cliente. Conocer las necesidades y requisitos en relación a los productos que las organizaciones pretenden desarrollar permite tener una visión holística de producción y mejorar la planeación, control y ejecución de los procesos de producción. Una de las herramientas que gestiona el conocimiento de las necesidades del cliente y el estado de producción actual en la transformación de esas necesidades es conocida como la casa de la calidad- despliegue de la función de calidad. Un ejemplo claro es presentado en la Figura 7:

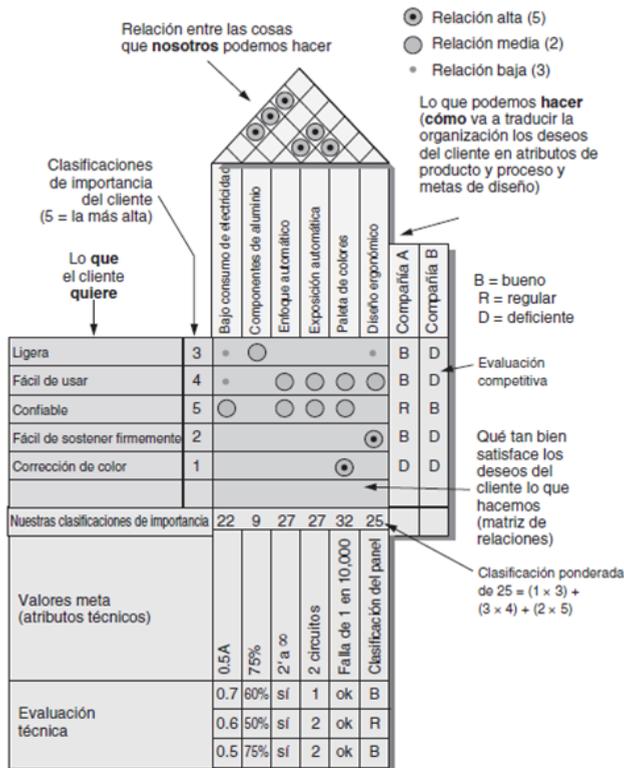


Figura 7. Ejemplo de Casa de Calidad-Despliegue de la función de Calidad  
Fuente: Heizer & Render, 2009

La casa de calidad se presenta como una herramienta que permite conocer las necesidades de los clientes y establecer una relación con el estado actual de los pro-

cesos de producción de la empresa en el atendimento de dichas necesidades. Para crear la casa de calidad es importante el desarrollo de 4 láminas principales.

Un ejemplo claro se puede observar en la Figura 7, en donde se presenta un caso aplicado para una empresa que desea producir cámaras fotográficas. La **primera lámina de calidad** define, por medio de estudios (entrevistas, encuestas, etc.) las 5 principales necesidades que el cliente quiere ver en el producto (ligero, fácil de usar, confiable, fácil de sostener firmemente, corrección de color) y se establece una categoría de importancia para estas necesidades, siendo 1 el menos representativo y 5 el mayor valor de representación.

A seguir, se definen los principales atributos del “cómo” la empresa puede trabajar para cumplir con esas necesidades del cliente, desde el punto de vista funcional de los procesos productivos de la organización y desarrollo de estas necesidades, conocidos como los “atributos” (Bajo consumo de electricidad, componentes de aluminio, enfoque automático, exposición automática, paleta de colores, diseño ergonómico).

La **segunda lámina de calidad** mide tres factores principales: Primero la medida de relación que existe dentro de la organización entre los atributos (relación alta: 5; relación media: 3; relación baja: 1). Segundo se evalúa la relación que existe entre las necesidades del cliente y el grado en que se pueden cumplir desde el punto de vista funcional de los procesos productivos de las organizaciones, también conocida como la “matriz de relaciones”. El tercer factor de medición es la “clasificación de importancia”, en donde se multiplica el nivel de importancia de cada uno de los requerimientos del cliente con la clasificación dada en la segunda medición.

En la elaboración de la **tercera lámina de calidad**, se realiza un benchmarking o punto de referenciación. Se analiza cómo están los atributos internos organizacionales para el desarrollo de las necesidades de los clientes y se evalúa (bueno, regular, deficiente) uno a uno los atributos que pueden ofrecer los principales competidores del sector.

El desarrollo de la **cuarta lámina de calidad** permite medir dos variables principales: Primero es el “valor meta”, el cual indica dentro de la organización el objetivo final o hacia donde se quiere llegar la empresa en el desarrollo de cada atributo. El segundo factor es la evaluación técnica, en donde se establece un benchmarking para los atributos de la organización y su capacidad de cumplimiento con respecto a sus competidores.

Una vez definidas las necesidades del cliente, es importante determinar el periodo necesario para el desarrollo del diseño inicial en la gestión de tiempos y costos relacionados con la realización del producto/servicio y la estrategia en la configuración de planta para producirlo. “Un análisis del diseño desde una etapa temprana mejora las condiciones de desarrollo del producto en cuanto a aspectos financieros, funcionales y de calidad siempre que es comparado con un escenario de rediseño de producto”. (Xie, 2002). Adicionalmente, permite a los diseñadores de las organizaciones entender desde un punto de vista funcional y conceptual cuales de las diferentes piezas que componen el producto presentan un carácter potencial de mejoramiento para futuras etapas y desafíos de fabricación.

El punto a seguir en el desarrollo del Diseño para la Manufactura y Ensamble (DFMA) es la inmersión y adherencia de la filosofía en la organización. Es importante que las empresas entiendan que este tipo de diseño representa un cambio de actitud organizacional sobre el “qué hacer “del día a día y las actividades desarrolladas en cada una de las labores de sus trabajadores. El diseño DFMA debe ser entendido como una filosofía de mejoramiento interno, tanto del producto que va a ser fabricado como la adaptación de los procesos necesarios para ejecutarlo. La etapa inicial de adherencia e introducción en las organizaciones puede resultar difícil, pero una vez es arraigada se convierte casi en un proceso interno automático, en donde surgen preguntas acerca del proceso de ensamble y directrices que se han adoptado. A partir del nacimiento de los cuestionamientos, se establece una etapa de aceptación de la nueva filosofía en donde se inicia el desarrollo del diseño DFMA.

Una vez obtenidos los diseños de producto iniciales, a continuación se presenta la

etapa de “Evaluación de Ingeniería”. Durante este proceso se realizan una serie de reuniones, conferencias e investigaciones en donde se estudia el estado actual del diseño y se establecen medidas de mejoramiento del mismo. En esta parte se hace uso de conocimientos ingenieriles asociados a conceptos de desarrollo del producto, como lo son por ejemplo la Ingeniería de ciclo de vida del producto, Ingeniería de valor del producto, modularidad, diseño robusto, desarrollo de producto, etc. con el fin de definir las directrices, procedimientos y presupuesto necesarios para la elaboración del producto/servicio.

### **DIRECTRICES DEL DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y ENSAMBLE (*GUIDELINES FOR DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY*)**

El Diseño para la Manufactura y Ensamble (DFMA) trabaja bajo el planteamiento de dos tipos de directrices principales: La primera es la **manufactura de componentes**, en donde la gestión está apoyada en crear diseños de procesos con formas de carácter útil y simple. Los procesos implicados en esta etapa envuelven la respectiva revisión de materiales y personal asociado para el desarrollo de las actividades y los costos asociados en su implementación en planta. La segunda es el **ensamble**, el cual está asociado al montaje de un producto y la configuración de procesos para ejecutarlo.

El ensamble de componentes puede implicar una parte significativa del costo de manufactura de un producto, en especial cuando grandes cantidades de componentes están involucrados. A partir de los dos conceptos anteriores, Chang, Richard, & Richard (1998) define las directrices para el Diseño para la Manufactura (DFM) y Diseño para el Ensamble (DFA), las cuales representan un mejoramiento en la eficiencia y reducción de tiempos y costos.

#### **Directrices del Diseño para la Manufactura (DFM)**

Uno de los objetivos en la implementación del Diseño para la Manufactura es realizar un diseño de carácter fácil y económico. Debido a lo anterior, este tipo de diseño han representado para las organizaciones un 70% de los costos asociados al producto (costo de materiales, procesos y montaje), 20% relacionado con los costos en de-

cisiones de producción y 10% de costos relacionados a otras decisiones. La esencia en este tipo de diseño está enfocado en diez directrices principales, las cuales están relacionadas a continuación:

- a) *Considerar el ciclo de vida del producto como un todo:* en el desarrollo de esta etapa, es importante integrar los procesos relacionados a la fabricación del producto (materiales, procesos industriales, almacenamiento, transporte, marketing, comercial, calidad, entre otros) como un todo, buscando soluciones desde un punto de vista general y asociando “responsabilidad compartida” en la ejecución de las actividades.
- b) *Conocer el mercado de materiales:* en el desarrollo de las propuestas de materiales implicados en la creación de “simplicidad” de procesos productivos, es importante conocer el mercado de las diferentes alternativas que se pueden presentar en la configuración de nuevos diseños y materiales que impliquen menor número de componentes. Se recomienda que las piezas con características de “estándar” en el mercado no pertenezcan a “monopolios de mercado”, es decir, que sean piezas de suministro de proveedores exclusivos. Lo anterior puede llevar a un incremento en el costo de adquisición de este tipo de piezas y a su vez, una disminución en la gestión de costos relacionados en los procesos productivos de la organización.
- c) *Trabajar con la producción Ingeniería:* entre más temprano se consiga enviar los diseños a los ingenieros responsables por el departamento de diseño de productos, mayor será el aporte en la optimización del sistema y costos asociados a los productos/servicios. “El 80% de los costos asociados a un producto parten de un esfuerzo en diseños de ingeniería del 20%” (Chang, Richard, & Richard, 1998). Trabajar en revisiones periódicas de diseño permitirá plantear nuevas alternativas de solución.
- d) *Selección de materiales y procesos apropiados a los volúmenes de producción:* procesos como moldeo por inyección y fundición son potencialmente importantes en procesos de producción de alto volumen. Fabricación de láminas, formación en vacío, moldeo en arena se presentan como procesos de producción de intermediario volumen. Mecanizado de fabricación sólida y compuesta se

presentan como procesos de producción de bajo volumen; sin embargo, si los procesos anteriores son realizados por máquinas automáticas, su carácter se convierte a procesos de alto volumen.

- e) *Desarrollo de Diseños “sencillos”*: entre mayor sea el número de componentes implicados en la fabricación de un producto/servicio, mayores serán los costos de manufactura y ensamble y por consecuencia, los riesgos de falla de producto serán mayores.
- f) *Utilizar diseños de materia prima “estándar”*: uno de los factores a tener en cuenta en la selección de materias primas es la preferencia por diseños de material estándar. Este tipo de propiedades en los materiales permiten configurar procesos de producción automáticos y trabajar bajo conceptos de estandarización. Cuando se trabaja sobre diseños “personalizados”, es importante realizar reuniones con los clientes para llegar a acuerdos de producción. Por lo general, procesos de producción personalizados con bajos volúmenes de producción tienden a generar pérdidas para las organizaciones; procesos de producción personalizados con altos volúmenes pueden generar el retorno de la inversión y a su vez generar rentabilidad para la organización.
- g) *Diseñar partes con tolerancias apropiadas para que los procesos de manufactura puedan ser realizados*: un ejemplo claro es la construcción de subensambles en los procesos productivos. Los subensambles son las actividades de unión de dos o más partes de componentes que hacen parte de un producto. El desarrollo de este tipo de actividades genera un número mayor de posibilidades de configuración de los procesos productivos y a su vez disminuye tiempos de procesamiento internos en cada uno de los departamentos.
- h) *Trabajar con perfiles de productos con bajos niveles de acabados*: los acabados dentro de los procesos productivos se presentan como el desarrollo de especificaciones y mayor número de nivel de detalle del producto, lo cual puede aumentar los tiempos de producción ya a su vez los costos asociados. Desarrollar diseños con bajos niveles de acabados permite generar un flujo constante de las actividades de fabricación de los procesos de producción.
- i) *Integración de componentes*: si los volúmenes de producción permiten la con-

figuración de dos o más componentes en un único proceso, es importante desarrollar este tipo de conceptos desde la etapa de diseño. Lo anterior generará como resultado minimización de procesos de producción relacionados y gestión de los costos asociados a los procesos productivos.

- j) *Evitar procesos que involucren la creación de agujeros en los componentes:* la creación de agujeros en los productos puede generar aumentos en el número de componentes involucrados, tiempos y procesos. Adicional a lo anterior, puede generar como resultado la entrada y salida de sustancias perjudiciales para el medio ambiente y personas. Caso sea indispensable en el diseño el desarrollo de agujeros, desarrollar diseños relacionado con agujeros de ajuste en reemplazo de los agujeros ciegos.
- k) *Estudiar y analizar las características de producción:* la fabricación de productos por medio de técnicas, como por ejemplo la fundición, requiere una atención especial en las características de producción: flujo de materiales, refrigeración y riesgo de distorsiones. Es importante en esta etapa contar con un plano de contingencia que permita controlar el flujo de los procesos de producción de la organización.

### **Directrices del Diseño para el Ensamble (DFA)**

En la actualidad, existen innumerables fuentes de información (libros, revistas, artículos científicos, experimentos, entre otras) con respecto a las buenas practicas que pueden ser implementadas en los proceso de ensamble de producción de las organizaciones. Sin embargo, las informaciones disponibles presentan un carácter de descentralización, es decir, se plantean enfoques genéricos que de cierta forma desvían los enfoques principales hacia objetivos diferentes de investigación.

Para solucionar lo anteriormente planteado se presenta la estrategia de Gestión del conocimiento de montaje, en la cual se desarrolla, a partir de la integración de ideas de ensamble, nuevos conceptos con fines y objetivos en común por medio de conocimiento compartido en búsqueda de la configuración de planta, equipos y trabajadores necesarios para ejecutar los procesos de producción (Savi, Filho, & Monteiro, 2010).

De acuerdo con Taylor (2001), una de las estrategias que se utiliza para compartir experiencias y documentos académicos en búsqueda de la Gestión del conocimiento es conocido como las directrices del Diseño para el ensamble, denominado al conjunto de técnicas de gestión en el desarrollo, ejecución y mejoramiento de los procesos de montaje de las organizaciones, las cuales son:

- a) *Adoptar un diseño modular posible:* los diseños modulares, en general, permiten construir los productos/servicios a partir de la integración de varios componentes. Ellos se presentan como una vista “explosionada” del conjunto de partes que componen cada producto/servicio. Adoptar una medida con las características anteriores permitirá gestionar la simplicidad y mantenimiento de los procesos productivos y, a su vez, reducir el impacto riesgo de un daño de montaje.
- b) *Desarrollar Diseños de montaje manual:* en general, la estructuración y formalización de procesos de producción está enfocado hacia industrias con niveles de producción y participación económica considerable, minimizado el número de alternativas y posibilidades para los pequeños y medianos empresarios (pymes). El desarrollo de diseño de ensamble manuales permitirá integrar procesos y prácticas de manufactura de todos los sectores e integración del conocimiento y experiencias de fabricación.
- c) *Realizar una configuración universal de componentes:* es importante que el desarrollo de los Diseños para Ensamble considere la etiqueta de piezas o componentes de carácter genérico, es decir, asignar un nombre para cada pieza, con el objetivo de evitar confusiones en la implementación de los mismos. Etiquetas como “elemento de izquierda”, “elemento de derecha”, “elemento de abajo” o “elemento de arriba” deben ser evitados.
- d) *Diseño de componentes de fácil manipulación:* este tipo de características es fundamental en la implementación de piezas de montaje para procesos industriales automatizados o que impliquen el uso de robots. Esta característica permite la fácil adaptabilidad y configuración en la maquinaria y equipos relacionados y disminuir tiempos y costos asociados.

- e) *Desarrollo de diseños de montaje de un “solo movimiento”*: la aplicación de movimientos en las maquinas puede, de cierta forma, disminuir la eficiencia de los procesos productivos relacionados a esta. Para solucionar esta situación, es importante el desarrollo de diseños que busquen, por medio de un único movimiento, realizar la configuración y montajes necesarios para la ejecución de procesos de producción. Un montaje de componentes fácil permite que las actividades se puedan realizar desde un solo lado sin necesidad de girar o invertir movimientos.
- f) *Añadir guías de acoplamiento en componentes de forma ciega*: cuando los componentes no pueden ser controlados por personal humano o equipamiento dentro de las instalaciones debido a causas de funcionalidad o alcance físico (no se pueden ver), es fundamental la creación de etiquetas y documentos que permitan conocer la información de ensamble de los mismos. Este tipo de herramientas son conocidas como la información de acoplamientos, utilizado en su mayoría en componentes de difícil control, como lo son los de forma ciega. Algunos ejemplos de este tipo de componentes pueden ser termostatos, válvulas de control, medidores de flujo, entre otros.
- g) *Utilizar medidas de seguridad en el desarrollo de diseños*: una de las técnicas principales implementadas es la técnica de “chaflán “o “corte de esquinas”, en donde se excluyen las esquinas de los componentes y se adoptan diseños con formas alternativas. Diseños de chaflán circulares, internos, curvos se presentan como estrategias de solución de seguridad industrial en los procesos de producción.
- h) *Diseños de seguimiento y montaje visual*: la ejecución de las actividades de montaje de los componentes en los diseños de ensamble, inicialmente, buscan desarrollar las buenas prácticas a partir de tutoriales o manuales de funcionamiento que describan el procedimiento a seguir en su correcta instalación. Cartillas, guías de funcionamiento o manuales de uso se presentan como herramientas fundamentales a ser implementadas en esta etapa.
- i) *Incorporar características de “robustez” a los diseños*: los procesos de producción se caracterizan por presentar un carácter de flujo de información y proce-

sos en forma de secuencia, es decir, la operación de un proceso depende del éxito de su inmediatamente anterior. La implementación de características de robustez en los materiales y piezas relacionadas permite excluir características de componentes “delicados” que, caso se presente una quiebra o daño del mismo, pueda generar un cuello de botella que obstruya los procesos de producción.

- j) *Excluir las necesidades de futuro mantenimiento:* cuando se adquieren piezas con características de mantenimiento, se generan costos adicionales en los procesos productivos. Para revertir la presente situación, pueden adecuarse a los diseños de montaje componentes con características de adhesivos o piezas de fácil manipulación y reemplazo que no involucren trabajos de tercerización en el mantenimiento e instalación de las mismas.
- k) *Minimizar el número de componentes de fijación utilizados:* cuando se establecen diseños de montaje con piezas fijas, generalmente surgen características de restricción sobre el producto final, lo cual disminuye la generación de nuevas e innovadoras alternativas de solución en ensamble. Debido a lo anterior, la aplicación de los conceptos de modularidad en los componentes permite generar nuevas estrategias de configuración y optimización de ensamble.

## **EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y ENSAMBLE (DFMA) EN EL SECTOR AGRÍCOLA**

### ***Desarrollo de un nuevo producto de bomba hidráulica en el sector agrícola en la implementación de DFMA y prototipo rápido***

Un enfoque de desarrollo de producto utilizando la filosofía de Diseño para la Manufactura y Ensamble es el planteado por Prakash (2014) en el desarrollo de una bomba hidráulica. Este tipo de elementos son utilizados comúnmente en procesos de riego de cultivos, sistemas de almacenamiento de agua, sistemas hidráulicos residenciales, entre otras aplicaciones. Para este tipo de diseño, se plantea un desarrollo de la filosofía DFMA e inserción en los procesos de producción, como puede ser analizado en las Figura 8:

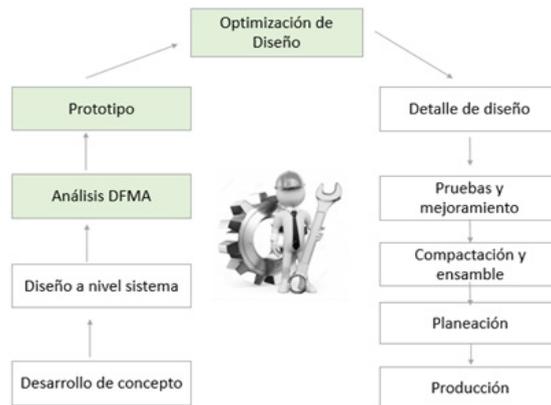


Figura 8. Desarrollo DFMA en la fabricación de la bomba hidráulica  
Fuente: Adaptado de Prakash (2014)

En la figura anterior, se puede analizar cómo fue insertado dentro de los procesos de producción tradicionales de la organización tres en específico: El primero es el **Análisis DFMA**, el cual se basa en las principales técnicas, directrices y conocimientos de los Diseños para Ensamble (DFA) y los diseños para la manufactura (DFM) en el análisis de las piezas, componentes y procesos que deben constituir el producto a ser fabricado. La gestión en el desarrollo de este tipo de análisis es diseñar un prototipo de bomba hidráulica que cumpla con los requerimientos funcionales del sistema y a su vez permita minimizar costos, mejora la calidad del producto y desarrollar un diseño óptimo. A seguir, se establece la ejecución del **prototipo**, en donde se ejecuta en físico el ensamble y producción de la nueva propuesta de diseño con enfoque DFMA. Durante esta etapa son realizadas pruebas de funcionalidad de la bomba en sistemas hidráulicos, con el objetivo de identificar las principales ventajas, desventajas y oportunidades de mejora en el diseño desarrollado. Este tipo de observaciones son realizadas por personal especializado (Ingenieros hidráulicos, técnicos hidráulicos, plomeros, docentes del área, entre otros) en búsqueda de soluciones de mejora del diseño.

A seguir, se establece la **optimización del diseño**, etapa en la cual se analizan los datos numéricos de las pruebas físicas realizadas. Ejemplos de datos relacionados para medición de bombas hidráulicas puede ser la potencia de la bomba, velocidad

de rotación (Revoluciones por minuto-RPM), temperatura, flujometro, caudal sin presión, caudal con presión, máxima presión, etc. En esta etapa, se analizan las variables utilizando el diseño inicial y comparándolo con el diseño DFMA. Los resultados obtenidos fruto de la comparación anterior permitirá establecer parámetros de medición de variables, tolerancias, dimensiones, características físicas de materiales, características funcionales, entre otros.

Con la inclusión de los tres procesos en el sistema de producción de la Bomba hidráulica, la organización analiza las propuestas desarrolladas por el departamento de Diseño y se define el desarrollo del concepto. En esta etapa fue posible desarrollar el diseño para la bola de válvula de control de flujo, elemento de medición de entrada y salida de fluidos hidráulicos dentro de la bomba hidráulica por medio de tres posiciones principales, presentadas en la figura 9.



Figura 9. Diseño Inicial y Diseño DFMA para la bola de agua de la bomba hidráulica  
Fuente: Adaptado de Prakash (2014)

La figura número 9 permite analizar los diferentes diseños en el desarrollo del elemento bola de agua dentro de la bomba hidráulica. Se establecen dos estados de diseño: El primero es el diseño inicial, en el cual se definen los componentes a ser introducidos dentro de la bomba hidráulica. Una vez identificado este, se establece

la etapa de diseño DFMA, en el cual es analizada la información, se evalúan las estrategias de mejoramiento del diseño por medio de directrices e implementando la filosofía DFMA se puede gestionar los materiales, procesos, costos y responsables dentro de la línea de fabricación.

Para desarrollar la filosofía DFMA a partir de los estados iniciales de diseño, el presente ejemplo ilustra la forma en la cual, desde un punto de vista espacial, pueden desarrollarse las estrategias de mejoramiento con la inclusión de la filosofía DFMA. Se presenta tres posiciones de entrada: La primera posición es conocida como el ensamble de la bola de válvula central, en donde se establece la posición fija del elemento (central) mientras se van introduciendo los diferentes elementos para su ensamble (Ver figura 9 (a) y 9(b)). La segunda posición del elemento fue el ensamble de la bola de válvula lateral, en donde el elemento bola de agua es introducido desde un lado del diseño principal (lateral) y los componentes son integrados a partir de esta posición (Ver Figura 9 (c) y 9(d)). La tercera posición es conocida como el ensamble de la bola de válvula vertical, en donde los componentes principales son adheridos en una posición horizontal y el componente de bola es introducido desde una posición vertical (superior) del diseño (Ver Figuras 9 (e) y 9(f)).

Los resultados de la implementación de la filosofía DFMA pudieron establecer como medida inicial, de acuerdo a la figura anterior, la minimización del número de componentes en el antes (diseño inicial) y el post con los diseños DFMA. Se puede concluir cómo la implementación de esta filosofía permitió, por medio de estrategia de mejoramiento, gestionar el diseño del producto final.

Un ejemplo claro de cómo obtener los resultados presentados en la figura número 9 se presenta a continuación. Inicialmente, se realiza la **selección de uno de estos componentes** (Figuras 9 (e) y 9 (f)) y se desarrolla la implementación de los diseños DFMA. A seguir, se realiza la **evaluación del diseño y optimización**, en donde se utilizan las principales directrices de desarrollo de productos considerando las concepciones de diseños DFM y diseños DFA y teniendo en cuenta la metodología de Boothroyd, Dewhurst, & Knight, *Design for Assembly: Selecting the right method.* (1984) , se establece:

- Eliminar ajustes redundantes o repetitivos
- Reducir el número de partes
- Eliminar procesos mecánicos rápidos
- Analizar y probar la necesidad de cada parte
- Reducir costos
- Ejecución de diseños con partes multifuncionales
- Definición de diseño de ensamble con enfoque particular
- Reducir el tiempo de ensamble.

El tercer paso es el **desarrollo de la hoja de cálculo** con los respectivos valores de tiempos, movimientos, costos y eficiencia de diseño, como se puede observar en la Tabla número 2. El análisis numérico por medio de la hoja de cálculo permite demostrar cómo las cantidades de componentes de producto se minimizan en 14 piezas como resultado de la implementación del diseño DFMA. Lo anterior fue obtenido fruto del desarrollo, análisis y resultado de los procedimientos, directrices y gestión organizacional en la implementación de la filosofía DFMA para el desarrollo de la bola de válvula vertical en la Bomba hidráulica.

Uno de los aspectos positivos adicionales que se puede evidenciar en el análisis de las hojas de cálculo es la minimización de procesos y tiempos en el desarrollo de las diferentes actividades de ensamble del producto. Una vez desarrollada la filosofía DFMA en esta etapa, se puede evidenciar la minimización de 14 procesos en el montaje de la bomba hidráulica. Lo anterior genera como resultado una minimización de movimientos y actividades ejecutadas por el personal responsable en cada uno de los departamentos. Para el presente caso de estudio, se puede observar además la minimización de 116 segundos en la ejecución de los procesos y fabricación del producto final.

Finalmente, se establece un análisis de eficiencia del diseño, en el cual se mide las características de mejoramiento y adherencia de los conceptos. Se puede concluir que la implementación de la metodología DFMA permito aumentar la eficiencia del diseño en un 51.725 %, lo cual es favorable para los fines organizacionales en cuan-

to a la gestión de procesos internos y minimización de costos y tiempos asociados en la fabricación de los productos/servicios.

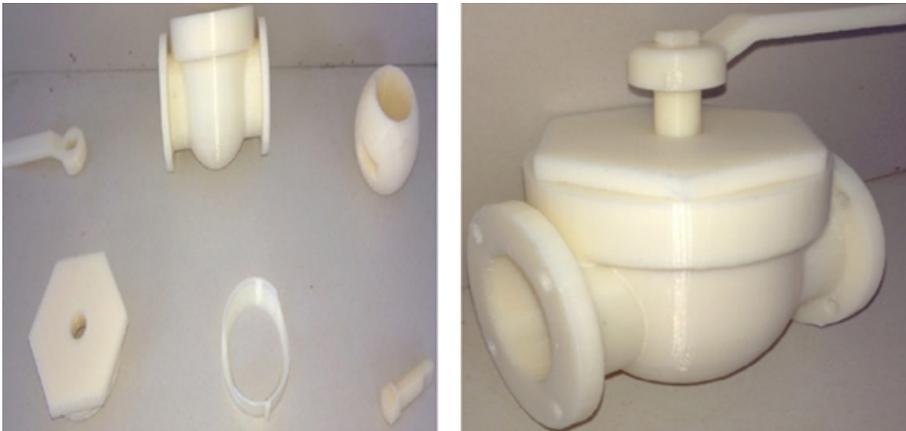
Tabla 2. Comparación de Hoja de Cálculo en Diseño Inicial y Diseño DFMA de la bomba hidráulica para el ensamble de la bola de válvula vertical

DISEÑO INICIAL					DISEÑO DFMA				
N°	Item	Cantidad	Estimación de mínimo teórico de partes	Tiempo de Ensamble en [s]	N°	Item	Cantidad	Estimación de mínimo teórico de partes	Tiempo de Ensamble en [s]
1	Pelota	1	1	3	1	Caja	1	1	5
2	Cuerpo	1	1	9	2	Pelota	1	1	3
3	Capó	1	1	8	3	Llave	1	1	3
4	Vástago	1	1	5	4	Cobertor	1	1	9
5	Soporte	1	0	4	5	Vástago	1	1	5
6	manija núcleo	1	0	6	6	Manubrio	1	1	4
7	Glándula	1	0	5					
8	Asiento	2	0	6					
9	Weco 602	2	0	8					
10	Tapa de la válvula	1	0	3					
11	tuerca del vástago	1	0	5					
12	Llave	1	0	3					
13	Manubrio	3	1	9					
14	Cojinete	2	0	9					
15	Relleno	2	0	6					
16	O-Ring	4	0	8					
17	Casquillo hexagonal Plano	1	0	4					
18	Casquillo plano	1	0	4					
19	Semental	8	0	16					
20	Nuez hexagonal pesada	8	0	24					
	<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>5</b>	<b>145</b>		<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>29</b>
			<b>NM</b>	<b>TM</b>				<b>NM</b>	<b>TM</b>
<b>Eficiencia de Diseño</b> $E_m = 3 N_m / T_m$					<b>Eficiencia de Diseño</b> $E_m = 3 N_m / T_m$				
			$E_m =$	$(3)(5)/145$				$E_m =$	$(3)(6)/29$
			$E_m =$	$0,103448$				$E_m =$	$0,6207$
			$E_m =$	<b>10,345%</b>				$E_m =$	<b>62,070%</b>

Fuente: Adaptado de Lewis (2006)

Por último, se establece la etapa de **validación del diseño**. En esta etapa, se analiza desde la perspectiva DFM la composición de los materiales necesarios para la eje-

cución de los procesos de producción. Para el presente caso, fueron analizadas las diferentes opciones de materiales existentes en las bombas hidráulicas y se pudo establecer que, de acuerdo a las características de funcionalidad y propiedades físicas del material, es recomendable utilizar acrilonitrilo butadieno estireno, material copolímero termoplástico rígido y leve, con flexibilidad y resistencia en la absorción del impacto, utilizado en producto de ensamble, combinando con las características propias de material requerido en el presente ejemplo. Con el material definido y el desarrollo del diseño DFMA, el autor utiliza maquinaria especializada (*Uprint® SE* y *Uprint® SE Plus*) para la fabricación de los componentes de la bomba hidráulica. Un ejemplo de las piezas que componen el producto final se puede observar en la figura 10:



a) Componentes de la Bomba hidráulica con Diseño DFMA

b) Ensamble final de la Bomba hidráulica con Diseño DFMA

Figura 10. Componentes y ensamble final de la Bomba hidráulica con diseño DFMA

Fuente: Adaptado de Prakash (2014)

## CONCLUSIONES

El presente artículo permite analizar la integración y evolución que se ha presentado a partir de los departamentos de diseño y producción en el desarrollo de nuevas e innovadoras estrategias competitivas asociadas al mejoramiento del producto final. Una de estas es el desarrollo de los diseños para la Manufactura y Ensamble DFMA, conocida por ser una filosofía de integración de la gestión de Diseño para el Ensamble (DFA) y la gestión de Diseño para la Manufactura (DFM).

El desarrollo conceptual del Diseño para en Ensamble (DFA) en los procesos de producción permite analizar y gestionar los principales componentes asociados al producto y gestionar la mejor forma de adaptarlos a los procesos de ensamble en la línea de producción. De esta forma, se utilizan herramientas como el desarrollo del diseño, elaboración de la hoja de cálculo y propuesta de un nuevo prototipo en la búsqueda de estrategias y soluciones posibles de simplicidad, minimización de costos y tiempos en los procesos productivos.

El desarrollo del Diseño para la Manufactura (DFM) en los procesos internos organizacionales genera nuevas y diferentes alternativas de materiales posibles a ser utilizados para la fabricación de productos. A su vez, directrices aplicadas al producto tales como diseño modular, diseño de partes multi-uso, uso de componentes estándar y diseño con enfoque en manufactura fácil se presentan como herramientas en la gestión de la materia prima a ser utilizada. La investigación de nuevos materiales y elaboración de propuestas comerciales y alianzas estratégicas se presentan como una oportunidad de desarrollo en el diseño del producto a ser fabricado.

Actualmente se puede observar como el comportamiento del consumidor ha evolucionado proporcionalmente con el avance de la tecnología. Uno de los desafíos de las líneas de producción en las organizaciones es mantener y mejorar el ritmo de fabricación, conservando los estándares de calidad, sustentabilidad de procesos productivos, atendimento de las necesidades de los clientes y gestión de los tiempos y costos asociados. Para lograr lo anterior, es indispensable la búsqueda constante de estrategias de mejoramiento integral en las empresas. Este factor puede ser ofrecido cuando es implementada una estrategia basada en Diseños para manufactura y Montaje (DFMA) en el desarrollo de procesos y productos finales en la organización.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Álvarez, M.; Serna, S.; Villada, M. y López, B. (2012). Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil. *Journal of Technology and Engineering*, 1(2), 40-63.

- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (1984). Design for Assembly: Selecting the right method. *Machine Design*, 1-24.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (1991). Product Design for Manufacture and Assembly. *Computer-Aided Design*, 505-520.
- Chang, T., Richard, A., & Richard, H. (1998). Design for manufacturing-Guidelines. *Computer-Aided Manufacturing*, 596-598.
- Da Silva, G., Giasolli, R., & Cunningham, S. (2002). MEMS Design for Manufacturability (DFM). *Sensor Expo & Conference*, 1-8.
- Dekker, M. (1991). Product Design for Manufacture and Assembly. *Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, Winston Knight Journal*, 1-15.
- Edwards, K. (2002). Towards more strategic design for manufacture and assembly. *School of Computing & Technology*, 651-656.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administracion de Operaciones*. Ciudad de México: Pearson Educación de México, S.A.
- Kim, G., & Bekey, G. (2007). Design for Assembly (DFA) by Reverse Engineering. *Center of Manufacturing and Automation Research*, 1-21.
- Lewis, G. (2006). Product Design for Manufacturing and Assembly (DFM&A). *Mechanical Engineers' Handbook: Manufacturing and Management*, 1-19.
- Poli, C. (2001). *Design for Manufacturing: A structured approach*. London: Elsevier Science & Technology Books.
- Prakash, W. (13 de 06 de 2014). New Product Development by DFMA and Rapid Prototyping. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, págs. 1-6.

- Savi, A., Filho, E., & Monteiro, E. (2010). Armazenamento de conhecimento explícito referente ao DFA (Design for Assembly) utilizando regras baseadas em casos. *Biblioteca Digital da Producao Intelectual-BDPI*, 66-76.
- Tatikonda, M. (2005). Design for Assembly: A critical methodology for product re-engineering and new product development. *Kenan-Flagler Business School, University of North Carolina*, 1-7.
- Taylor, A. (2001). Design for manufacture. Mass production, Assembly & Manufacturing Guidelines. *Design Bites.Society of Manufacturing Engineers*, 1-6.
- Ulrich, K., Sartorius, D., Pearson, D., & Jakiela, M. (1991). *A framework for including the value of time in Design for Manufacturing decision making*. Massachusetts: Massachusetts Institute of technology.
- Xie, X. (2002). Design for Manufacturing and Assembly. *Department of Mechanical Engineering. University of Utah*, 1-12.

## **EL PDI, PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES EN LA SEGURIDAD E INFORMACIÓN\***

---

***ELKIN DARÍO AGUIRRE MESA<sup>1</sup>***

***ROBERTO PORTO SOLANO<sup>2</sup>***

***LUIS FERNANDO ECHEVERRI ECHEVERRI<sup>3</sup>***

***HÉCTOR SAHIR TABORA VARGAS<sup>4</sup>***

***ANDRÉS PORTO SOLANO<sup>5</sup>***

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación: Procesos de automatización y control, utilizando las tecnologías emergentes de comunicación mioeléctrica, para diseño y desarrollo de dispositivo de lectura de señales EEG y EMG para diagnóstico de pacientes humanos. Realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana en el año 2016.

- 1 Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa, Universidad De Santander. Especialista en administración de la informática educativa, Universidad De Santander. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [eaguirre@americana.edu.co](mailto:eaguirre@americana.edu.co)
- 2 Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Del Norte. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Barranquilla. [proberto@coruniamericana.edu.co](mailto:proberto@coruniamericana.edu.co)
- 3 Doctor en Ciencias Químicas, Universidad De La Laguna. Magíster en Ciencias Químicas, Universidad del Valle – Univalle. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [luisfernandoe@coruniamericana.edu.co](mailto:luisfernandoe@coruniamericana.edu.co)
- 4 Ingeniero Electricista, Especialista en administración de la informática educativa, Magíster en gestión de la tecnología educativa. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [hector.taborda@uam.edu.co](mailto:hector.taborda@uam.edu.co)
- 5 Magíster (C) en Ingeniería, Universidad Del Norte. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Barranquilla. [aporto@coruniamericana.edu.co](mailto:aporto@coruniamericana.edu.co)

**RESUMEN**

El procesamiento Digital de Imágenes o PDI, es un área que evoluciona y avanza vertiginosamente, la cual ha sido desde sus comienzos muy aplicada en la Ingeniería, las Ciencias de la Medicina y otras. Poseen métodos, funciones y aplicaciones cambiantes en el tiempo las cuales evolucionan permanentemente; el PDI es de interés para los Ingenieros que requieren dar solución a problemas prácticos, pasando por los médicos para dar diagnósticos a padecimientos clínicos, hasta científicos que quieren utilizar las ventajas y bondades del PDI en su Investigación o para aquellos que desean desarrollar nuevas teorías sobre los aspectos de visión por computador, manejo de robots en la toma de decisiones con objetos y decisiones en función de formas, color, posición, tamaño, volumen, por mencionar algunos.

El tema tratado a continuación se presenta con un enfoque teórico que puede ser llevado a la práctica a partir de los fundamentos matemáticos que se darán a conocer con el propósito de ser orientación o guía en alternativas y usos al procesamiento de imágenes clásico.

**Palabras claves:** Procesamiento Digital de Imágenes (PDI), ingeniería, medicina, computación.

**THE DIP, DIGITAL IMAGE PROCESSING IN THE SECURITY AND INFORMATION.****ABSTRACT**

The Digital Image Processing or DIP, is an area that evolves and progresses rapidly, which since its inception has been very applied in Engineering, Medical Sciences and others. They have methods, functions and environmental applications in time which constantly evolve; the DIP is of interest for Engineers that require give solution to problems practical, passing by medical for give Diagnostics to suffering clinical, until scientific that want to use them advantages and benefits of the DIP in your research or for those that want to develop new theories on aspects of vision by computer, management of robots in it takes of decisions with objects and decisions depending on forms, color, position, size, volume, by mentioning some.

The topic is then presented with a theoretical approach that can be implemented from the mathematical foundations that will be released in order to be direction or guidance in alternative processing and uses classic images.

**Keywords:** Digital Image Processing (DIP), engineering, medicine, computing.

## **INTRODUCCIÓN**

La visión dentro del procesamiento digital ha sido una herramienta que ha permitido obtener gran cantidad de información (conocimiento a través de imágenes) sobre el ambiente que le rodea y a su vez en la extensión de otras tareas. Este proceso se utiliza de forma automática en equipos de cómputo donde ha permitido un crecimiento en las áreas desarrollo e innovación en los últimos años. Bajo esta perspectiva, la Visión por computadora es definida como todo intento enfocado al desarrollo de algoritmos que traten de lograr que una máquina simule hasta cierto grado el proceso de visión biológico.

Dentro de este artículo se hará una explicación sobre el Procesamiento de Imágenes. Además, a diferencia de los muchos documentos enfocados en el área, en éste no se realizará un estudio exhaustivo del sistema visual humano, sino que se tendrá como énfasis a la tecnología existente en el Procesamiento Digital de Imágenes, sus conceptos y principios básicos, así como algunos algoritmos propuestos para su ejecución.

## **SISTEMA DE VISIÓN Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES**

### **a) Visión Humana**

El ojo Humano realiza un procesamiento de la imagen que es adquirida, por receptores en la retina en la parte posterior del ojo. Algunos receptores son más sensitivos al movimiento, color, luz e intensidad. Estos receptores se encuentran interconectados de forma que si un receptor recibe información altera el comportamiento de los receptores que están en su vecindad. Por lo cual la imagen captada sufre un procesamiento antes de salir del ojo y dirigirse a la corteza visual. Seguido, el ojo recibe retroalimentación para continuar el proceso de percepción visual. Esta retroalimentación modifica y procesa la respuesta de los receptores y permite llevar a cabo el almacenamiento y manejo de la información.

En este sentido, el ojo humano como proceso de la visión, transforma la información sensorial visual en conocimiento desde la forma, la identidad, o la configura-

ción de objetos en el entorno. “Ver” es el registro físico del patrón de energía de luz recibida del mundo que nos rodea, en donde la percepción interpreta lo que vemos.

De igual forma, el iris tiene como función controlar la cantidad de luz que entra al ojo. El lente o cristalino se encarga de enfocar la imagen sobre la retina. La retina posee unos conos y bastones que realizan la transformación de energía luminosa a impulsos eléctricos. Los conos están ubicados principalmente en la parte central de la retina, la cual es llamada fovea y son altamente sensibles al color. Los bastones están distribuidos sobre la superficie de la retina (Fischler, 1987) y proporcionan una imagen general del campo de visión.

Aquí, los procesos de la visión como el análisis e interpretación son controlados en la corteza visual. En estos procesos intervienen diferentes tipos de neuronas y redes de neuronas que realizan funciones especializadas sobre la imagen recibida (Fischer, 1987, Deutch, 1993 y Chengjun, 2003).

### b) Visión por Computador

Este modelo plantea el proceso de la visión con el uso de un computador en donde contiene pasos y metodologías de la realización de la imagen para llegar a su interpretación, procesamiento y control (ver Figura 1).

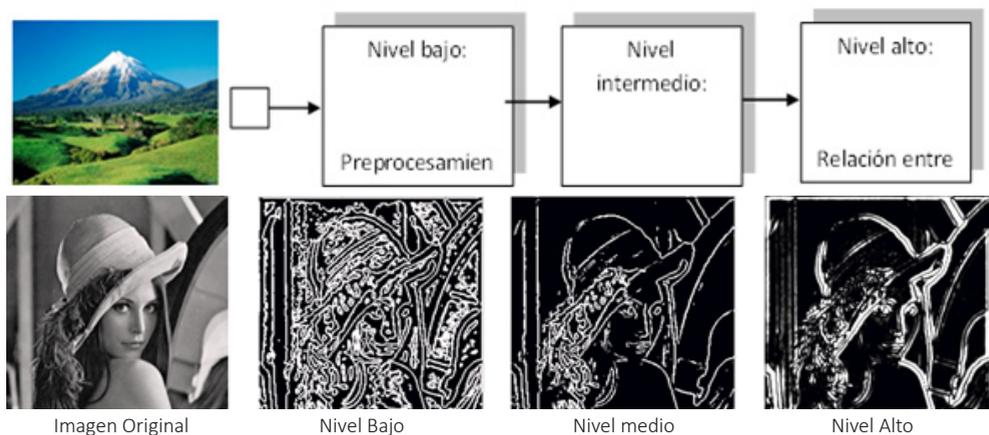
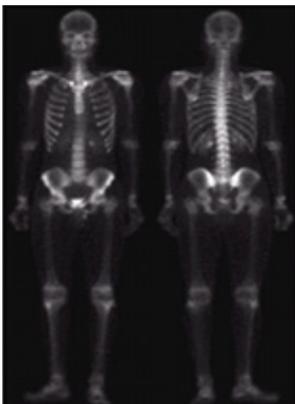


Figura 1. Proceso de Visión por computador

Muestra cómo el modelo se puede dividir en el procesamiento de nivel bajo, nivel intermedio y nivel alto. En el nivel bajo encontramos procesos o acciones sobre la imagen correspondientes a suavizado, binarización, umbralización, eliminación de ruido, definición de bordes, análisis de textura. En el nivel intermedio tenemos acciones como definición de límites, regiones, superficies, que están relacionadas a generar objetos presentes en la imagen. Por último, en el nivel alto se entablarán relaciones entre objetos para realizar la interpretación o descripción de la escena.

### PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI)

El Procesamiento Digital de Imágenes puede definirse como la operación de imágenes mediante computadora, el tipo de operaciones que se realizan coinciden a nivel de procesos en los tratados en la sección anterior. Una diferencia importante entre el procesamiento de imágenes y la visión corresponde a que las imágenes con las que se trabaja en el primer caso no provienen únicamente de la captación del espectro visible a la que corresponde el sistema de visión biológico, ya que las imágenes pueden originarse de la captación de cualquier área del espectro electromagnético. Existen hoy, sistemas de procesamiento de imagen que operan sobre imágenes generadas a partir del sensado de rayos X, rayos gamma, resonancia magnética, microondas entre otras, tal como lo expresan las siguientes imágenes:



Radiografía Ósea



Lectura Automática de placas

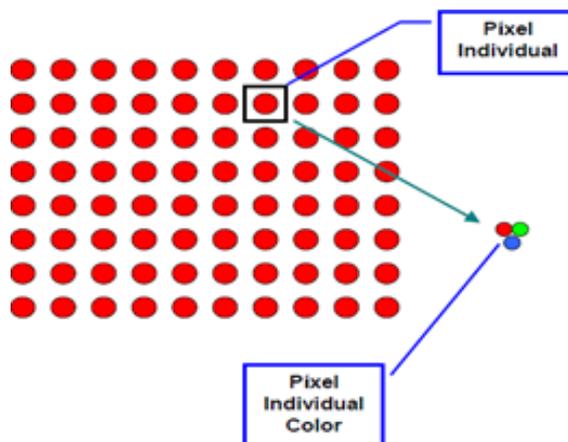
Así, el interés por el PDI se basa principalmente en dos áreas de aplicación:

1. Mejoramiento de la información pictórica para la interpretación humana.
2. El procesamiento de datos de la imagen para su almacenamiento, transmisión y representación para percepción autónoma de máquinas.

La materia prima del procesamiento de imágenes y la visión son las imágenes, las cuales se considerarán como una representación del mundo físico que tiene información importante, la cual es captada mediante un proceso de muestreo generalmente por medios electrónicos.

Para poder obtener imágenes digitales, se requiere de un proceso que involucra captura, muestreo, cuantificación y codificación. Una imagen puede definirse como una función bidimensional que cuantifica la intensidad de luz (el espectro visible es el más común). Una imagen normalmente es representada como , donde el valor la *Función f* representa la Intensidad que se obtiene por el indexado de las coordenadas  $x$  e  $y$ . El modelo más común de representación de la imagen es por medio de una matriz, tal que:(1)

$$I(x, y) = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(2,1) & \dots & I(N,1) \\ I(1,2) & I(2,2) & \dots & I(N,2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(1,M) & I(2,M) & \dots & I(N,M) \end{bmatrix}$$



### Relaciones básicas entre píxeles de una imagen

Cuando  $(x, y)$  y  $f$  son todos finitos, es decir, cantidades discretas, llamamos a la imagen **Digital**. Esta Imagen Digital está compuesta por un número finito de elementos, cada uno de los cuales con un valor y una posición particular, llamamos **PIXEL**. Por lo tanto, existen algunas relaciones importantes entre los píxeles de una imagen. Entre ellos se encuentran:

- *Vecinos de un pixel (Vecindad)*

La vecindad se define como la relación que tiene un pixel de manera posicional con los píxeles más cercanos a él, generalmente los que están a su alrededor. Existen dos tipos de vecindad que posee un pixel en la imagen, la vecindad 4-vecinos y la 8-vecinos.

De ahí que, la vecindad 4-vecinos se constituye de los píxeles ( $V_1, V_2, V_3$  y  $V_4$ ) que se encuentran arriba, abajo, a la derecha e izquierda del pixel en cuestión  $P$ . La Figura 2 (a) muestra una representación de este tipo de vecindad. Esta relación tiene una variante vista en Diagonal, la cual es conocida como Vecindad-4 Diagonal, Figura 3.

La vecindad 8-vecinos se constituye de los píxeles ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$  y  $V_8$ ) correspondientes a los 4-vecinos, más, los 4 píxeles que se encuentran en forma diagonal al pixel en cuestión  $P$ . La Figura 2 (b) muestra una representación de este tipo de vecindad.

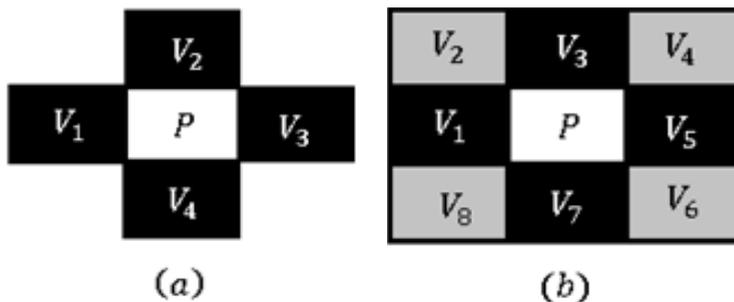


Figura 2. Definición de la vecindad de un píxel  $P$ . (a) Vecindad 4, definida sobre  $P$  y (b) vecindad 8, definida sobre  $P$

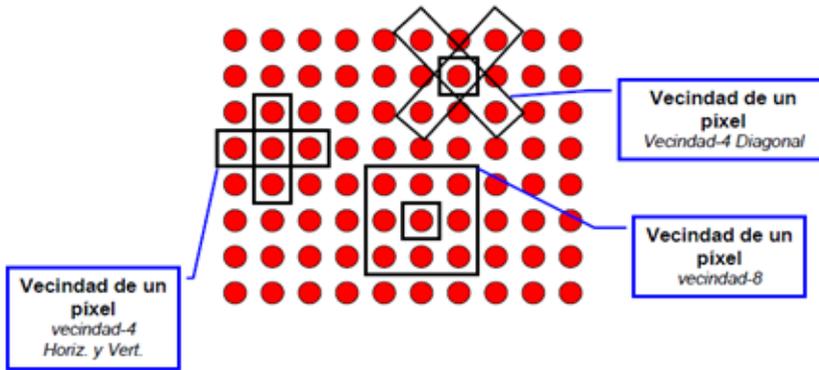


Figura 3. Vecindad 4, Vecindad 4 – Diagonal y Vecindad 8 definidas sobre un Pixel P

Por su parte, las expresiones matemáticas que se utilizan para calcular y definir este tipo de características de una imagen, así como un sencillo código se da mediante:

Píxel  $p$  con coordenadas  $(x,y)$

- Vecindad-4
  - $V_4(p) = \{ (x+1,y), (x-1,y), (x,y+1), (x,y-1) \}$
  - $V_D(p) = \{ (x+1,y+1), (x-1,y-1), (x-1,y+1), (x+1,y-1) \}$
- Vecindad-8
  - $V_8(p) = \{ V_4(p) \cup V_D(p) \}$

Código para calcular el promedio del punto  $(ff,cc)$  y su Vecindad-8:

```
sum=0;
for f=ff-1:ff+1
    for c=cc-1:cc+1
        sum=sum+IM(f,c);
    end;
end;
prom=sum/9
```



- **Conectividad:** La conectividad entre píxeles es un concepto utilizado ampliamente en la detección de regiones u objetos presentes en una determinada imagen. Por esta razón, la conectividad es una situación de adyacencia y vecindad. Existen dos tipos de conectividad, la conectividad 4 y la conectividad 8.

El concepto de conectividad podrá ser entendido si se considera una imagen bina-

ria, es decir una imagen cuyos pixeles representan una característica en lugar de luminosidad, por lo que sus valores solo pueden ser cero o uno. Considerando lo anterior, se dice que dos pixeles  $I_1(x,y)$  y  $I_2(x,y)$ , cuyos valores en la imagen son uno, están conectados con conectividad-4 si ambos se encuentran en relación de 4-vecinos. De igual manera los mismos pixeles estarían conectados con conectividad-8 si ambos se encuentran en relación de 8-vecinos.

Con el objetivo de mostrar la importancia de estos conceptos se ilustra en la Figura 4, una imagen binaria en la cual se encuentran uno o dos objetos, según el tipo de conectividad utilizada. En caso de considerar la conectividad-4, la imagen tendrá dos objetos, ya que el punto en donde ambas estructuras se encuentran más cercanas los pixeles de contacto no están en relación de vecindad 4-vecinos (Figura 4 a). Si en la misma imagen se considera como criterio de vecindad el de 8-vecinos los dos pixeles de contacto estarían conectados por lo que ambas estructuras serían consideradas como un solo objeto (Figura 4 b).

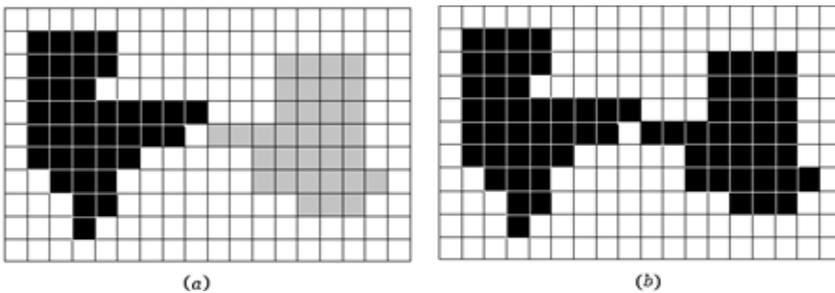


Figura 4. Influencia de la vecindad en la conectividad de pixeles.  
(a) Imagen considerando conectividad-4 y (b) Imagen considerando conectividad-8.

- **Medidas de distancia:** La distancia existente entre dos pixeles es una de las medidas más usadas en el procesamiento de imágenes, con aplicaciones que van desde la similitud hasta la medición de objetos encontrados en la escena. Para la definición y caracterización de las distancias entre dos puntos se considera la imagen mostrada en la Figura 5a que contiene dos pixeles etiquetados como:

$$I_1(x_1, y_1) = p_1 \text{ e } I_2(x_2, y_2) = p_2$$

Así pues, existen varios tipos de medidas para encontrar relaciones posicionales entre píxeles, las más comunes son la distancia euclidiana, la distancia city-block y la chessboard.

La **distancia euclidiana** se define como la distancia existente entre dos píxeles definida de acuerdo a:

$$D_E(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

La distancia representa el vector resultante entre  $I_1(x_1, y_1)$  e  $I_2(x_2, y_2)$  (Figura 5b).

La **distancia city-block** corresponde a la suma de la distancia horizontal y vertical entre ambos píxeles, la cual es definida como:

$$D_{C-B}(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

Esta es la distancia que arroja un valor más grande en comparación a sus contrapartes euclidiana y chessboard, para una misma relación posicional (Figura 5c)

La **distancia chessboard** es la máxima distancia entre recorrido horizontal y el vertical que se experimenta entre dos píxeles. Dicha distancia se define de acuerdo a:

$$D_{cH}(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = \max(|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|)$$

El hecho de que la distancia chessboard solo considere el recorrido máximo en un solo sentido la hace parecer al juego de ajedrez (Figura 5d). La decisión de qué tipo de distancia utilizar se encuentra determinado por la aplicación y las características de posición requeridas, sin embargo, la distancia euclidiana es la más utilizada salvo en aquellas situaciones donde características tales como recorridos máximos entre caminos formados por píxeles es de interés.

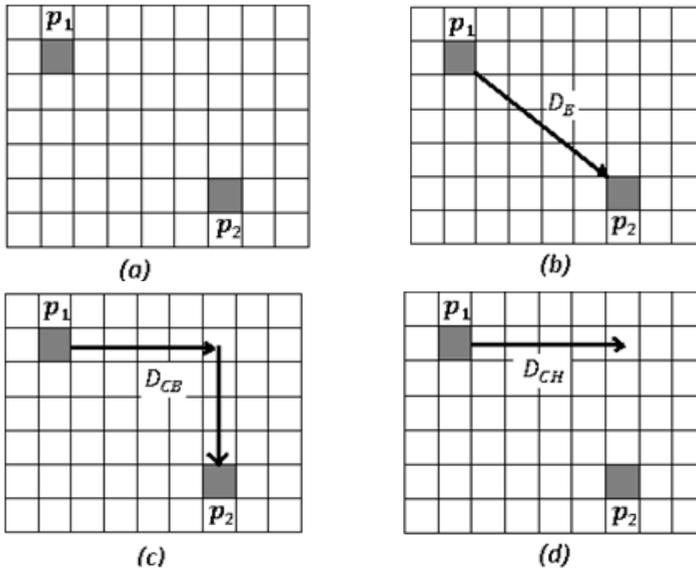


Figura 5. Ilustración de los tipos de distancias para medir las relaciones posicionales entre píxeles. (a) Definición de los píxeles, (b) Distancia euclidiana  $D_E$ , (c) Distancia city-block  $D_{C-B}$  y (d) Distancia chessboard  $D_{CH}$ .

### Filtros para reducción de ruido

El **Ruido** en forma genérica se puede considerar como cualquier información no deseada contenida en una señal, en PDI se considera que es la información no deseada en la imagen, que obstaculiza el manejo de la información útil presente en ella. En este sentido, se manifiestan el filtro pasa baja, el filtro de mediana u otro orden estadístico y el promediado de realizaciones de una imagen, son métodos que se utilizan para disminuir el ruido presente en una imagen.

Bajo este aspecto, los **Filtros** constituyen uno de los principales modos de operar en el procesamiento de Imágenes Digitales. Pueden usarse para distintos fines, pero en todos los casos, el resultado sobre cada píxel depende de los píxeles de su entorno. Por ello, una imagen se puede filtrar en el dominio del espacio, trabajando directamente sobre los píxeles de la imagen, o en el dominio de la frecuencia, donde las operaciones se llevan a cabo en la Transformada de Fourier de la imagen. Esta tiene distintos objetivos:

- **Suavizar la imagen:** reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.

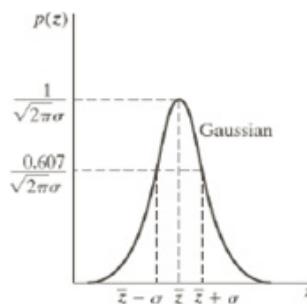
- **Eliminar ruido:** modificar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos.
- **Realzar la imagen:** aumentar las variaciones de intensidad, allí donde se producen.
- **Detectar bordes:** detectar aquellos píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Como se mencionó anteriormente, *Ruido* es la información no deseada que contamina la imagen y se expresa en  $g(x,y) = f(x,y) + r(x,y)$ .

Su origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen (errores en los sensores), como en el de transmisión (debido a interferencias en el canal de transmisión).

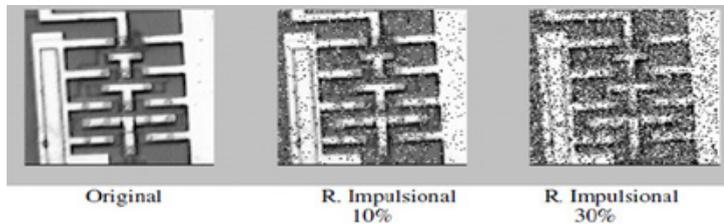
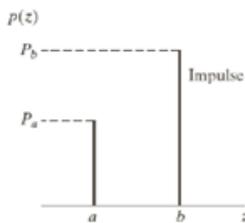
- *Tipos de ruido en la imagen:* Existen distintos modelos de ruido, según las funciones de densidad de probabilidad que sigan sus intensidades  $r(x,y)$ :
  - a) Ruido Gaussiano
  - b) Ruido Impulsivo (sal y pimienta)
  - c) Ruido Uniforme

**RUIDO GAUSSIANO (O NORMAL):** Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas. La intensidad de todos los píxeles se ve afectada según la figura y representado en las imágenes.

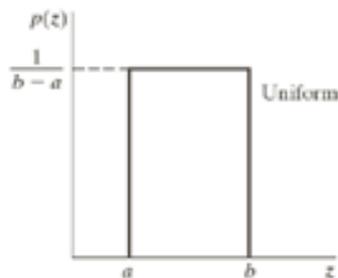




**RUIDO IMPULSIVO (O SAL Y PIMIENTA):** Se produce normalmente en la cuantificación que se realiza en el proceso de digitalización.

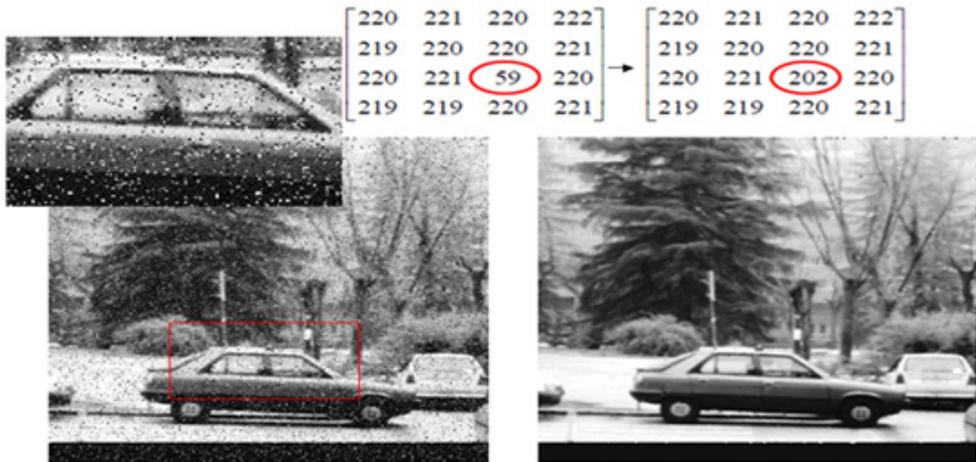


**RUIDO UNIFORME:** Toma valores en un determinado intervalo de forma equiprobable. Se da en un menor número de situaciones reales.

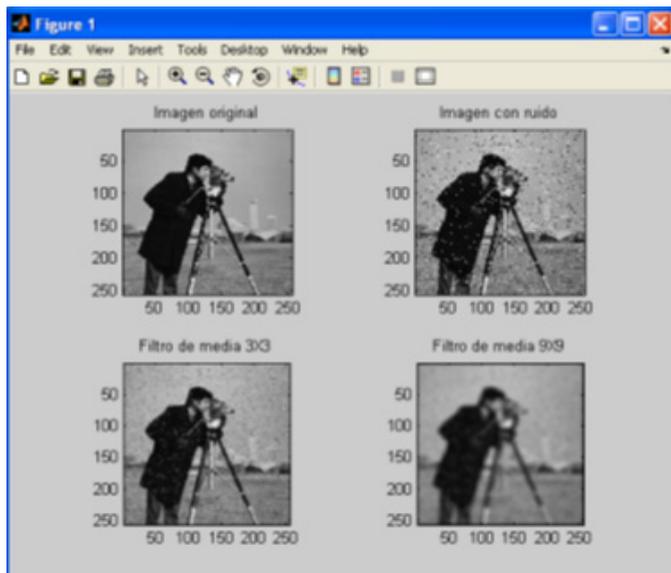


A continuación, se plantean algunos ejemplos prácticos y algoritmos utilizados en el Procesamiento Digital de Imágenes, realizados con MatLab.

- Ejemplo de **SUAVIZADO**, basado en el promedio de Vecindad:



- Ejemplo de aplicar **EL FILTRO DE LA MEDIANA** sobre una imagen “cameraman. jpeg” a la que se le ha introducido ruido aleatorio del tipo sal y pimienta, con una máscara de 3X3 y otra de 9X9.



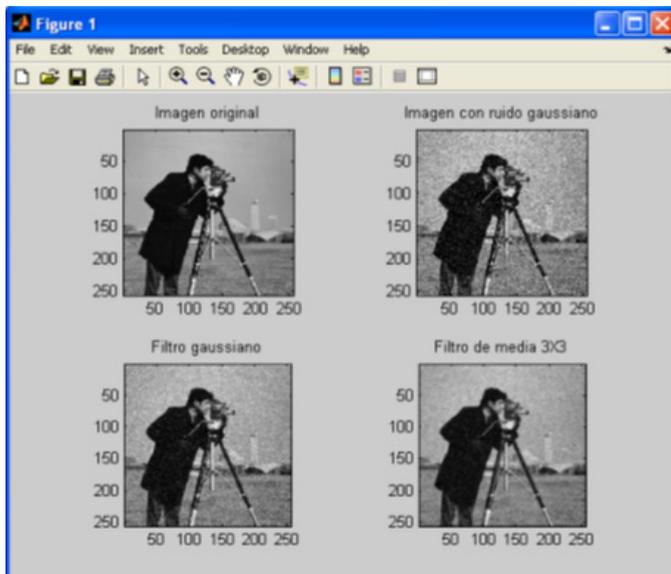
```
im=imread('C:\MATLAB\work\imagenes\cameraman.gif');
fn=imnoise(im,'salt & pepper',0.05);
```

```

h1=fspecial('average');
h2=fspecial('average',[9,9]);
media1=imfilter(fn,h1);
media2=imfilter(fn,h2);
%Representaciones de las imágenes
subplot(2,2,1),subimage(im),title('Imagen original');
subplot(2,2,2),subimage(fn),title('Imagen con ruido');
subplot(2,2,3),subimage(media1),title('Filtro de media 3X3');
subplot(2,2,4),subimage(media2),title('Filtro de media 9X9');

```

- Ejemplo **FILTRO GAUSSIANO**, (Puede apreciarse cómo el filtro gaussiano elimina el ruido mejor y además emborrona menos los bordes).



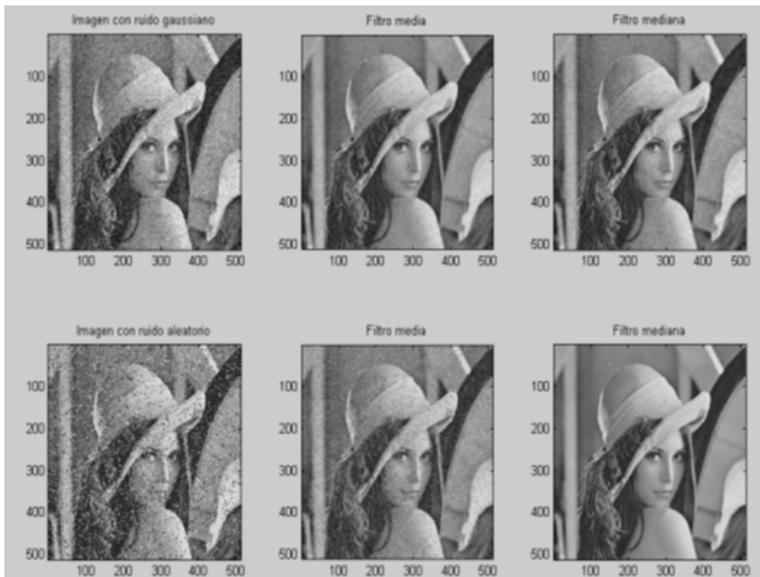
- Ejemplo de una imagen afectada por ruido gaussiano y aleatorio y filtrada por el **FILTRO DE LA MEDIA Y DE LA MEDIANA**.

```

imc=imread('C:\MATLAB\work\imagenes\lena.jpg');
im=rgb2gray(imc);

```

```
fg = imnoise(im,'gaussian');
fs = imnoise(im,'salt & pepper',0.1)
h1=fspecial('average');
media1=imfilter(fg,h1);
media2=imfilter(fs,h1);
mediana1=medfilt2(fg);
mediana2=medfilt2(fs);
%Representaciones de las imágenes
subplot(2,3,1),subimage(fg),title('Imagen con ruido gaussiano');
subplot(2,3,4),subimage(fs),title('Imagen con ruido aleatorio');
subplot(2,3,2),subimage(media1),title('Filtro media');
subplot(2,3,5),subimage(media2),title('Filtro media');
subplot(2,3,3),subimage(mediana1),title('Filtro mediana');
subplot(2,3,6),subimage(mediana2),title('Filtro mediana');
```



## CONCLUSIÓN

El Procesamiento Digital de Imágenes o PDI, es un área importante que ha avanzado significativamente para su aplicación en diferentes áreas como la Ingeniería,

las Ciencias de la Medicina y otras. Al igual que su desarrollo, también se han dado cambios en sus métodos, funciones y aplicaciones, lo cual lo hace de interés para los Ingenieros que requieren dar solución a problemas prácticos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chengjun, L. y Wechsler, H. (2003). Independent component analysis of Gabor features for face recognition, *IEEE Trans. Neural Networks*, Vol. 14, pp. 919-928.

Cuevas, E., Zaldivar, D. y Pérez, M. (2010). *Procesamiento Digital de Imágenes Con MatLab y Simulink*. Mexico: Alfa Omega.

Deutsch, S. y Deutsch, A. (1993). *Understanding the Nervous System*. IEEE Press: New York.

Fischler, M.A. y Firschein, O. (1987). *Intelligence, The Eye, The Brain and the Computer*. Addison Wesley, Reading Massachusetts.

Gonzalez, R. y Woods, R. (2002). *Digital Image Processing*. Prentice Hall:Upper Saddle River, New Jersey.

Malamas, E., Petrakis, E., Zervakis, M., Petit, L. y Legat, J.(2003). A Survey on Industrial Vision Systems, Applications and Tools, *Image and Vision Computing*, (21), pp171-188.

Proakis, J. y Manolakis, D., (1996).*Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications*, Prentice hall:Upper Saddle River, NJ.



## **SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES APLICADAS AL SECTOR DE LA CONFECCIÓN\***

---

***GUSTAVO ANDRÉS ARAQUE GONZÁLEZ<sup>1</sup>***

***RICARDO SIMANCAS TRUJILLO<sup>2</sup>***

***YADIRA GARCÍA GARCÍA<sup>3</sup>***

***GABRIEL JAIME RIVERA LEÓN<sup>4</sup>***

***ANDRÉS PORTO SOLANO<sup>5</sup>***

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación: Implementación de un modelo de diseño de configuración para fabricación y montaje de la línea de producción en pymes con enfoque en manufactura concurrente. Realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana en el año 2016.

1 Magister en Ingeniería de Producción, Pontificia Universidad Católica De Rio De Janeiro, Brasil. Especialista en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Especialización en Ingeniería Industrial, Servicio Nacional De Aprendizaje. Sede Bucaramanga. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [garaque@americana.edu.co](mailto:garaque@americana.edu.co)

2 Magister en Gerencia de Mercadeo, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. Especialista en Gerencia de Mercadeo Estratégico, Universidad Simón Bolívar- Sede Barranquilla. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [sricardo@coruniamericana.edu.co](mailto:sricardo@coruniamericana.edu.co)

3 Doctora en Ciencias Jurídicas, Universidad para la Cooperación Internacional México. Magister en desarrollo social. Universidad Del Norte – Uninorte. Especialista en estudios políticos-económicos Universidad Del Norte – Uninorte. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [gyadira@coruniamericana.edu.co](mailto:gyadira@coruniamericana.edu.co)

4 Docente de la Corporación Universitaria Americana. [grivera@americana.edu.co](mailto:grivera@americana.edu.co)

5 Magister (C) en Ingeniería, Universidad Del Norte. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Barranquilla. [aporto@coruniamericana.edu.co](mailto:aporto@coruniamericana.edu.co)

## RESUMEN

Las exigencias del mercado actual obligan a las empresas a buscar permanentemente nuevos enfoques y métodos de producción que permitan flexibilizar los procesos para responder de manera rápida a los clientes, con niveles adecuados de calidad, servicio y precio.

En los últimos años, las respuestas empresariales se han dado a través de los llamados sistemas de manufactura flexible (FMS, por sus iniciales en inglés), que se pueden definir como un conjunto de máquinas e instalaciones productivas, interconectadas mediante un sistema automatizado de transporte, que funcionan de forma integrada bajo el control de un computador y están en capacidad de producir una gama de familias o de tipos de piezas, así como su posterior montaje.

Los sistemas de manufactura flexible, son sistemas altamente modulares y reconfigurables, compuestos por un grupo de estaciones de trabajo de procesamiento (como los centros de mecanizado CNC), conectados entre sí mediante un sistema de manejo de materiales y almacenamiento automatizado. Estos sistemas son útiles para las empresas de manufactura, ya que permiten mejorar tanto su competitividad como su rentabilidad. Y adicionalmente, tratan de cubrir el hueco entre la producción de series unitarias o de pocas piezas diferentes y la producción masiva de piezas iguales.

Dentro de las ventajas de estos sistemas, tenemos: permiten optimizar la fabricación por lotes, el uso de herramientas, reducir los tiempos de puesta a punto, los productos en proceso, los inventarios y en general, permiten mejorar la gestión de la producción. Este trabajo se enfoca en, realizar una revisión bibliográfica sobre el enfoque de sistemas de manufactura flexible y sus aplicaciones.

**Palabras clave:** sistemas de manufactura, administración de la producción, sistemas de manufactura flexible, producción, flexibilidad, sistemas de manufactura integrada por computador, celdas de manufactura, control numérico de máquinas.

## FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS APPLIED TO THE MANUFACTURING SECTOR

### ABSTRACT

The current market demands force companies to constantly seek new approaches and methods that allow flexible production processes to respond quickly to customers, with appropriate levels of quality, service and price.

In recent years, corporate responses have been through the so-called flexible manufacturing systems (FMS, for its initials in English), which can be defined as a set of machines and production facilities, interconnected by an automated transport system which they function in an integrated manner under the control of a computer and are able to produce a range of families or types of parts and subsequent assembly.

Flexible manufacturing systems are highly modular and reconfigurable systems, consisting of a group of processing workstations (such as CNC machining centers), connected to each other through a system of automated material handling and storage. These systems are useful for manufacturing companies, allowing improve both their competitiveness and profitability. And further, they try to fill the gap between the production unit or series of few different parts and mass production of identical parts.

Among the advantages of these systems we are: to optimize manufacturing batch, tool use, reduce makeready times, products in process inventories and generally allow better management of production. This work focuses on, conduct a literature review on the approach of flexible manufacturing systems and applications.

**Key words:** Manufacturing systems, production management, flexible manufacturing systems, production, flexibility, computer integrated manufacturing systems, manufacturing cells, numerical control of machines.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas de manufactura se inclinan hacia procesos de fabricación flexible que les permitan, por lado obtener productos de alta calidad, y por otro lado bajos precios y alta capacidad de respuesta ante nuevos requerimientos de los clientes.

Un sistema de manufactura flexible, es un enfoque de manufactura que se basa en la tecnología de grupos, el cual permite la producción de piezas en cantidades medias, las cuales, generalmente son fabricadas por lotes. Lo cual implica, incurrir en tiempos muertos por configuración y alistamiento de máquinas y equipos, y asumir altos costos de administración y manejo de inventarios.

Al mismo tiempo, la tecnología de grupos permite minimizar las desventajas de la producción por lotes, identificando y agrupando piezas similares para aprovechar estas similitudes en el diseño y la producción. Con las similitudes, las piezas son clasificadas en familias, por ejemplo, en una fábrica que produce 20.000 piezas diferentes, la mayoría de estas pueden ser agrupadas en 20 o 30 familias, teniendo en cuenta que para cada familia, los pasos y procedimientos en su producción, deben ser similares (Groover, 1997).

El grupo de piezas que conforman una familia, deben poseer similitudes, ya sea en la forma geométrica y el tamaño, o en los pasos de procesamiento que se usan en su manufactura. Y aunque siempre va a haber diferencias entre las piezas de una familia, las similitudes deben ser lo suficientemente cercanas para poder agruparlas en la misma familia. Agrupar las piezas en familias, permite mejorar la eficiencia en las operaciones (Groover, 1997).

Los métodos más usados en la industria para identificar familias de piezas, son: se realiza una inspección visual de todas las piezas producidas en la fábrica o se revisan fotografías de las piezas, con lo cual, una buena agrupación depende del juicio de las persona o de las personas que realizan este proceso. Otro método, conocido como análisis de flujo de producción, consiste en utilizar la información que con-

tienen las hojas de ruta para clasificar las piezas. Agrupando en la misma familia a piezas con pasos de manufacturas similares (Groover, 1997).

En un sistema de manufactura flexible, las instalaciones de producción son organizadas en celdas de manufactura, y a su vez, cada celda es diseñada para la producción de una familia de piezas o una cantidad limitada de familias, siguiendo el principio de la especialización de las operaciones. Cada celda la integran un equipo especial de producción, herramientas y soportes personalizados para optimizar la producción de las familias de piezas. Las celdas se convierten en pequeñas fábricas dentro de las fábricas (Groover, 1997).

Aunque la tecnología de grupos puede implementarse para procesos que emplean técnicas manuales o automatizadas. En los sistemas de manufactura flexible, siempre son usadas técnicas automatizadas.

En este artículo se hará consideraciones sobre el sistema flexible en el sector manufacturero. Inicialmente, se presentará la estructura del diseño de piezas. Luego, las piezas manipuladas técnicamente. Finalmente, los elementos que componen el sistema flexible manufacturero y los modos de aplicación en el sector textil.

### **CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE PIEZAS**

Para clasificar y codificar las piezas producidas por una fábrica, en primer lugar, se deben identificar las similitudes y diferencias entre las piezas con el objetivo de agruparlas y asignarles un esquema de codificación común. Los sistemas de clasificación y codificación de piezas se basan en atributos del diseño de las piezas, de la manufactura de las piezas o se basan tanto en atributos de diseño como de manufactura.

Teniendo en cuenta que cada empresa produce su propio conjunto de piezas y productos, es normal que un sistema de clasificación de piezas y productos para una empresa no sea adecuado para otra. Por lo tanto, cada empresa debe diseñar su propio sistema de codificación.

Por lo tanto, contar con un sistema de clasificación y codificación adecuado facilita la formación de familias de piezas, permite la recuperación rápida de los dibujos del diseño de una pieza, reduce la duplicación de los diseños al recuperar piezas similares o idénticos y reutilizarlos en lugar de diseñarlos desde el principio. Todo esto, permite la estandarización de los diseños, mejora la estimación y la cuantificación de los costos, facilita la programación de piezas con control numérico, logrando que las piezas nuevas usen el mismo programa con las ya existentes en la misma familia. Como se expresa en la siguiente Tabla 1,

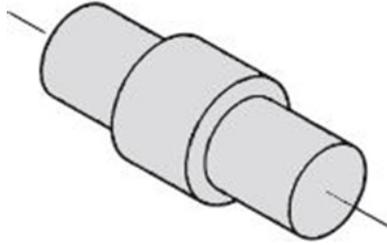
Tabla 1. *Atributos de diseño y manufactura que se incluyen de manera típica en un sistema de clasificación y codificación de piezas*

Atributos de diseño de piezas		Atributos de manufactura de piezas		
Dimensiones principales	Tipo de material	Proceso principal	Máquinas y herramientas	Tipo de material
Forma básica externa	Función de la pieza	Secuencia de operaciones	Forma básica externa	Tolerancias
Forma básica interna	Tolerancias	Tamaño de lote	Dimensiones principales	Acabado superficial
Relación longitud/diámetro	Acabado superficial	Producción anual	Relación longitud-diámetro	

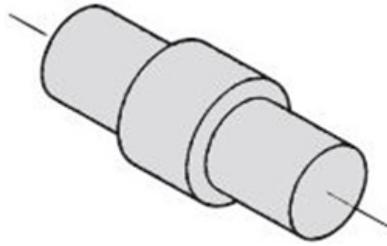
*Fuente: Elaboración propia a partir de Groover (1997)*

Lo anterior, demuestra la racionalización y el mejoramiento que debería darse en el diseño de herramientas y soportes para su planeación en los procesos asistidos por el sistema informático.

Por su parte, en la Figura 1 y Figura 2, se exponen dos piezas que aparentemente son iguales, sin embargo, tienen forma y tamaño idéntico, su manufactura es distinta, debido a las diferencias en el material de trabajo, las cantidades de producción y las tolerancias de diseño. Para el caso de la Figura 1, se trata de una pieza de la cual se fabrican 1.000.000 de unidades por año, se tiene una tolerancia de 0.3 milímetros, es fabricada en acero 1015 CR y chapa de níquel. Mientras que de la pieza que se muestra en la Figura 2 se fabrican sólo 100 unidades al año, se tiene una tolerancia de 0.03 milímetros y es fabricada en acero inoxidable.

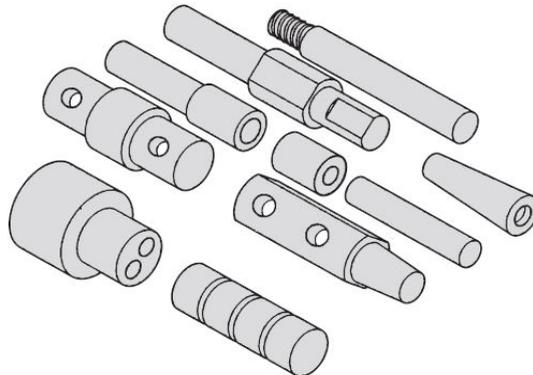


*Figura 1. Pieza a*  
*Fuente: Tomada de Groover (1997)*



*Figura 2. Pieza b*  
*Fuente: tomada de Groover (1997).*

Por otro lado, en la Figura 3 se muestran diez piezas muy diferentes en cuanto al tamaño y la forma, sin embargo, estas pueden ser agrupadas en una misma familia de piezas, debido a que son muy similares en su manufactura, pues cada una de las piezas son maquinadas con torneado a partir de materia prima cilíndrica, y algunas de estas piezas requieren taladrado y/o fresado.



*Figura 3. Familia de piezas*  
*Fuente: Tomada de Groover (1997).*

## **MANUFACTURA CELULAR**

Una vez establecidas las familias de piezas y productos fabricadas por la empresa, se debe organizar la producción por medio de celdas de maquinado, las cuales deben ser diseñadas con el objetivo de que se especialicen en fabricar piezas particulares. A la hora de diseñar una celda de maquinado, se usa el concepto de piezas compuestas (Groover, 1997).

Como se mencionó arriba, los miembros de una familia de piezas poseen diseño y características de manufactura similares. Generalmente, existe correlación entre las características del diseño de piezas y las operaciones de manufactura que producen tales características. Por ejemplo, en el caso de los orificios redondos, estos son realizados mediante taladrado, y en el caso de las formas cilíndricas son torneadas.

Así, una pieza compuesta de una familia, es una pieza que posee todos los atributos en cuanto a diseño y manufactura de la familia a la que pertenece. Un pedazo individual incluye algunas de las características que distinguen a la familia a la que pertenece, aunque no necesariamente todas las particularidades.

Una celda de producción diseñada para producir una familia de piezas, contiene las máquinas requeridas para hacer la pieza compuesta, y debe poseer la capacidad de producir cualquier elemento de la familia, omitiendo las operaciones correspondientes de las características que no posee la pieza que se desea fabricar. Adicionalmente, una celda debe permitir variaciones en el tamaño y similitud de las piezas de dicha familia.

Ahora bien, la manufactura celular promueve la estandarización en las herramientas, en la instalación de soportes y en las configuraciones, esto permite reducir el manejo de material, debido a que las piezas se mueven dentro de una celda de maquinado y no dentro de toda la fábrica y hace que los calendarios de producción sean más sencillos. Además, reduce el tiempo de producción y el trabajo en proceso, simplifica la planeación de los procesos, mejorando la satisfacción de los trabajadores en la obtención de trabajos de mayor calidad.

La implementación de la manufactura celular no es un proceso sencillo, debido a que requiere de tiempo para planear y reordenar las máquinas y durante este tiempo las máquinas no producen. Por ello, el identificar las familias de piezas en las fábricas que pueden llegar a tener miles de piezas, no es una labor sencilla. Por ejemplo, si en la planta se fabrican 20 000 piezas distintas, revisar cada uno de los dibujos de las piezas y agrupar estas en familias será una tarea que consuma una cantidad considerable de tiempo (Groover, 1997).

### **SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE**

Un sistema flexible de manufactura (FMS, por sus siglas en inglés), es una celda de manufactura altamente automatizada, compuesta por un grupo de estaciones de procesamiento, generalmente máquinas herramienta CNC, interconectadas por medio de un sistema automatizado de manejo y almacenamiento de material y controladas por medio de un sistema integrado de computadoras. Un sistema de manufactura flexible es capaz de procesar una gran variedad de estilos de piezas en forma simultánea por medio de un programa de control numérico usando diferentes estaciones de trabajo (Groover, 1997).

Es importante señalar que ningún sistema de manufactura puede ser completamente flexible, debido a que no es posible producir un rango infinito de productos, lo cual hace que existan límites en el grado de flexibilidad que puede incorporarse en un sistema de manufactura flexible.

Ciertamente, un sistema de manufactura flexible se diseña para producir familias de piezas únicas o un rango limitado de familias. Los sistemas de manufactura flexible varían en términos de la cantidad de máquinas herramienta y el nivel de flexibilidad. Cuando el sistema sólo tiene una o pocas máquinas, se usa el término celda flexible de manufactura (FMC, por sus siglas en inglés). Estas celdas al igual que los sistemas de manufactura flexible son altamente automatizadas y son controlados por computadora.

Las diferencias entre una celda de manufactura flexible y un sistema de manufactu-

ra flexible se basan en la cantidad de máquinas o estaciones de trabajo que incluyen. Generalmente, un sistema de manufactura flexible está compuesto por cuatro o más máquinas, mientras que una celda de manufactura flexible consta de tres máquinas o menos.

Es importante aclarar que algunos sistemas y celdas altamente automatizados no son flexibles, lo cual puede producir confusión en la terminología. En este sentido, un sistema de manufactura flexible debe permitir procesar diferentes estilos de piezas, pero no mediante el modelo por lotes, aceptar cambios en el programa de producción, responder en forma inmediata cuando se presenten averías y errores del equipo en el sistema y aceptar la introducción de nuevos diseños de piezas.

Por lo tanto, estas capacidades hacen posible el uso de una computadora central que controla y coordina los componentes del sistema. Si el sistema automatizado no cumple estos criterios, no debe clasificarse como un sistema o celda flexible de manufactura.

### **Integración de los componentes de un sistema flexible de manufactura**

Un sistema de manufactura flexible está compuesto por una parte de hardware, que vendrían siendo las máquinas y equipos de cómputo, y un software, estos elementos se deben integrar en una unidad eficiente y confiable. Un sistema de manufactura flexible también incluye operarios.

A nivel de hardware, un sistema de manufactura flexible, incluye estaciones de trabajo, un sistema de manejo de material y una computadora de control central. Las estaciones de trabajo incluyen máquinas CNC (de control numérico) en un sistema de tipo maquinado, además de estaciones de inspección, de limpieza de piezas y otras, según las necesidades.

Asimismo, el sistema de manejo de materiales, permite mover las piezas entre las estaciones, y también incluye una capacidad limitada de almacenamiento de piezas. Algunos ejemplos de sistemas de manejo de materiales en procesos de manu-

factura automatizados son, los transportadores de rodillos, los carros enganchados en el piso, los vehículos guiados en forma automática y los robots industriales. El sistema de manejo de materiales apropiado depende del tamaño y la configuración geométrica de las piezas, al igual que de factores relacionados con la economía y la compatibilidad con otros componentes del sistema de manufactura flexible.

Así pues, existen cinco tipos de distribución para los sistemas de manufactura flexible: la distribución en línea, en ciclo, en escalera, a campo abierto y la distribución en celda centrada en un robot. Algunas de estas distribuciones se presentan en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6, en donde, Aut, es una estación automatizada, L/UL, es una estación de carga/ descarga, Insp, es una estación de inspección, AGV, es un vehículo guiado automáticamente y AGVS, es un sistema vehicular guiado automáticamente.

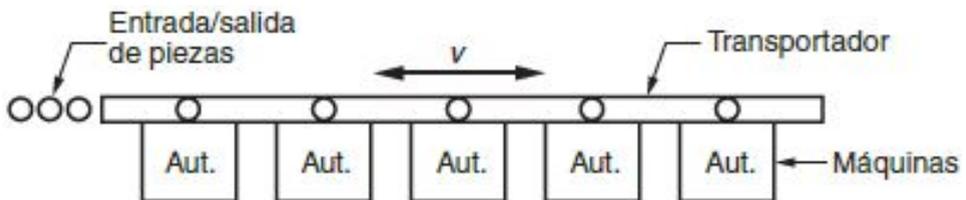


Figura 4. Distribución en línea de un sistema de manufactura flexible

Fuente: Tomada de Groover (1997)

Según lo anterior, el diseño en línea de un sistema de manufactura flexible, usa un sistema de transferencia lineal para mover las piezas entre las estaciones de procesamiento y las de carga/descarga. Este sistema, generalmente tiene capacidad de movimiento en dos direcciones.

También, la distribución en ciclo está compuesta por un transportador o ciclo con estaciones de trabajo ubicadas en su periferia. Esta configuración permite cualquier secuencia de procesamiento, debido a que es posible acceder a cualquier estación desde otra.

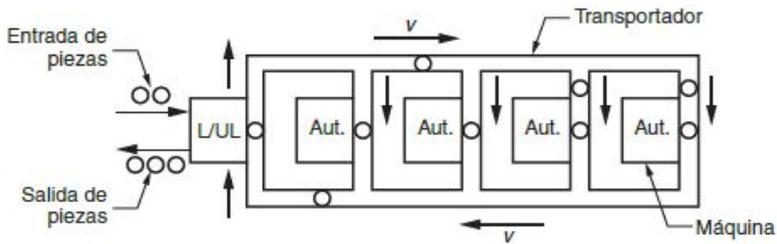


Figura 5. Distribución en escalera de un sistema de manufactura flexible  
Fuente: Tomada de Groover (1997)

La distribución en escalera, que se muestra en la Figura 5, consiste en estaciones de trabajo que se ubican en los peldaños de la escalera.

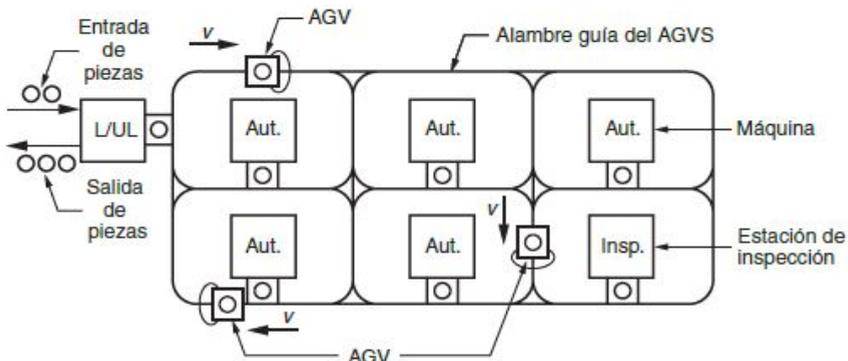


Figura 6. Distribución a campo abierto de un sistema de manufactura flexible  
Fuente: Tomada de Groover (1997)

La distribución a campo abierto, que se muestra en la Figura 6, es la configuración de un sistema de manufactura flexible más compleja y se compone de varios ciclos enlazados. Aquí, una celda centrada en un robot consiste en un robot cuyo volumen de trabajo incluye las posiciones de carga/descarga de las máquinas en la celda.

Por lo dicho, un sistema de manufactura flexible, también posee una computadora central que hace interfaz con otros componentes del hardware. Además de la computadora central, las máquinas individuales y otros componentes, generalmente incluyen microcomputadoras como unidades de control individual. La computadora central, coordina las actividades de los componentes de tal forma que la operación

general del sistema sea continua, estas funciones son realizadas por medio de un software de aplicación (Groover, 1997).

Un software de un sistema de manufactura flexible, está compuesto por módulos que a su vez, están asociados con las diversas funciones que ejecuta el sistema de manufactura. Por ejemplo, una función implica cargar programas de piezas de CN a las máquinas herramienta individuales; otra función se relaciona con el control del sistema de manejo de material; otra se refiere a la administración de las herramientas, y así sucesivamente.

En la Tabla 2, se muestra una lista con las funciones incluidas en la operación de un de manufactura flexible, típico. Con cada función está asociada a uno o más módulos del software. Sin embargo, es un sistema de manufactura flexible, se pueden usar términos diferentes a los incluidos en dicha tabla. Las funciones y los módulos son, en gran parte, para una aplicación específica.

Por el lado de las personas, dentro de las funciones que estas realizan en un sistema de manufactura flexible, tenemos: cargar y descargar piezas del sistema, cambiar y preparar las herramientas de corte, dar mantenimiento y reparar los equipos, programación de las piezas usando control numérico, programación y operación del sistema de computadoras y administración general del sistema.

Tabla 2. *Funciones típica de una computadora instrumentada mediante módulos de software de aplicación en un sistema de manufactura flexible*

<b>Función</b>	<b>Descripción</b>
Programación de piezas por CN	Desarrollo de programas CN para piezas nuevas introducidas en el sistema.
Control de producción	Mezcla de productos, programación de maquinado y otras funciones de planeación.
Copia de programas por CN	Los comandos del programa de piezas deben copiarse a las estaciones individuales desde la computadora central.
Control de máquina	Las estaciones de trabajo individuales requieren controles, usualmente control numérico por computadora.
Control de pieza de trabajo	Monitoreo del estado de cada pieza de trabajo en el sistema, el estado de los soportes de tarima, los pedidos en los soportes de las tarimas para carga y descarga.

Administración de herramientas	Las funciones incluyen control de inventario de herramientas, estado de las herramientas con relación al ciclo de vida de cada una, el cambio y reformado de estas, y el transporte desde y hacia el esmerilado de herramientas.
Control de transporte	Programación y control del sistema de manejo de piezas de trabajo.
Administración del sistema	Compilación de los reportes de administración sobre el desempeño del sistema. En ocasiones se incluye la simulación de un sistema de manufactura flexible.

*Fuente: Elaboración propia, a partir de Groover (1997)*

### **Aplicaciones de los sistemas de manufactura flexible**

Dado la flexibilidad de estos sistemas y a las capacidades derivadas del control numérico por computadora, es posible diseñar métodos automatizados que permitan la transferencia de piezas de trabajo entre las máquinas, esto se logra conectando varias máquinas herramienta tipo CNC a una pequeña computadora central.

Aunque gran parte de la experiencia en sistemas de manufactura flexibles se ha obtenido en el área de maquinado. Se han implantado otros tipos de sistemas flexibles de manufactura, que incluyen sistemas de ensamble, inspección, procesamiento de láminas metálicas, con procesos de perforado, recorte, doblado y formado, y el forjado.

En los sistemas flexibles de manufactura aplicados a procesos de maquinado, por lo general, se obtienen los siguientes beneficios: mayor utilización de máquinas que un taller especializado convencional, en las operaciones convencionales de tipo por lotes, se obtiene entre un 40 y un 50% de uso de la capacidad instalada, mientras que en los sistemas de manufactura flexible, este porcentaje es de alrededor del 75%, debido a un mejor manejo del trabajo, distribuciones fuera de línea y programación mejorada, otro beneficio es la disminución del trabajo en proceso debido a la producción continua, en vez de la producción por lotes, se obtienen tiempos de manufactura más cortos y mayor flexibilidad en el programa de producción (Groover, 1997).

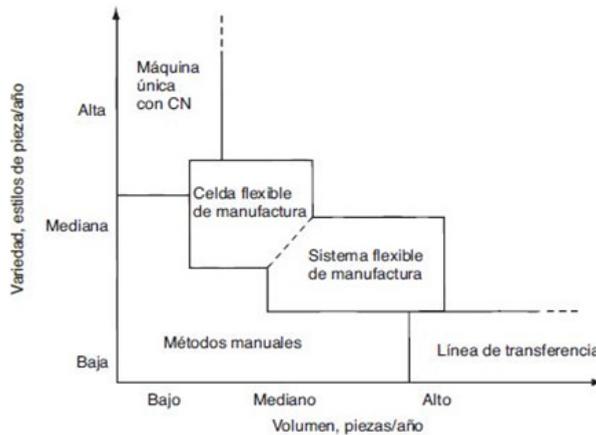


Figura 7. Características de la aplicación de sistemas y celdas de manufactura flexible con relación a otros sistemas de producción

Fuente: Figura tomada de Groover (1997)

Como se muestra en la Figura 7, los sistemas de manufactura flexible, permiten un equilibrio entre flexibilidad en cuanto a variedad de piezas y volumen, en esta figura también se muestra por ejemplo, que sistemas de manufactura como el conformado por una única máquina CN (control numérico), aunque permiten una gran variedad de piezas, esto se logra a expensas del volumen, y en el caso de un sistema de manufactura por línea de transferencia, aunque permite producir grandes volúmenes, esto se logra a expensas de la variedad.

Al mismo tiempo, los sistemas de manufactura flexible pueden rediseñarse de tal forma que se logre su evolución hacia un sistema de manufactura integrada por computador (CIM), integrando los procesos de planeación de la producción desarrollados en un sistema de planeación de recursos empresariales (ERP) con la fabricación y control de la producción desarrollados en un sistema de manufactura flexible, esto, con el objetivo de automatizar tanto los procesos de envío como de recibo de información de producción, logrando transparencia en el cruce de datos y optimizar los procesos (Fúquene, Aguirre, & Córdoba, 2007).

### Aplicaciones en el sector textil

Las empresas del sector textil y de confecciones, a diferencia de otras, están some-

tidas a la dinámica de la variación de la moda y a la difícil competencia en cuanto a novedad y precio existente a nivel global. Los sistemas de manufactura flexible, representan una gran oportunidad de mejora para esta industria, dado que, organizar las fábricas o talleres de confección usando el enfoque de producción modular, permitirá una mayor eficiencia en términos de costos, tiempos de producción y capacidad de respuesta a las tendencias del mercado. Procesar diferentes estilos de prendas, pero no mediante el modelo por lotes, aceptar cambios en el programa de producción, para responder en forma inmediata a las condiciones del mercado en cuanto a diseños y tendencias, aprovechar diseños bases para mejorar obtener una alta capacidad de respuesta a las últimas tendencias de la moda.

### *Producción modular*

La producción modular es un sistema de producción flexible basado en la filosofía “justo a tiempo”, este sistema busca desarrollar una producción halada por el cliente y administrada por un equipo de trabajadores polivalentes que aplican el mejoramiento continuo en cada uno de los procesos a su cargo.

Los principales beneficios derivados de la aplicación de este enfoque de producción son: reducción del tiempo de reposición de un lote, reducción del inventario en proceso, mejoramiento de la calidad, mejoramiento del nivel de servicio al cliente y optimización en el uso de máquinas, materiales y espacios. El tamaño de lote ideal de este sistema de producción es “1”, lo que le permite flexibilidad frente a los cambios del mercado.

El concepto de producción modular aparece en el sector textil de la confección. Bajo este concepto, se han agrupado una variedad de configuraciones y características de sistemas de manufactura. Un concepto básico que se utiliza en las decisiones de la producción modular, pasando de mano en mano, es el de balanceo de líneas de producción (Bonilla, 2007).

La modularización pretende una producción esbelta (ligera) administrada por personal polivalente. Un módulo de procesamiento integra equipos de trabajadores,

que desarrollarán todas las operaciones necesarias para la obtención de la prenda, que forma parte de un flujo continuo y flexible porque puede combinar modelos pertenecientes a una misma familia. Una decisión primordial es definir los procesos que se integrarán en los módulos, para posteriormente disponer las estaciones sobre la base de un balance de producción previamente calculado.

En la industria de la confección este proceso no demanda una considerable inversión de dinero ni de tiempo, pues su implementación puede ser gradual y los principales rubros de inversión estarían justificados por los requerimientos de capacitación y sensibilización del personal y el proceso de redistribución de recursos. El retorno de la inversión estará ampliamente cubierto por el incremento de la productividad, reducción significativa de los inventarios en proceso y reducción de infraestructura (máquinas o equipos).

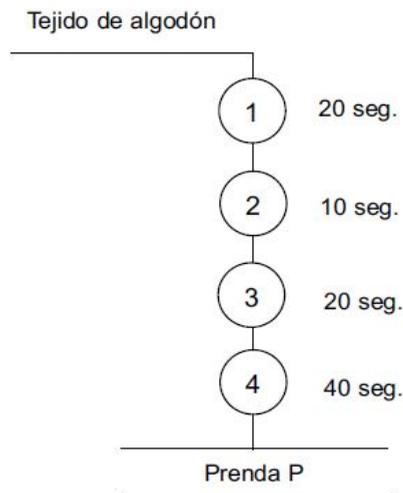


Figura 8. Diseño de un sistema de producción modular en una mediana empresa de confecciones

En la Figura 8, se muestra el diagrama de operaciones para una prenda llamada “P”, en el proceso descrito en este diagrama: cada operación requiere de una máquina. La prenda debe ser completada al pasar por la secuencia 1, 2, 3, 4, un operario trabaja en una determinada máquina en un momento dado, el operario no debe ser

interrumpido hasta terminar una determinada prenda, todos los operarios trabajan con una eficiencia del 100%, y las piezas de las prendas cortadas siempre están frente a la estación de operación 1.

En la secuencia mostrada en la Figura 8, se tiene que las siguientes alternativas de agrupación modular: *módulo con un solo operario*, *módulo con dos operarios*, *módulo con tres operarios* y *módulo con cuatro operarios*.

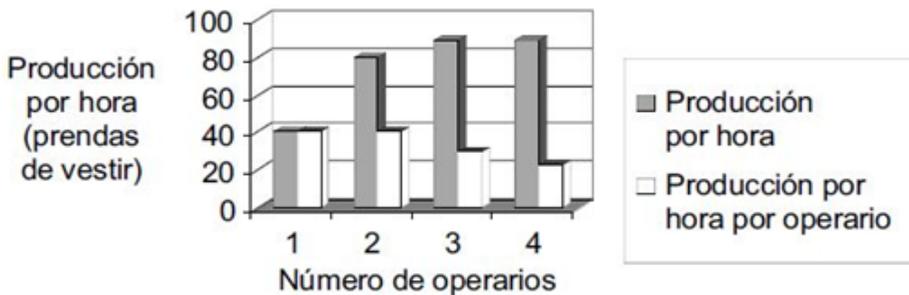


Figura 9. Comparación de las cuatro alternativas de agrupación modular

En la Figura 9, se muestra que la producción total por hora se incrementa en forma proporcional a la cantidad de operarios adicionados al módulo.

Ahora bien, la implantación de módulos de producción requiere de las siguientes etapas: sensibilización y compromiso del personal, capacitación y entrenamiento del personal, programación, tamaño de lote y secuenciación de la producción, establecimiento del módulo piloto y creación de modelos de simulación, preparación de las especificaciones de calidad, puesta en marcha, y ampliación del sistema a toda la planta.

### Los sistemas de manufactura flexible y la simulación de sistemas

Adoptar un sistema de manufactura flexible, en la actualidad, implica una inversión considerable y un alto grado de incertidumbre para las empresas. Debido a esto, es necesario evaluar detenidamente las implicaciones para la compañía de implementar un enfoque de manufactura como este.

Una forma de estudiar un sistema de manufactura flexible y evaluar la pertinencia o no de su implementación en una organización, es por medio de modelos de simulación que permitan la experimentación sin afectar los procesos de la compañía y a un bajo costo. Existen diferentes técnicas de simulación que pueden ser usadas para tal fin. Estas, permiten la simulación de una o varias líneas de producción en diferentes escenarios, en cuanto a cantidad de máquinas, robots y tipos de productos distintos.

Los modelos basados en la simulación eventos discretos se pueden utilizar para el diseño de sistemas de producción, tales como los sistemas de manufactura flexible. Estos modelos pueden ser usados para simular diferentes modelos y evaluar el rendimiento del sistema en diferentes diseños de manufactura flexible, de tal forma que en la práctica, se aplique el modelo más adecuado de acuerdo a las características y necesidades específicas de los procesos y productos de la compañía (Chang & Peterson, 2015).

La simulación es una herramienta poderosa, que permite analizar y optimizar los sistemas de manufactura, evaluando diferentes escenarios en cuanto a diseño, modelado y el rendimiento de máquinas y procesos. Construir un modelo de simulación para un sistema de manufactura flexible, implica la identificación de las máquinas, robots, el diseño del sistema, y conocer en detalle los múltiples procesos que componen el sistema. Las herramientas de simulación, permiten representar los procesos de producción de las empresas por medio de modelos virtuales con los cuales se puede realizar experimentación a un bajo costo. (Saren & Tiberiu, 2016) .

Por último, las técnicas de modelado como los algoritmos genéticos pueden ayudar a encontrar la mejor configuración de las celdas de manufactura y optimizar la planeación y programación de la producción.

## **CONCLUSIONES**

El desarrollo de las máquinas herramientas, los elementos del control de la producción, los robots, computadores y las redes de comunicación, han transformado los medios de manufactura existentes en sistemas de manufactura integrados y ver-

sátiles que permiten a las compañías ser más eficientes, aumentar la capacidad de respuesta y brindar mayores niveles de servicio a sus clientes. Aquellas industrias que deseen mantenerse competitivamente en la era de la información y la globalización actual están obligadas a introducir tecnologías avanzadas de producción, orientadas a sistemas de manufactura flexible, capaces de manejar los procesos empresariales de manera transversal.

La aplicación exitosa de un sistema de manufactura flexible, permite, entre otros beneficios: reducir los tiempos de entrega, mejorar la eficiencia de las máquinas, disminuir la cantidad de productos en proceso y en inventarios, aumentar la capacidad de respuesta de la fábrica, frente a las necesidades del cliente, disminuir el requerimiento de mano de obra y de máquinas, y un mejor control de las operaciones.

Para el caso de la industria colombiana de textiles y confecciones, esta se ha visto altamente amenazada tanto en el mercado local como en el mercado global por el bajo grado de competitividad de las empresas del sector y del sector en general.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que el sector desarrolle las habilidades necesarias que le permitan asegurar su posición en el mercado local, alcanzar liderazgo a nivel regional y ganar participación en los mercados globales. Uno de los principales problemas que afronta esta industria es el bajo desarrollo tecnológico e implementación de tecnologías de punta.

Finalmente, el sector textil confecciones en Colombia ha identificado y documentado la existencia de brechas en competitividad y de tecnología entre las empresas colombianas y las empresas de clase mundial (Pineda & Jara, 2009). Un enfoque de manufactura flexible en la industria textil Colombiana, permitirá obtener productos de calidad a bajo costo, con plazos de entrega cortos, disminuir los reprocesos y los productos en procesos, ser competitivos no sólo a nivel local sino también a nivel global, obtener una alta capacidad de respuesta frente a las tendencias del mercado de la moda tanto a nivel nacional como global.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Bonilla, E. (2007). Diseño de un sistema de producción. *Ingeniería Industrial*, 25, 9-32.
- Chang, G., & Peterson, W. (2015). Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing Systems: A Simulation. *122nd ASEE Annual Conference & Exposition*. Seattle: American Society for Engineering Education.
- Departamento de ingeniería mecánica. (2016). *Universidad del país vasco*. Obtenido de [http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/66\\_ca.pdf](http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/66_ca.pdf)
- Fúquene, C. E., Aguirre, H. S., & Córdoba, N. B. (Enero-Junio de 2007). Evolución de un sistema de manufactura flexible (FMS) a un sistema de manufactura integrada por computador (CIM). *Ingeniería y Universidad*, 11(1), 57-69.
- Groover, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna. En M. Groover, *Fundamentos de manufactura moderna* (págs. 887-946). Mexico DF: Printice Hall.
- Pineda, L., & Jara, M. (2009). *Mapa Tecnológico Estratégico: nuevos escenarios para el futuro de la cadena productiva fibra textil confección de Colombia*. Bogotá: Cidetexco & Colciencias.
- Saren, S. K., & Tiberiu, V. (Mayo de 2016). Review of flexible manufacturing system based on modeling and simulation. *Fascicle of Management and Technological Engineering*, 113-118.

## **MANUFACTURA ÁGIL\***

---

***ELKIN ORLANDO VÉLEZ<sup>1</sup>***

***ANDRÉS PORTO SOLANO<sup>2</sup>***

***NATHALIA ANDREA JIMÉNEZ LAVERDE<sup>3</sup>***

***ALBERTO ECHEVERRY ARROYAVE<sup>4</sup>***

***RICARDO SIMANCAS TRUJILLO<sup>5</sup>***

- 
- 1 Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación: Implementación de un modelo de diseño de configuración para fabricación y montaje de la línea de producción en pymes con enfoque en manufactura concurrente, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana en el año 2016.
  - 1 Ingeniero industrial. Especialista en Administración de la informática educativa. Magister en Gerencia de la informática educativa. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [evelez@coruniamericana.edu.co](mailto:evelez@coruniamericana.edu.co)
  - 2 Magister en ingeniería industrial, Universidad Del Norte – Uninorte. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [pandres@coruniamericana.edu.co](mailto:pandres@coruniamericana.edu.co)
  - 3 Magister en agronegocios. Ingeniero industrial. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [njimenez@coruniamericana.edu.co](mailto:njimenez@coruniamericana.edu.co)
  - 4 Docente de la Corporación Universitaria Americana. [aecheverry@americana.edu.co](mailto:aecheverry@americana.edu.co)
  - 5 Magister en Gerencia de Mercadeo, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. Especialista en Gerencia de Mercadeo Estratégico, Universidad Simón Bolívar- Sede Barranquilla. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [rasimancas@coruniamericana.edu.co](mailto:rasimancas@coruniamericana.edu.co)

**RESUMEN**

Las exigencias de los clientes, el entorno cambiante de los negocios, la competitividad, la personalización de productos y servicios, han hecho que las empresas piensen en agilizar sus procesos para dar respuesta a los requerimientos de los clientes y del entorno en la cual esta se encuentra.

Por tanto es imperativo, que las organizaciones flexibilicen su producción, es decir, ofrecer una amplia gama de productos, los cuales comparten los mismos procesos (estandarización), y eliminar aquellas tareas que no generan valor al producto o servicio que se está prestando u ofreciendo.

Todo lo anterior con el apoyo de equipos de trabajo autogestionados, motivados, con capacidad de tomar decisiones; ya que los equipos pueden permanecer juntos solo por el tiempo que dure el proyecto o la empresa virtual (alianza o uniones temporales).

En este capítulo se analizan algunas metodologías o framework ágiles, así como el marco de trabajo genérico de la manufactura ágil y algunos conceptos a tener en cuenta en el estudio de la misma.

**Palabras claves:** SCRUM, KANBAN, LEAN, agilidad, cartera de productos, revisión, retrospectiva.

**AGIL MANUFACTURING****ABSTRACT**

The customer's requests, the changing environment of the business, the competitiveness, products and services customization, have made the companies think in speed up their processes to give answer to the customer's requirements and the environment in which this moves.

Therefore, it is imperative, that the organizations make adaptable their production, for example, offer a broad range of products, they share the same process (standardization), and eliminate those tasks that no create value to product and service which is being provided or offered.

All previous with the support of self-managed work teams, motivated, with the ability to make decisions; as teams may be linked together only for the duration of the project or the virtual company (alliance or temporary joins).

This charter discusses some methodologies or agile frameworks, just like the generic framework of the agile manufacturing and some concepts to bare in mind in the study of this topic.

**Key words:** SRUM, KANBAN, LEAN, Sprint, Product Backlog, Review, Retrospective.

## **INTRODUCCIÓN A LA AGILIDAD**

Durante la transición de los siglos XX y XXI, nace la globalización de los negocios, gracias a la creación de Internet, la cual ha obligado a las organizaciones a desarrollar estrategias de negocio enfocadas al cliente, donde la producción en masa no es la clave, ya que los clientes tienen gran poder de decisión, y los productos y servicios se encuentran a un clic de distancia.

Lo anterior ha hecho, que las empresas cambien sus modelos tradicionales de operación, hacia modelos ágiles, flexibles, dinámicos y estandarizados, con el propósito de dar cumplimiento a los requerimientos del cliente y dar respuesta oportuna ante los cambios exógenos del entorno en el cual la empresa se desenvuelve.

Por ello, la ventaja competitiva es clave para lograr cuota del mercado y crecimiento, en un entorno donde la competencia está al afán de dar el primer paso; lo cual las compañías deben implantar estrategias de manufactura ágil que respondan a la personalización de los productos, a la reducción de costos, de tareas que no generen valor para el producto y el proceso.

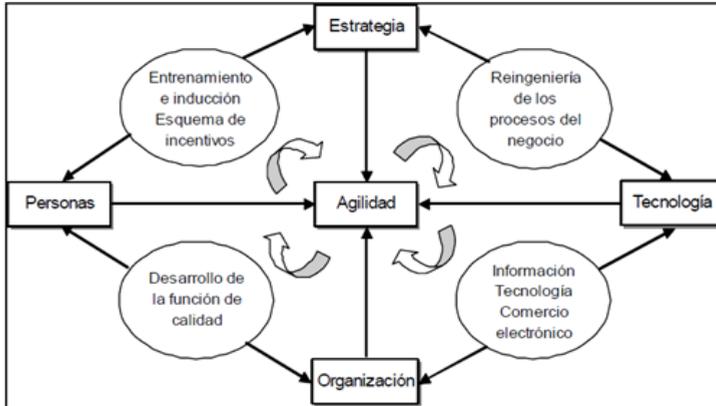
Para lograr el propósito anterior, las empresas deben ser conscientes de la flexibilidad tecnológica, contar con un equipo de trabajo autodirigido y autogestionado, con poder de decisión (empowerment), capacitado y motivado.

## **MARCO GENÉRICO DE LA MANUFACTURA ÁGIL**

Este marco está constituido por cuatro áreas o recursos importantes (personas, estrategia, tecnología y organización), él mismo puede ser desarrollado como una estrategia de negocio y producto con el propósito de dinamizar la estrategia manufacturera, para lograr anticiparse o reaccionar con rapidez ante los cambios del ambiente en el cual la organización se mueve.

Este modelo invita a cambiar la cultura organizacional, a invertir en la gente, no solo con el propósito de lograr mano de obra calificada, sino con el propósito de poseer equipos de trabajo autogestionados, donde se potencia el trabajo en equipo

y se consigue el compromiso de sus miembros. En la siguiente ilustración se puede apreciar el modelo.



Fuente: Gunasekaran, A; Tirtiroglu, E. y Wolstencroft, V. A investigation into the application of agile manufacturing in an aerospace company, tomado por Manyoma Velásquez, P. C., & Alarcón Henao, A. M, (2013)

## Estrategia

Las estrategias en la metodología ágil tienen en cuenta el interés de las organizaciones a largo plazo por definir negocios y políticas operativas que faciliten la implementación de la manufactura ágil. Para lograr establecer la(s) estrategias adecuadas se puede recurrir a subestrategias como:

- **Empresa Virtual:** se constituye como una agrupación o red de empresas que combinan sus capacidades específicas, para explotar rápidamente las oportunidades, son de carácter temporal, ya que una vez terminado el proyecto para el cual fueron creadas, las mismas desaparecen.
- **Cadena de Suministros:** el punto clave para esta estrategia, es tratar de flexibilizar la logística y así tratar de reducir costos; controlar inventarios, integrar las áreas desde compras hasta ventas y aumentar el control de la cadena de suministros. Es importante que el establecimiento presente acuerdos con los proveedores y permita la capacidad de respuesta que necesite a la organización en la medida que el negocio cambia y se adapte a las necesidades de los clientes.
- **Ingeniería Concurrente:** se trata de los equipos de trabajo que facilitan una ma-

nufactura concurrente, es decir, combinando sus destrezas, experiencia y conocimientos; para reducir el tiempo entre el diseño y el desarrollo del producto; de esta forma optimizan los procesos, identificando tareas que favorezcan a la reducción del tiempo antes mencionado.

- *Reingeniería de los Procesos del Negocio*: el objetivo de este es identificar aquellas actividades del proceso manufacturero que no agregan valor, para ajustarlas o definitivamente remplazarlas por otras o eliminarlas, de acuerdo a las demandas y dinámica de los procesos.

### **Tecnología**

La tecnología de la información es primordial para las organizaciones en el enfoque de la comunicación directa con los clientes, proveedores, empleados y maquinas. Dado que es uno de los puntos claves en el proceso de las instalaciones flexibles, este permite la adecuación de los espacios en la producción de nuevos diseños. Por lo tanto, son necesarios mecanismos de comunicación como: el internet, correo electrónico y otros del tipo EDI (Intercambio de Datos Electrónicos) como los aplicativos B2B (Business to Business), B2C (Business to Consumer) entre otros.

### **Organización**

Los sistemas integrados por computador son una herramienta efectiva para el impulso de la manufactura ágil, tales como: ERP (Enterprise Resource Planning), la multimedia, el comercio electrónico e internet.

- *Sistemas de Planeación y Control de la Producción*: los controles tradicionales, no satisfacen las necesidades que poseen las empresas virtuales, ya que estas necesitan que el desarrollo del producto sea evolutivo y concurrente, monitoreando la flexibilidad y el progreso de la producción, para enfrentar las dificultades endógenas y exógenas, por las cuales se puede ver afectada la manufactura ágil.
- *Administración de Datos e Integración de Sistemas*: el sistema de información debe ser reconfigurable rápidamente, para estar acorde con el dinamismo del mercado. El software ERP es el más apropiado para este propósito.

## Personas

Los equipos ágiles deben ser multifuncionales (combinar conocimientos y destrezas) para asesorar y enriquecer al cliente. Los de tipo virtual, permite a las organizaciones combinar los recursos para lograr los objetivos propuestos. Entre ellos se encuentran:

- *Máximo apoyo administrativo y empoderamiento (empowerment) a los empleados:* los niveles de cambio en la manufactura ágil definen un papel principal a los directivos, al suministrar la tecnología necesaria, el soporte financiero y los empleados a los cuales se les otorga poder.
- *Entrenamiento, educación e incentivos:* los empleados motivados no solo en el aspecto de incentivos, sino en el aspecto del enriquecimiento en el trabajo, mediante la asignación de labores de tipo horizontal (realización de trabajos estimulantes, encuentro de oportunidades de logro, reconocimiento, crecimiento personal y responsabilidad). Los equipos de personas en proyectos de manufactura ágil deberían apuntarles al manejo de las tecnologías de información, las habilidades de negociación, la técnica de manufactura avanzada y el bilingüismo.
- *Equipos Multifuncionales:* están compuestos por empleados con destrezas únicas o múltiples entrenamientos y destrezas. La idea es poseer un grupo de empleados entrenados en varias disciplinas y rotados entre puestos u estaciones de trabajo. Recordemos que los equipos de trabajo pueden ser también virtuales, es decir, su existencia se encuentra supeditada a la duración de un proyecto.

## METODOLOGÍAS O FRAMEWORKS ÁGILES

### SCRUM

Es una metodología de desarrollo ágil para proyectos de software, SCRUM ha desplazado en buena medida a la construcción tradicional de software que se realizaba basado en los famosos ciclos de vida del desarrollo del software como el ciclo en cascada, espiral, V entre otros; e incluso al propio RUP (Rational Unified Process - Proceso Unificado Racional), este último con un gran aporte el llamado UML (Unified Modeling Language), es utilizado para el modelamiento del software a ser implementado.

SCRUM no posee traducción, ya que está basado en el juego de Rugby, hace referencia a la alineación que realizan los jugadores de ambos equipos para proteger y poseer la pelota. SCRUM está basado en los siguientes conceptos básicos:

- *Historias de usuario*: estas describen la funcionalidad del aplicativo desde la perspectiva del cliente; están escritas de forma natural, es decir, sin tecnicismo. Estas son responsabilidad del Product Owner (representa al cliente y conoce en detalle el negocio)
- *Tarjeta de historia de usuario*: cada equipo, proyecto o empresa, pueden generar la forma de escribir sus historias; pero se recomienda que estas poseas las expresiones Yo como..... deseo..... para..... y con criterios de aceptación al respaldo. Veamos un ejemplo: Yo como vendedor, deseo que el aplicativo despliegue una lista con los departamentos que posee Colombia, para seleccionar de esta el que se requiera.
- *Criterio de aceptación*: la lista de departamentos debe estar ordenada alfabéticamente.
- *Product BacklogK*: lista de historias de usuario ordenada, priorizada y estimada (valorada).
- *BrunDown Chart*: muestra la evolución del Sprint o trabajo realizado en un periodo de tiempo.
- *Sprint*: ciclo de tiempo de mínimo una a cuatro semanas, para entregar un avance del producto software, sin errores.
- *Sprint Backlog*: representa todas las historias de usuario que van a ser realizadas durante la ejecución de un Sprint.

Esta metodología posee unos roles bien definidos que son:

- *Product Owner*: es el responsable de todas las personas que están interesadas en que el proyecto se lleve a cabo (stakeholders), define los objetivos del producto o proyecto, máxima el ROI (Retorno de la Inversión) y colaborar con el equipo de desarrollo.
- *Scrum Mater*: lidera al equipo de desarrollo actual como facilitador eliminando impedimentos al equipo, vela por que se sigan los principios y valores ágiles, por que se lleven a cabo los procesos de SCRUM y guía la colaboración entre el equipo y el Product Owner.

- *Equipo*: son las personas que desarrollan el producto software que espera el Product Owner, el tamaño del equipo oscila entre 5 y 9 personas, se desenvuelven en un ambiente autogestionado, autodirigido y autoorganizado.

Para la planeación del proyecto, el control de avances y entrega del proyecto SCRUM, posee unas reuniones que son:

- *Sprint planning Meeting*: el product backlog es el centro de la reunión, a esta pueden asistir los stakeholders, es una reunión para refinar y definir los diferentes sprint que se necesitan para realizar el proyecto, el product owner presenta al equipo la lista de requisitos priorizadas (historias de usuario), el equipo revisa la lista, realiza preguntas aclaratorias al respecto, establece su objetivo y selecciona los requisitos que son más prioritarios y que se dispondrá a realizar en los primeros sprint. En un segundo momento el equipo define la estrategia que más le conviene en términos de tiempo y esfuerzo para cumplir con el trabajo que se ha comprometido.
- *Daily sprint*: esta reunión se lleva acabo diariamente durante los días que dure el sprint, se realiza a primera hora de la mañana antes de iniciar labores; cada miembro del equipo debe responder a las siguientes tres preguntas:

¿Qué he hecho? , ¿Qué voy a hacer? y ¿Qué impedimentos tengo o voy a tener para cumplir con mis compromisos?

El objetivo de esta reunión es facilitar la colaboración entre los miembros del equipo y de este modo aumentar la productividad, ayudándose unos a otros.

- *Sprint Retrospective*: esta se lleva a cabo una vez finalizado el sprint; en ella se evalúa la manera de trabajar de los integrantes del equipo, por qué se está o no está consiguiendo los objetivos a los que se comprometió y por qué el incremento de producto entregado al cliente era o no lo que este esperaba. En esta reunión surgen reflexiones como estas: Qué cosas han funcionado bien, cuáles hay que mejorar, qué cosas se desean probar en la siguiente iteración (sprint), qué ha aprendido y cuáles han sido los problemas que le han impedido avanzar adecuadamente, entre otras.

A continuación y para ilustrar la metodología SCRUM, en la siguiente figura 1 se puede apreciar la metodología, aplicada a un caso real, como es la fábrica de software del SENA en el Centro de Servicios y Gestión Empresarial.



Figura 1. Proceso actual de desarrollo de proyectos en la fábrica de software  
Fuente: Elaborado por Echeverry

## KANBAN

Esta metodología propone básicamente el uso de una pizarra llamada “tablero Kanban”, este dice el que se debe hacer, que se está haciendo, y por último que está hecho.

El tablero kanban es utilizado para visualizar el estado de cada tarea durante el proyecto, desde su inicio hasta su final; el tablero kanban se puede personalizar y se puede usar un tablero por cada equipo de proyecto.

Esta metodología proviene del Japón, es un método visual y su propósito es ver como una acción se mueve a través de las tres columnas descritas en el párrafo inicial.

Kanban posee las siguientes características:

- Detectar lo que no se necesita, para eliminarlo o sustituirlo.
- Mide el flujo de trabajo para completar una tarea.

- En kanban, no existen las iteraciones es un flujo continuo.
- Su lema es “hacemos lo que se necesita, cuando se necesita”.
- Se prioriza de acuerdo a todo aquello que genere valor.
- Controla el work in process, para limitar el número de ítems tratados a la vez.
- Facilita la comunicación entre todos los miembros del equipo, al ser un elemento visual.

#### Objetivos de Kanban:

- Reducción de los niveles de inventario.
- Impulsar la cultura de optimización incremental.
- Lograr un ritmo sostenible y continuo de trabajo.
- Descubrir pronto los problemas y errores.
- Facilitar la autogestión de los equipos.

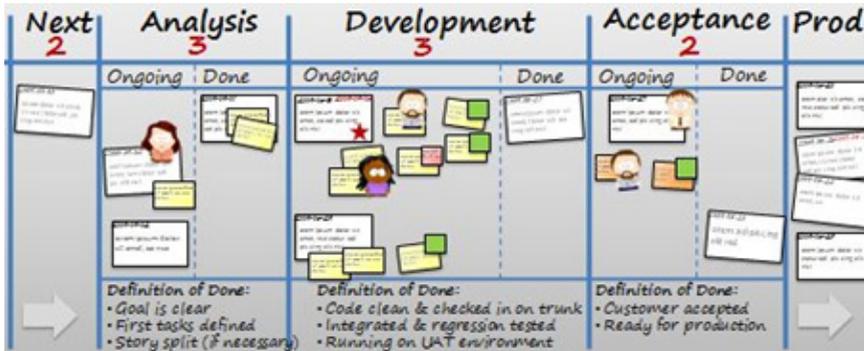
Para alimentar el tablero kanban, es necesario el uso de tarjetas kanban, estas están atomizadas, es decir, se encuentran escritas y descritas de modo tal que se entiende en ella la realización de una tarea. Se suelen usar post-its de colores, donde cada color representa su categoría o área de acción.

Las tarjetas kanban deben ser priorizadas, para establecer el orden de trabajo, es usual empezar por las más difíciles y terminar por las más sencillas. Se puede trabajar con la tradicional pizarra, pero hoy en día gracias al software de cooperación o groupware, podemos encontrar herramientas tecnológicas que nos ayudan a su realización, alguna de ellas son:

- *Kanban tool*, funciona directamente desde el ordenador, es fácil de manejar, posee la selección de colores para las tarjetas. Por lo tanto, posee un panel de estadísticas con el cual se podrá analizar el trabajo realizado durante un periodo de tiempo determinado y permite adjuntar archivos.
- *Kanban Flow*, su ventaja radica en incluir subtareas en las tarjetas de tareas (tarjetas kanban), como el anterior hace un seguimiento estadístico de las tareas y permite adjuntar archivos.
- *Kanbanize*, proporciona la limitación de tareas para cada usuario, las tarjetas se

pueden personalizar y ofrece un sistema de permisos para el control del tablero.

La siguiente figura 2. Tablero kanban a modo de ejemplo:



Fuente: <https://patriciolelietier.files.wordpress.com/2011/10/kanban.jpg>

## LEAN

Esta metodología es aplicable a la gerencia de proyectos, está enfocada a la eliminación de todos los desperdicios, reduciendo el tiempo entre el pedido del cliente y él envío del producto, con el propósito de mejorar la calidad y reducir costos. Es una cultura en la cual todos los miembros de la organización usan su talento, conocimiento y experiencia con el fin de mejorar el negocio día a día.

Para hablar de LEAN, es necesario hablar de su filosofía y para ello hay que mencionar sus 3 M's:

- *Muda – Desperdicios*: se trata de la eliminación de tareas que no generan valor para el proceso como para el producto.
- *Muri – Consumo de recursos elevados*: busca eliminar el exceso de personas que participan en un proyecto o proceso, así como la eliminación de estrés del equipo y la baja motivación. Busca atacar aquellos factores que desfavorecen la ejecución de los proyectos y entorpecen las actividades de los miembros del equipo como: falta de planeación, mal dimensionamiento, utilización ineficiente de equipos, procesos inflexibles y falta de capacitación al personal.

- *Mura – Desajustes*: Hace referencia al desbalance en cargas de trabajo, tanto para personas como para maquinas. Al exceso de stock en inventarios, demasiados cuellos de botella en el proceso, trabajos en tiempos extra. Para LAN, todo lo anterior es debido a pronósticos no realistas, falta de estandarización de los procesos y relaciones deficientes entre proveedores y clientes.

Esta metodología, enfatiza en generar valor para el cliente, identificando los pasos más importantes que ayudan al aumento en el valor del producto para el cliente; aquí los requerimientos del cliente son estandarizados y están adecuados a la producción del bien para el cliente. La siguiente figura 3, presenta los fundamentos de esta metodología.



Fuente: <http://www.uv-mdap.com/programa-desarrollado/bloque-iv-metodologias-agiles/gestion-agil-de-proyectos-con-lean-thinking/>

### **Caso Toyota (TSP – Toyota Production System)**

Después de la segunda guerra mundial Toyota y en especial sus ingenieros (Eiji Toyoda y Taiichi Ohno), se dieron cuenta que para crecer debían cambiar su estilo de producción y no masificar, de allí surgió el concepto de Lean Manufacturing; metodología que aún es reconocida y trabajada en muchas organizaciones alrededor del mundo.

El Lean Manufacturing, está basado en la reducción y eliminación de aquellas actividades que no generen valor al producto, haciendo que los equipos de trabajo se

concentren en la calidad y la reducción de costos; a estos equipos de trabajo debe otorgarse capacidad de decisión, tanto que para el caso Toyota ellos mismos pueden decidir parar la producción si encuentran algún bug (error).

Taiichi Ohno, conocía bien la producción en masa de compañías como la Ford y GM (General Motors), pero también conocía muy bien las limitaciones de Toyota, así que se concentró en detener la producción tan pronto como se presentase un defecto, e implemento el concepto de reposición de materiales, así empezó a generar calidad en los productos; además de lo anterior Ohno, decidió tener cerca el material para ser utilizado, este fue el inicio del *justo a tiempo*, filosofía que aún mantiene la compañía.

Taiichi Ohno, se concentró en la producción de pequeños lotes los cuales eran más fáciles de controlar, haciendo de la calidad un pilar importante, el producir en pequeñas cantidades, era muy beneficioso, ya que por un lado, se ponía más atención a los detalles y por otro, no se almacenaban grandes cantidades de inventario que consumían dinero (bodegaje) y espacio.

En 1955 Toyota contrato al consultor Shigeo Shingo, quien introdujo a la compañía, la reducción de tiempos en cambio de herramientas en un minuto, esto permitió a la compañía producir una mayor variedad de productos en lotes pequeños, y con costos competitivos. Los empleados eran capacitados constantemente en la utilización de las nuevas herramientas.

Para Toyota, la producción era muy importante, pero no menos que sus empleados, por tanto cambio su sistema de pagos de labor específica a antigüedad, es decir, los empleados con mayor antigüedad, ganaban más que los de menos antigüedad, así ocupasen el mismo cargo; además contaban con los beneficios de recibir bonos y tenían la garantía de un empleo de por vida.

Los empleados fueron ubicados por equipos de trabajo y dirigidos por un líder del equipo, a estos se les asignaba un conjunto de actividades en el proceso; se les otor-

go tomar la decisión de detener el proceso cuando no fuesen capaces de resolver un problema, después de haber utilizado los “5 porque, que les había enseñado Ohno” (cuando se encuentra un problema, se debe parar y preguntarse 5 veces ‘porque’, sin culpar a los demás), además podían hacer propuestas acerca de mejorar el proceso, a este esquema de mejora continua se le llamo “**Kaizen**”.

El éxito de Toyota fue tal, que Sugimori, et al. 1977 publico un artículo llamado “Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System”, unos años más tarde Monden en 1983 publicó el libro “El Sistema de Producción Toyota”. En 1990 James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, investigadores de la universidad de Massachusetts Institute of Tehcnology, le dieron el nombre de Lean Manufacturing (Lean = esbelto).

La publicación de libros y artículos hizo al sistema SPT (Sistema de Producción Toyota) popular, hoy en día este se aplica no solo a la industria automotriz sino a una gran variedad de industrias alrededor del mundo, incluidas las empresas del sector TIC, en especial las de desarrollo de software en una forma llamada SCRUM.

## **CONCLUSIONES**

Las metodologías ágiles han nacido de la necesidad de realizar productos que cumplan con los requerimientos del cliente, es decir, buscar la personalización, ya que los clientes hoy en día poseen poder de decisión con respecto a lo que desean y aspiran de un producto o servicio, esto sin olvidar la competencia y en ocasiones la gran variedad de productos sustitutos; además de lo anterior el cliente desea que el producto o servicio sea entregado en el menor tiempo posible, y para la empresa al menor costo; este propósito abarca la estandarización y flexibilización de los procesos, el control de inventarios y la eliminación de tareas innecesarias que no aportan valor al cliente al producto y al proceso.

Para las metodologías ágiles es de importancia que los miembros del equipo o del proyecto posean una misma visión compartida y tengan claros los objetivos del proyecto; los equipo ágiles se caracterizan por ser autogestionados, poseer capacidad

de decisión y estar motivados al ofrecerles la posibilidad de tomar labores motivantes de crecimiento personal y profesional; sus miembros se ayudan mutuamente por el bien del equipo y del proyecto.

La confluencia de áreas de estrategia, tecnología, organización y personas, juega un papel preponderante en el desarrollo de la manufactura ágil, ya que la estrategia dirige y orquesta la gestión ágiles, la tecnología soporta gran parte de las actividades, la organización aporta sus procesos en pro de engranar en la agilidad y las personas son la base para que la organización cumpla sus objetivos estratégicos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Espinosa, O. Caso Toyota – conclusiones: (2015). <http://documents.mx/documents/caso-toyota-conclusiones.html>

Gallego, M. (2012). *Metodología Scrum. Gestión de Proyectos Informáticos*, Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612memoria.pdf>(2012).

Gestión ágil de proyectos con Scrum. (2016). Recuperado de: <http://www.uv-mdap.com/programa-desarrollado/bloque-iv-metodologias-agiles/gestion-agil-de-proyectos-con-scrum/>

Gestiona ágil de proyectos con Kanban. (2016). Recuperado de: <http://www.uv-mdap.com/programa-desarrollado/bloque-iv-metodologias-agiles/gestion-agil-de-proyectos-con-kanban/>

Manyoma Velásquez, P. C., & Alarcón Henao, A. M. (2013). Manufactura ágil: aclaraciones y confusiones. *Heurística*, 15, pp-65-77.

Metodología kanban. Youtube. (2016). Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=I3VPgKwYuws>

¿Por qué utilizar la metodología Kanban? (2016). Recuperado de: <http://kanban-tool.com/es/metodologia-kanban>

Pérez, M. (2014) 5 herramientas online para practicar el método Kanban. Recuperado de: <http://blogthinkbig.com/herramientas-kanban-online/>

¿Proyectos complejos? ¿Necesitas resultados? Conoce Scrum (2016). Recuperado de: <https://proyectosagiles.org/>

López, J. (2013). Las mejores herramientas online para aplicar la metodología Kanban. Recuperado de: <https://hipertextual.com/archivo/2013/11/herramientas-kanban-online/>

Lean Manufacturing. (2016). Recuperado de: <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>

Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad. Disponible en: <https://www.haikudeck.com/kanban-education-presentation-b1uD3nzAcL>

## **EL TERCERO INCLUIDO: FORMAS DE DECIR, PENSAR, SER Y PADECER\***

---

***ELKIN DARÍO AGUIRRE MESA<sup>1</sup>***

***DAVID ALBERTO GARCÍA ARANGO<sup>2</sup>***

***GUSTAVO ANDRÉS ARAQUE GONZÁLEZ<sup>3</sup>***

***DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO<sup>4</sup>***

***ASTELIO SILVERA SARMIENTO<sup>5</sup>***

---

Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación “Interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad en la enseñanza de la ingeniería”, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana. Artículo colaborativo del grupo DJESD.

- 1 Magister en Gestión de la Tecnología Educativa, Universidad De Santander. Especialista en administración de la informática educativa, Universidad De Santander. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [eaguirre@americana.edu.co](mailto:eaguirre@americana.edu.co)
- 2 Magister en matemáticas aplicadas, Universidad EAFIT. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [dagarcia@coruniamericana.edu.co](mailto:dagarcia@coruniamericana.edu.co)
- 3 Magister en Ingeniería de Producción, Pontificia Universidad Católica De Rio De Janeiro, Brasil. Especialista en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Especialización en Ingeniería Industrial, Servicio Nacional De Aprendizaje. Sede Bucaramanga. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [garaque@americana.edu.co](mailto:garaque@americana.edu.co)
- 4 Doctor en Tecnología Educativa, Centro Universitario Mar de Cortés. Magister en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Internacional De Andalucía. Magister en educación. Ministerio De Educación Nacional – Mineducación. Vicerrector académico de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [dgallego@coruniamericana.edu.co](mailto:dgallego@coruniamericana.edu.co)
- 5 Doctor en Ciencias de la educación, Universidad Simón Bolívar. Magister Sistema de Universidades Estatales del Caribe Colombiano. Vicerrector Nacional de investigación Corporación Universitaria Americana. [asilvera@coruniamericana.edu.co](mailto:asilvera@coruniamericana.edu.co)

**RESUMEN**

El presente estudio está motivado desde la necesidad de integrar procesos de investigación, formación, docencia y extensión en un sistema dinámico mediado por un modelo denominado Estrategia de Formación por Proyectos. Primero, se presentan aspectos epistemológicos que derivan en la necesidad de integración de conceptos desde la óptica del tercer incluido, en un segundo momento, se identifica mediante un análisis cualitativo de correlación entre variables, cómo a raíz de los proyectos integradores, se potencia un andamiaje coherente con la dinámica académica para la consecuente propagación de tendencias emergentes en desarrollo de software de cara al fortalecimiento de la competencia genérica C planteada por la acreditadora internacional ABET para el programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Americana, concatenando el concepto de tercero incluido desde la teoría de la complejidad con el estudio de metodologías emergentes en desarrollo de software. Finalmente, se establecen conclusiones relacionadas con la toma de decisiones, considerando los niveles de riesgo organizacional que implica el hecho de implementar una innovación educativa en materia de desarrollo de software. La investigación es de carácter exploratorio donde para el estudio se analiza una muestra de 53 estudiantes de ingeniería utilizando, además de la hermenéutica, el estudio de pruebas de hipótesis chi-cuadrado para identificar relaciones entre las variables.

**Palabras clave:** Tercer excluido, estrategia de formación por proyectos, desarrollo de software, estudiantes de ingeniería, complejidad.

**THE THIRD PARTY INCLUDED: WAYS TO SAY, THINK, BE AND FATHER****ABSTRACT**

This study is motivated from the need to integrate processes of research, training, teaching and extension in a dynamic system mediated by a model called the Project Training Strategy. First, epistemological aspects that lead to the need for integration of concepts from the perspective of the third included, the second moment, is identified by a qualitative analysis of correlation between variables looking for a consistent way to understand the academic dynamics for the consequent spread of emerging trends in software development facing the strengthening of generic competence C proposed by the international accrediting ABET for the program Systems Engineering from the Corporación Universitaria Americana, concatenating the concept of the included third from complexity theory to the study of emerging methodologies in software development. Finally, conclusions regarding decision making are established, considering the levels of organizational risk involved in implementation of an educational innovation in software development. The research is exploratory where a sample of 53 engineering students was studied using addition of hermeneutics and the study hypothesis tests chi-squared to identify relationships between variables.

**Keywords:** Third excluded, strategy of project formation, software development, engineering students, complexity.

**PRÓLOGO DEL PADECIMIENTO DE UN GATO.**

En mecánica cuántica, la relación de indeterminación de Heisenberg o principio de incertidumbre establece la imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas sean conocidas con precisión arbitraria. Sucintamente, afirma que no se puede determinar, en términos de la física cuántica, simultáneamente y con precisión arbitraria, ciertos pares de variables físicas, como son, la posición y el momento lineal (cantidad de movimiento) de un objeto dado.

En otras palabras, cuanto mayor certeza se busca en determinar la posición de una partícula, menos se conoce acerca de su cantidad de movimiento lineal y, por tanto, su masa y velocidad. Este principio fue enunciado por Werner Heisenberg en 1925 (Mehra, 1975.) , este análisis, realmente brillante considerará que el simple hecho de realizar la observación de un fenómeno implicará la opción indeleble de contribuir a la tergiversación de los datos, algo tan simple como pensar que los fotones al ser los elementos conformantes de la luz y tan necesarios para realizar mediciones, actúan y pervierten tan sistemáticamente las mediciones al menos en su nivel electrónico, lo cual implicará obviamente que entre más preciso sea el instrumento de medición, más cerca se estará de chocar electrones con fotones, más cerca de caer en el ámbito de las probabilidades al momento de medir.

Todo lleva a unas preguntas valiosas y que a los autores de este texto genera escorzor y a la vez la necesidad sublime de indagar más profundamente en los intersticios teóricos que subyacen a ello: ¿Se debe evitar la fragmentación del conocimiento?, ¿hasta qué punto pueden diferenciarse los conceptos de decir, pensar y ser? Tales cuestionamientos serán tratados para considerar los elementos de estudio a tendencias emergentes en desarrollo de software.

A medida que el saber tecnológico se ha ido arraigando en las formas de ser, conocer y actuar de la especie humana y sus alrededores, se ha contado con mayores “instrumentos” de aprendizaje, se cuenta con altas velocidades de descarga de contenido y se puede viajar de forma casi instantánea a cualquier parte con simplemente hacer un click, la tecnología se ha ido integrando consecuentemente al

cuerpo y las acciones humanas hasta el punto de considerar imposible la realización de un trabajo académico sin al menos un ordenador a la mano.

El conocimiento nunca había estado en tantas manos y en tantos lugares al mismo tiempo y esta influencia ha ido aumentando exponencialmente, es un proceso inevitable que conllevará precisamente a generar tanta incertidumbre como conocimiento e información; se llegará a discretizar tanto el conocimiento, hasta niveles tan atómicos, que chocarán con la luz y no nos dejará ver lo que en antaño considerábamos “verdadero”. No en vano surgen nuevos perfiles profesionales contruidos para tal fin, uno de esos casos es la minería de datos o data mining, ampliamente popularizada entre los estudiosos del boom informativo.

¿Somos lo suficientemente inteligentes para navegar en las profundidades y extraer aquello que nos es particularmente valioso? El debate y las preguntas son cada vez más amplias y el reto de la educación con prospectiva hacia el incierto futuro del saber científico se ve cada vez más cercano a un convaleciente gato de Schrödinger tambaleante entre la vida y la muerte a medida que se abre la caja. ¿Quién o qué abrirá la caja?, la filosofía está atenta a este proceso de desentrañamiento.

### **ACERCA DE LA INCERTIDUMBRE Y LAS MEDIDAS DE RIESGO**

Hace mucho tiempo que se convenció la biología de que no es útil definir la vida. Lo malo de esas definiciones es que siempre puede construirse un modelo que satisface la definición y que, sin embargo, no es un ser vivo (Wald, 1958). La frase anteriormente mencionada, interpela a una relación de la cual el hombre es partícipe y artífice, y es la relación con la realidad y las mediaciones que éste plantea para expresarla en la búsqueda de la satisfacción y quizá la búsqueda constante de ese estado sublime de confort al cual se acudía constantemente antes de la modernidad, y es que dicho estado sublime se asemeja al relacionado con la búsqueda de la verdad, la cual, dependiendo de la postura epistemológica a considerar podría resultar incómoda y a veces instrumental, pero no obstante, necesaria.

A éste respecto, vale la pena resaltar que cualquier idea sobre la que podamos ca-

balgar por así decirlo, cualquier idea que nos conduzca prósperamente de una parte de nuestra experiencia a otra enlazando las cosas satisfactoriamente, laborando con seguridad, simplificándolas, ahorrando trabajo es verdadera, esto es, *verdadera instrumentalmente* (James, 1984).

Ésta postura, relacionada con la concepción pragmática de la verdad, presenta un afán quizá desproporcionado de la necesidad de acotar o en la medida de lo posible, suprimir la incertidumbre en la verdad, la sombra del conocimiento, y es que el análisis minucioso de ésta definición deja entrever que no es menos cerrada que la propuesta en la edad media o que la propuesta en los tiempos de la antigua Grecia, se observa que en el afán desmedido por el desocultamiento de la verdad, genera el ocultamiento de la no verdad por el simple y lógico hecho de la existencia del tercero excluido, en tanto que solo existe A y no-A, lo que niega taxativamente (o al menos en apariencia) la posibilidad de un elemento, por lo menos casuístico que contenga las dos propiedades. Es como si el proceso de construcción de la verdad estuviera intrínsecamente inscrito en un panóptico de laboriosidad extremadamente compleja inherente a una u otra corriente del pensamiento humano (Álvarez, Serna, Villada, y López, 2012).

Pero entonces, ¿qué pasa con la incertidumbre?, ¿dónde quedaron aquellos elementos cuánticos?, ¿será que la verdad, así como la mecánica newtoniana sólo aplica para grandes objetos o abstracciones de niveles superior?

La teoría general de sistemas y los estudios derivados del principio de incertidumbre de Heisenberg, proponen una amalgama de posibilidades, donde el estado de los objetos, lejos de pertenecer al “0 o 1”, “ser o no ser”, pueden hallarse también en el estado de “0 y 1” al mismo tiempo, esto ocurre en el caso, por ejemplo del desarrollo de la computación cuántica donde se sustituyen los impulsos eléctricos por paquetes de energía relacionados con la luz, donde se considera la discretización de la energía, donde se advierte la poca utilidad del concepto de continuidad.

En este orden de ideas, vale la pena preguntarse por el orden de las grandes cosas

y la forma en que éstas se desenvuelven, acerca de quién toma las decisiones en el avance de construcción del concepto de verdad y conocimiento en un entorno mediado por la incertidumbre y la discretización, puesto que podría optarse por seguir los procesos inerciales de los hechos, simplemente acogerse a las taxias (Candelerio, 2015), donde lentamente se adquiere información o imbuirse de un razonamiento meramente indicial en la constante búsqueda de desocultar lo que en principio se consideraba imposible de avizorar.

La toma de decisiones bajo incertidumbre inevitablemente involucra el hecho de enfrentarse al riesgo. Las decisiones a menudo necesitan tomarse antes de que ocurran los eventos y eso implica enfrentarse a dos posibilidades: Recurrir a datos determinados por la experiencia para tomar las decisiones o asumir el hecho como algo que tiene cierto grado de probabilidad de ocurrencia en cuyo caso debe asignársele una función de densidad de probabilidad, es decir, tomar las variables en cuestión como variables de tipo aleatorio. El problema básico radica pues en que entonces ya no se cuenta con un valor único posible para una variable, sino con un conjunto (posiblemente infinito y peligrosamente moderno), de valores posibles para dicha variable.

Cualquiera que sea la ruta elegida, siempre se estará abocado al riesgo, a la imposibilidad de predecir futuras pérdidas, siempre cabrá la posibilidad de equivocarse y es aquí donde la palabra riesgo cobra un valor fundamental, tomado desde dos perspectivas diferentes:

1. Concebir el riesgo como el nivel de posibilidad que tiene una decisión de generar pérdidas (o ganancias ya que se puede asumir desde el punto de vista de riesgo de ganar).
2. Concebir el riesgo de una decisión como la medida de su nivel de incertidumbre, es decir, una decisión tendrá mayor riesgo que otra siempre que su nivel de incertidumbre sea mayor.

Cada postura epistemológica considera su propia posición acerca de las formas de asumir el riesgo de la postura y dimensión de análisis del objeto que propone, unas desde la racionalidad práctica, otras desde el absolutismo de las leyes o definiciones

[...] allí donde los antiguos hablaban de género y de esencia, el científico moderno habla de leyes, porque lo que él busca es una correlación de cambios, la posibilidad de descubrir y relacionar con otros el cambio que se está realizando. No trata de definir y delimitar una cosa que permanece en cambio constante, sino que trata de describir un orden constante de cambio. Aunque en ambas afirmaciones aparece el vocablo “constante”, el significado del mismo es el mismo en uno y otro caso (Dewey, 1986).

Nuevamente surge el fantasma del panóptico que se sustenta en la fuerte fruición derivada del sentimiento de control de variables, significados y significantes, propios ya sea de la experiencia, del mundo de las ideas o de ambos, bien sea desde la especie o bien sea desde lo funcional, algo que si se analiza más detenidamente se relaciona en forma más estrecha con la necesidad de definir y conceptualizar y he aquí que se llega a un comentario más que interesante:

La definición aísla y limita de manera inevitable, deja ver ciertos perfiles y silencia otros. Aunque se proponga ser compleja y multilateral, lo cierto es que en una definición no cabe todo. Es, pues, *sinecdóquica*. Reduce, y esa reducción, que afecta tanto a lo que define como a lo que deja afuera, responde a factores históricos, culturales, sociales. Porque a pesar del interés de toda ciencia por la autonomía epistemológica, las definiciones nunca son independientes de los contextos intelectuales en los que aparecen (Cisneros, 2012).

Es pues, considerar, que uno de los productos fundamentales de acceso al conocimiento, están relacionados con la definición, ésta se relaciona categóricamente con el nivel de abstracción de la realidad circundante en la esfera discursiva y experiencial en la cual se inscribe, está infectada por el carácter sinecdóquico (la parte por el todo) de la interpretación de “la cosa en sí”. Es posible, de esta forma, deducir que tal vez, no es la cosa la que se repliega (Candelero, 2015), sino más bien que las definiciones e ideas intervienen en el repliegue de lo material en una suerte de habitus propio del confort del concepto de verdad, donde se excluyen unas u otras ideas, según uno u otro requerimiento o proceso, lo cual, lentamente cambiante va

presentando su lado oscuro a medida que se comprende el nivel de aproximación al tercero incluido.

Respecto a la esfera discursiva, en las formas del decir en la vida de la lengua, las fronteras más importantes son las relacionadas con las fronteras del enunciado, donde se producen los cambios de sujetos discursivos. La oración no da cuenta del carácter concluso del enunciado como unidad verdadera de la comunicación discursiva en el entorno del cambio de sujeto discursivo y por tanto se lacera la posición de respuesta continua que mantienen los participantes de la comunicación, adicionalmente, en cuanto a la intención comunicativa, se sostiene que la composición y sobre todo el estilo del enunciado dependen de un hecho concreto: a quién está destinado el enunciado, cómo el hablante (o el escritor) percibe y se imagina a sus destinatarios, cuál es la fuerza de su influencia sobre el enunciado. Por ello, todo género discursivo en cada esfera de la comunicación discursiva posee su propia concepción del destinatario, la cual lo determina como tal. (Bajtín, 1982). Es justamente ésta intención, éste carácter contestatario, el que mantiene las fronteras y moviliza los rasgos cambiantes en los variopintos tonos de la inoculable verdad.

Es así como se consolidan las subjetividades que confluyen en el acto de pensar, lo moldean en vista de una intencionalidad definida por la esfera en la cual se inscribe lo dialógico, pero que no necesariamente es fácil de determinar, y en este cúmulo de construcciones la lectura del contexto y de las relaciones de sinécdoque hacen parte de la construcción de sentido para aspirar a la apropiación del todo.

La palabra, antes que una función referencial o denotativa en relación a las cosas, cumple una función desocultante, restauradora de la existencia y el modo de ser de la cosa misma en su entorno de esfera discursiva. En este sentido, (Benveniste, 1977) señala que, el acto individual por el cual se utiliza la lengua introduce primero el locutor como parámetro en las condiciones necesarias para la enunciación. Antes de la enunciación, la lengua no es más que la posibilidad de la lengua. Después de la enunciación, la lengua se efectúa en una instancia del discurso, que emana de un locutor, forma sonora que espera un auditor y que suscita otra enunciación a cambio. La lengua, en tanto manifestación, en tanto registro de un padecimiento.

Es interesante considerar de esta manera el carácter contestatario del enunciado, es decir, cómo a medida que se va generando un discurso en un entorno específico, el carácter propio del enunciado permite una realimentación continua en virtud de la respuesta (o futura respuesta) y un proceso dinámico de reconstrucción del significado a la luz de la intención comunicativa de la cual el proceso de construcción epistemológica del conocer no se encuentra aislado.

Todo pensamiento humano es discursivo; cambiamos ideas, préstamos y pedimos verificaciones, obteniéndolas unos de otros por medio del intercambio social (James, 1984). De ahí que las formas de decir, pensar y ser se instauran en una u otra metodología de aproximación al saber y la verdad desde diversas mediaciones, que se adaptan de forma relativamente flexible a las problemáticas derivadas de las ocurrencias fácticas o lo inferencial. En este sentido, y considerando el proceso de pensamiento, se puede señalar que

Todas las mediaciones que se producen a través del pensamiento en el proceso de la génesis del mundo externo no ponen en relación estados de ánimo desligados, discretos, sino que iluminan sólo diferencias, semejanzas, gradaciones, cuya conciencia contribuye a que la vida despliegue una conexión. La conexión de la vida en un cuerpo humano, insondable, aunque accesible a la descripción en su articulación, consiste en un nexo de manifestaciones funcionales de la vida cuya conexión no es producto del pensamiento, aunque éste le facilite en general que pueda entrar en acción. Así pues en la vida misma se da una conexión de procesos que es independiente del pensamiento que no requiere de éste salvo para ponerse en acción (Dilthey, 1995).

Es por tanto, complejo y a la vez infructuoso el considerar separación entre decir, pensar y ser, por cuanto intrínsecamente están ligados por su diferencia y por la aceptación mutua de un tercero excluido que se mueve de cuando en cuando según le corresponda aparecer para esclarecer algunas cuestiones. Al respecto, se han llevado a cabo esfuerzos tendientes a visualizar ese tercero excluido que toma diversas formas, ya sea como un ejercicio transdisciplinar o un pensamiento de inclusión desde el concepto de justicia curricular.

Para cada vez más personas no es ya discutible que nos encontramos en un escenario de cambio de paradigmas. Se abandona el modelo dual, positivista y vectorial conocido del pasado, y se va entrando en otro dialéctico, emergente, más incierto y completo, y motivado por un futuro que sin relegar la prioridad del desarrollo sea siempre más humana. Desde este paradigma emergente no sólo se basa en la complejidad (Morín (1988), sino además en la evolución y en la conciencia (de la Herrán, 2003). El método por excelencia para favorecerlo es la educación de la razón, que no toda 'educación' favorece. El cambio necesario de la educación es un cambio radical basado en la complejidad, la universalidad y la conciencia (de la Herrán, 2011). Además, un concepto relevante es el de transdisciplinariedad, por su implicación para favorecer una formación, una enseñanza y una investigación descondicionadas (De la Herrán, 2011).

Respecto a la transdisciplinariedad,

Finalmente, esperamos ver la siguiente etapa superior a la etapa de relaciones interdisciplinares, ésta debería ser transdisciplinar, la cual no estará limitada a reconocer las interacciones y/o reciprocidades entre los investigadores especializados, también localizará esos vínculos propios de un sistema total sin fronteras estables entre las disciplinas (Piaget, 1972, pág. 144).

Así pues, quizá un conocimiento más cercano a ese tercero excluido, permita dirimir la verdadera relación entre la bolsa y la especie, en tanto como categoría sujeta a una ley o un estado del sistema en el cual se inscribe.

Acá estamos frente a algo asombroso: he allí que el embrión no se comporta ni como una parte, (aunque lo es) ni como un todo (aunque también lo es), sino como una parte que contiene en sí el mandato de conexión o como un todo que posee el mandato de diferenciación. El embrión es el emblema de la síntesis entre espécimen y especie. Es la forma cómo existe la especie en el individuo: al mismo tiempo como memoria y como proyecto (Samaja, 1995).

Sea cual sea el elemento diferenciador, de alguna forma se ha de hacer frente a la interpretación y pensamiento acerca de la realidad, bien sea desde la inducción, la deducción o la abducción, siendo ésta última de especial interés cuando de identificar algo oculto se trata, en un entorno de creciente acceso a los datos, se hace más complejo el acceso al conocimiento, lo cual, de una u otra forma, lleva a que el estudio de la casuística, juegue un papel importante en el análisis de la realidad.

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Respecto a lo anteriormente planteado en relación con las fronteras del conocimiento y respecto a la necesidad de identificar el tercero incluido en la construcción de procesos tendientes a la incorporación de estudios y tendencias emergentes en nuevas tecnologías y conocimiento, se hace necesario reconocer el nivel de apertura de los estudiantes de la facultad respecto a estas nuevas tendencias y su nivel de identificación de tendencias emergentes, ésta vez, respecto al desarrollo de software y al conocimiento estratégico. De ésta forma, se propone estudiar cuáles elementos intervienen en la articulación de la Estrategia de Formación por Proyectos con los procesos misionales y visionales de la Corporación Universitaria Americana desde la óptica de desarrollo de software.

### **OBJETIVOS**

**Objetivo General:** Identificar de elementos articuladores entre la Estrategia de Formación por Proyectos y las tendencias de desarrollo de software en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana.

#### **Objetivos específicos:**

- Analizar las dinámicas relacionales del aprendizaje en los procesos de conversión del conocimiento.
- Relacionar los entornos de construcción colectiva en desarrollo de software con los niveles competencias a desarrollar en la Estrategia de Formación por Proyectos.
- Determinar el nivel de relación entre las variables identificadas en los espacios de construcción colectiva de desarrollo de software.

## **METODOLOGÍA**

La investigación es de carácter exploratorio con enfoque mixto donde para el estudio se analiza una muestra de 55 estudiantes de ingeniería utilizando, además de la hermenéutica, el estudio de pruebas de hipótesis chi-cuadrado para identificar relaciones entre las variables para distintos niveles de comprensión enmarcados en cada semestre. Epistemológicamente, se busca la identificación de relaciones entre conocimiento tácito y explícito. Ontológicamente, se parte del conocimiento individual hasta permear el conocimiento inter-organizacional.

Mediante un enfoque hermenéutico, se interpretan los discursos existentes en la construcción de los proyectos integradores para posteriormente diferenciar procesos de conversión del conocimiento en la espiral del conocimiento propuesta por Nonaka y Takeuchi, (1995). El instrumento utilizado a los 53 estudiantes fue el siguiente:

## **CONOCIMIENTO ESTRATÉGICO EN DESARROLLO DE SOFTWARE**

**Objetivo: Identificar las necesidades asociadas a las metodologías de desarrollo de software**

Semestre académico: \_\_\_\_

¿Su proyecto integrador o proyecto de grado está relacionado con el desarrollo de software?

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

¿Conoce contenido relacionado con el conocimiento estratégico en desarrollo de software?:

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

De las estrategias mencionadas en el encuentro, conocía:

\_\_\_\_ Ninguna \_\_\_\_ Una sola \_\_\_\_ Más de una \_\_\_\_ Todas

## **INSTRUCCIONES**

A continuación, se propondrán diversas afirmaciones relacionadas con la planeación, desarrollo y finalización del Foro de lecciones aprendidas. Se solicita que dili-

gencie la totalidad del cuestionario, marcando con una equis (X) en la casilla según su nivel de identificación, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el nivel más alto. De antemano muchas gracias por su objetividad en el diligenciamiento de ésta encuesta que será tenida en cuenta para propósitos investigativos.

CATEGORÍA	1	2	3	4	5
1. Sé qué es el conocimiento estratégico					
2. Considero que es importante participar en la industria de software					
3. Considero que es importante participar en un laboratorio de software					
4. Tengo claridad de la diferencia entre laboratorio de software e industria de software					
5. Considero importante el desarrollo de software en mi formación profesional					
6. Sé qué es un MOOC					
7. Me gustaría compartir mi conocimiento en desarrollo de software					
8. Considero que es necesaria la formación de una comunidad académica especializada en desarrollo de software					
9. Me gustaría ser consultor en desarrollo de software					
10. Considero importante conocer las diversas conexiones entre tecnologías existentes					
11. Tengo conocimiento de los diferentes métodos de desarrollo de software					
12. Tengo conocimiento de la dinámica del desarrollo de software en el sector industrial					
13. Utilizo medios distintos a los que provee la universidad para adquirir conocimientos en desarrollo de software					
14. Me parece importante la construcción de un semillero de desarrollo de software					
15. Prefiero el desarrollo de aplicaciones que el desarrollo de sistemas de información					
16. Considero que las asignaturas del plan de estudio responden a mis necesidades en desarrollo de software					
17. Considero que los temas tratados en las asignaturas del plan de estudio responden a mis necesidades en desarrollo de software					

Por favor, escriba su correo electrónico si le gustaría ser partícipe de la construcción de laboratorios de software y el fortalecimiento de la industria de software:

\_\_\_\_\_

¿Cuáles son las dificultades principales que identifica al momento de realizar algún desarrollo de software?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muchas gracias por el diligenciamiento consciente de ésta encuesta.

## RESULTADOS

Para cada una de las preguntas planteadas, se analizó la relación entre los resultados obtenidos y el semestre de los estudiantes, donde se establece como hipótesis nula la independencia de las variables. De las preguntas de la encuesta, las siguientes presentaron dependencia negando la hipótesis nula:

**Pregunta 15:** Prefiero el desarrollo de aplicaciones que el desarrollo de sistemas de información

Tabla 1. Resultados obtenidos para la pregunta 15 del instrumento de evaluación, las puntuaciones son de 1 a 5 (vertical) y los semestres de I a IX (horizontal)

Puntuación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	4
2	2	3	0	0	0	0	1	0	0	6
3	7	1	3	0	1	4	1	3	0	20
4	2	1	1	4	1	1	1	0	0	11
5	1	1	2	2	3	2	0	0	1	12
Total	13	6	6	6	6	7	5	3	1	53

Se obtiene un valor  $\chi_{32} \approx 46,86$

**Pregunta 5:** Considero importante el desarrollo de software en mi formación profesional

Tabla 2. Resultados obtenidos para la pregunta 5 del instrumento de evaluación, las puntuaciones son de 1 a 5 (vertical) sin respuesta para 1 y los semestres de I a IX (horizontal)

Puntuación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
3	2	0	2	0	0	1	0	0	1	6
4	6	0	1	2	1	2	1	0	0	13
5	5	6	3	4	3	4	4	3	0	32
Total	13	6	6	6	6	7	5	3	1	53

Se obtiene un valor  $\chi_{24} \approx 38,44$

**Pregunta 16:** Considero que las asignaturas del plan de estudio responden a mis necesidades en desarrollo de software.

Tabla 3. Resultados obtenidos para la pregunta 16 del instrumento de evaluación, las puntuaciones son de 1 a 5 (vertical) y los semestres de I a IX (horizontal)

Puntuación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1	0	0	0	0	4	2	1	2	0	9
2	2	1	1	2	0	3	2	1	1	13
3	7	1	2	0	0	1	1	0	0	12
4	3	1	0	4	2	0	1	0	0	11
5	1	3	3	0	0	1	0	0	0	8
Total	13	6	6	6	6	7	5	3	1	53

Se obtiene un valor  $\chi_{32} \approx 58,7$

**Pregunta 4:** Tengo claridad de la diferencia entre laboratorio de software e industria de software.

Tabla 4. Resultados obtenidos para la pregunta 4 del instrumento de evaluación, las puntuaciones son de 1 a 5 (vertical) y los semestres de I a IX (horizontal)

Puntuación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1	1	1	0	0	3	1	1	0	0	7
2	1	0	1	0	0	2	0	1	1	6
3	6	1	0	0	1	1	2	0	0	11
4	1	1	5	3	2	2	1	1	0	16
5	4	3	0	3	0	1	1	1	0	13
Total	13	6	6	6	6	7	5	3	1	53

Se obtiene un valor  $\chi_{32} \approx 46,7$

De acuerdo a la Estrategia de Formación por Proyectos, se identifican las siguientes etapas del proceso de conversión del conocimiento:

#### 1. Socialización:

- Captación del conocimiento (Interrelación con agentes externos)

- Diseminación del conocimiento (Transferencia de conocimiento entre individuos)

Estrategia de equipos autodirigidos

2. Externalización:

Diálogo y técnicas deductivas e inductivas.

3. Combinación:

Captura e integración – Recopilación, reflexión y síntesis

Diseminación – Procesos de transferencia de información

Procesado – Documentos e Informes

4. Internalización:

Actualización de conceptos

Inclusión del conocimiento explícito en tácito – Vivencias y experiencias

De esta forma, se identifica una traza de dinámica relacional en el aprendizaje en la espiral de conversión del conocimiento como se muestra en la figura.

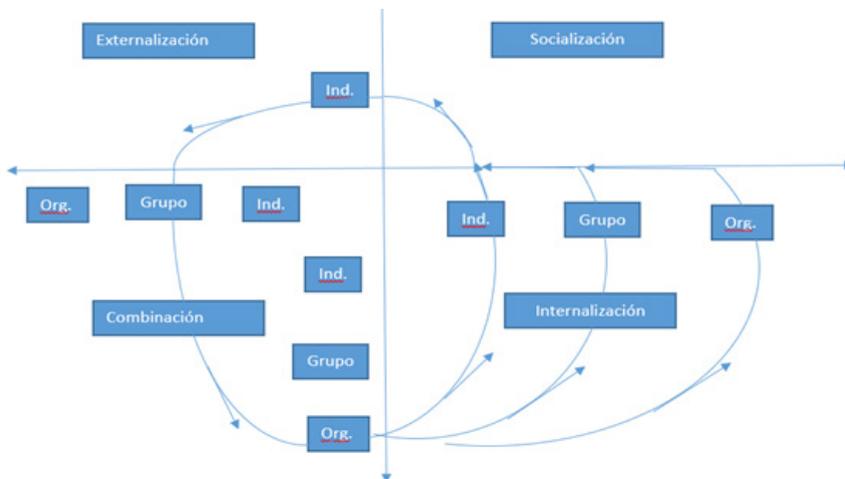


Figura 1. Traza de la dinámica relacional en el aprendizaje en la espiral de conversión del conocimiento

Fuente: Elaboración propia

La Estrategia de Formación por Proyectos, ha posibilitado que en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, se generen articulaciones e integraciones de base que trascienden a cambios estructurales en los programas posibilitando una dinámica interna definida por los diversos actores de proceso de aprendizaje. El desplazamiento entre cuadrantes de conversión del conocimiento, se direcciona en la medida en que desde las habilidades individuales (lo tácito), se externalizan y combinan procesos de creación que redundan en el reconocimiento constante del estado actual de las profesiones respecto a los retos profesionales que se plantean.

En ese orden de ideas, los proyectos integradores implican un reconocimiento de éstas tendencias en la medida en que promueven espacios de conceptualización donde se privilegia la reflexión, metacognición e integración respecto a la construcción de una comunidad académica donde mediante la construcción de proyectos se conforme una imagen continuamente renovada del perfil del ingeniero de sistemas en la facultad. Finalmente, al visualizar la tabla 2, relacionada con las competencias de ABET, se identifica que la competencia A3, que está relacionada con la capacidad para diseñar sistemas, implica un verdadero enfoque holístico del quehacer ingenieril, donde el trabajo trasciende de lo disciplinar hacia lo transdisciplinar, incluyendo una perspectiva orientada hacia la construcción de soluciones para problemas que aún no se han generado, pero que mediante un enfoque real de lectura del contexto, se interpretan y generan en la búsqueda de un “anticiparse” a las condiciones del medio, tal es el reto del ingeniero de sistemas y de las profesiones en general.

**Tabla 5. Competencias de ABET, tomado de [www.abet.org](http://www.abet.org)**

A1	Capacidad para aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
A2	Capacidad para diseñar y dirigir experimentos, así como para analizar e interpretar datos.
A3	Capacidad para diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades con enfoques reales: económicos, ambientales, sociales, políticos, éticos, saludables y seguros, manufacturables y sostenibles.
A4	Capacidad de participar en equipos multidisciplinarios.
A5	Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
A6	Entender la responsabilidad profesional y ética.

A7	Capacidad para comunicarse efectivamente.
A8	La amplia formación necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto global, económico, ambiental y social.
A9	Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente.
A10	Conocer los problemas contemporáneos.
A11	Capacidad de usar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de la ingeniería necesarias para la práctica ingenieril.

### CONSIDERACIONES FINALES

El estudio de diversas metodologías de acceso al conocimiento y la reflexión de la realidad, permite considerar, que todos sin excepción están en la búsqueda del control, del ocultamiento de aquello que no es concebido como verdadero. La consideración de todas las dimensiones medibles y no medibles del objeto, quizá pensados como una quimera convenientemente adecuada a la esfera discursivo-social aun cuando podría considerarse como una solución, ampliaría el límite de los errores y por tanto de la medición, es así como a medida que se utilice más luz para medir, el nivel de excitación de los conceptos resultará en una mayor indeterminación de la cosa en sí, de ahí que se “replegué”.

El debate está abierto y la construcción es continua quiérase o no, quizá solo baste con dedicarse al estudio de los algoritmos constructores de relaciones, algoritmos cambiantes que de una u otra forma se entretajan en el diario vivir y el emergente paradigma digital que cautelosamente se ha ido integrando a las acciones diarias del conocer.

Actualmente, hay un enfrentamiento al nuevo paradigma digital, donde se padece con paciencia, dolor o quizá resignación el rigor de la incertidumbre y la redefinición más o menos conveniente, de antiguas corrientes hegemónicas que con disfraz de emergentes se entretajan en las nuevas formas de concebir los problemas actuales, será necesario entonces analizar los factores del entorno para construir una aproximación al algoritmo minimizante de tal incertidumbre, nuevamente, la vida tendrá la última palabra.

A raíz de uno de los componentes fundamentales de la Estrategia de Formación por Proyectos denominado proyectos integradores, se potencia un andamiaje coherente con la dinámica académica que posibilita la consecuente propagación de tendencias emergentes en desarrollo de software de cara al fortalecimiento de la competencia genérica A3 planteada por la acreditadora internacional ABET para el programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Americana.

Los niveles de riesgo organizacional que implican el hecho de implementar una innovación educativa en materia de desarrollo de software derivada de la maduración de la Estrategia de Formación por Proyectos dependerán del nivel de aproximación de la comunidad educativa hacia el avance en la traza de la dinámica relacional en el aprendizaje y la espiral de conversión del conocimiento.

El avance a niveles superiores en la espiral de conversión de conocimiento depende en primera instancia de la construcción de espacios de socialización donde se pueda identificar el nivel de posicionamiento en relación a los marcos de referencia y competencias a desarrollar en la búsqueda de facilitar procesos de pensamiento crítico, creativo y colaborativo.

Respecto al análisis del instrumento de toma de datos, se observó relación entre el semestre y la claridad del estudiante respecto a la diferencia entre laboratorio del software e industria de software, igualmente existe relación entre el semestre y el nivel de importancia que los estudiantes le asignan al desarrollo de software en la carrera, hay relación entre el semestre y la preferencia de desarrollo de los estudiantes (se decidió entre aplicaciones y sistemas de información) también se observó relación entre el semestre y el plan de estudio en las necesidades del estudiantes en el desarrollo del software.

Por último, en la encuesta realizada, en las preguntas en las cuales no se observó relación, vale la pena realizar un estudio más profundo tendiente a caracterizar mejor el tipo de tercero excluido y su influencia en la relación de variables.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Álvarez, M.; Serna, S.; Villada, M. y López, B. (2012). Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil. *Journal of Technology and Engineering*, 1(2), 40-63.
- Bajtín, M. M. (1982). *Estética de la creación verbal*. México: Siglo XXI editores.
- Benveniste, É. (1977). *problemes de linguistique généraIs, ii*. París: Gallimard.
- Canelero, N. (2015). Consideraciones gnoseológico-ontológicas. En Rojo, *Cuaderno de estética*. Rosario: Ciudad Gótica.
- Cisneros, L. (2012). La reducción inevitable: sobre la definición en el discurso académico. En P. L. P., *Retóricas del decir. Lenguaje, verdad y creencia en la escritura académica*.
- De la Herrán, A. (2011). Complejidad y transdisciplinariedad. *Revista Educação Skepsis*, 294-320.
- Dewey, J. (1986). Los nuevos conceptos de la experiencia y la razón. En *La Reconstrucción de la filosofía DEWEY, J.* Agostini, Barcelona: Planeta.
- Dilthey. (1995). Vida y Conocimiento, Proyecto de Lógica Gnoseológica y Teoría de las categorías. *Crítica de la Razón Histórica*, 188.
- James, W. (1984). Conferencias II. El significado del pragmatismo. En *Pragmatismo* (pág. 53). Buenos Aires: Hyspamérica.
- Mehra, J. (1975.). *The Solvay Conferences on Physics. Aspects of the Development of Physics since 1911.* . Dordrecht, Netherlands:: Reidel.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.

Piaget, J. (1972). talks of Jean Piaget, Erich Jantsch and André Lichnerowicz. *Interdisciplinarity – Teaching and Research Problems in Universities*. París: OECD.

Samaja, J. (1995). ¡La bolsa o la especie!. Inédito. *Revista científica de la Facultad de Bellas Artes*, 35.

Wald, G. (1958). “Innovation in Biology”. *Rev. Scientific American*, nº 3.



## **LA INVESTIGACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE ÁREAS DE CIENCIAS BÁSICAS DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA\***

---

**JORGE ELIÉCER VILLARREAL FERNÁNDEZ<sup>1</sup>**

**SANDRA MILENA ÁLVAREZ ARBOLEDA<sup>2</sup>**

**CAMILO ANDRÉS ECHEVERRI GUTIÉRREZ<sup>3</sup>**

**LINA MARÍA GALLEGO RAMÍREZ<sup>4</sup>**

**JHON JAIRO RICO VALENCIA<sup>5</sup>**

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación titulado “La contextualización de los conceptos matemáticos como base para el mejoramiento de la motivación”, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana.

1 Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [jvillarreal@coruniamericana.edu.co](mailto:jvillarreal@coruniamericana.edu.co)

2 Magister en ciencias de la ingeniería. Ingeniera matemática. [salvarez@coruniamericana.edu.co](mailto:salvarez@coruniamericana.edu.co)

3 Maestría/Magister en Administración Empresarial, Tecnológico de Monterrey. Especialista en Gestión Tributaria, Universidad De Antioquia – UdeA. Vicerrector financiero Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [cecheverri@coruniamericana.edu.co](mailto:cecheverri@coruniamericana.edu.co)

4 Doctora en Tecnologías de la educación, Centro Universitario Mar de Cortés. Magister en Psicopedagogía, Universidad Internacional de la Rioja. Maestría/Magister en Psicopedagogía Ministerio De Educación Nacional – Mineducación. Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [lina.gallegoramirez@gmail.com](mailto:lina.gallegoramirez@gmail.com)

5 Magister en Dirección Comercial y Marketing, Universidad Complutense de Madrid. Director del programa de Administración de empresas Corporación Universitaria Americana. [jrico@coruniamericana.edu.co](mailto:jrico@coruniamericana.edu.co)

**RESUMEN**

El mejoramiento de la calidad de la Educación Superior pasa por el ordenamiento de los diferentes aspectos que conforman el todo del proceso. Uno de estos aspectos, de los más importantes, es el académico ya que es el que permite determinar que el fin último de que los desarrollos culturales no sean solo llevados sino asimilados por los estudiantes. Para la consecución de este logro se requiere un mejoramiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes sea óptimo y que concuerde con el proceso de enseñanza de parte de los docentes. Este trabajo presenta el inicio del proceso de investigación sobre los procesos de aprendizaje de algunos grupos de estudiantes de la Corporación Universitaria Americana, muestra el marco teórico y las características de los instrumentos que se emplean para lograr un perfil cognitivo de cada estudiante y las posibilidades en la enseñanza.

**Palabras clave:** estilos de aprendizaje, dominancia hemisférica, Inteligencias Múltiples, motivación y estrategias de aprendizaje, Ciencias Básicas.

**THE RESEARCH FOR THE IMPROVEMENT OF LEARNING PROCESSES IN STUDENTS IN BASIC SCIENCE AREAS OF THE CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA****ABSTRACT**

The improvement of the quality of Higher Education goes through the ordering of the different aspects that make up the whole of the process. One of these aspects, of the most important, is the academic since it is the one that allows to determine that the last aim of which the cultural developments are not only taken but assimilated by the students. Achieving this achievement requires an improvement in the student's learning processes that is optimal and consistent with the teaching process on the part of teachers. This paper presents the beginning of the research process on the learning processes of some groups of students of the Corporación Universitaria Americana, shows the theoretical framework and the characteristics of the instruments used to achieve a cognitive profile of each student and the possibilities in teaching.

**Keywords:** Styles of learning, hemispheric dominance, multiple intelligences, motivation and learning strategies, Basic Sciences.

## INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la calidad de la Educación Superior se ha convertido en una de las consignas que desde el Ministerio de educación se han esgrimido para que el país pueda mejorar sus resultados tanto a nivel nacional como internacional. Dentro de los puntos que preocupan al Ministerio se encuentra el problema de la deserción y la no graduación de miles de estudiantes por lo que se han planteado diferentes estrategias con este fin (Ministerio de Educación Nacional, 2015), entre las que se encuentran el mejorar las competencias de los estudiantes para el ingreso a la educación superior por medio de programas de transición y una mejor articulación entre la educación media y la superior, el actualizar las prácticas pedagógicas de los docentes, brindar apoyo académico y socio-afectivo, proporcionar subsidios de sostenimiento y oportunidades de generación de ingreso para los estudiantes de más bajos recursos económicos y profundizar en un programa masivo de orientación profesional.

Teniendo en cuenta estos planteamientos y que la población estudiantil de la Corporación Universitaria Americana está dentro del grupo con mayores riesgos de deserción dadas las dificultades de tiempo con que cuentan para el estudio independiente, la diversidad de personas que ingresan y el tiempo que una gran cantidad de ellos llevan sin estudiar se requiere tener especial cuidado en las acciones que lleven a la permanencia de los estudiantes en la Institución.

Las Ciencias Básicas y la edad de los estudiantes han sido un factor importante en la deserción, es así que en estas áreas hay mayor nivel de deserción entre más edad tengan los estudiantes (López y Franco, 2010), lo que es uno de los casos típicos en la Institución. Es por esto que se requiere un proceso que permita que estos estudiantes reciban la atención adecuada, en todos los niveles, y los apoyos que requieren en sus procesos de desarrollo de competencias en Ciencias Básicas.

La Corporación Universitaria Americana ha venido asumiendo, en su proceso de mejoramiento de la calidad, la educación para el desarrollo de competencias, asumiendo para esto el modelo de competencias Tuning, el cual sigue un enfoque in-

tegrador incluyendo en ellas conocimientos, comprensión y habilidades que se espera que el estudiante domine, comprenda y demuestre después de completar un proceso de aprendizaje (Campos, 2011) por lo que es necesario que se tenga claro entre los docentes como el estudiante adquiere los conocimientos, como llega a comprender y como desarrolla las habilidades solicitadas.

Al hablar de conocimiento, comprensión y habilidad, se está hablando de cognición, de elementos que tienen características cognitivas y que por lo tanto pueden diferir en la forma en que se adquieren desde cada persona. Es así que encontramos diferentes formas de aprender, diferentes procesos de comprensión y desarrollos de habilidades de forma desigual pero que han venido siendo caracterizados por diferentes enfoques teóricos.

El conocimiento de estos elementos en los estudiantes permite que los docentes puedan pensarse sus clases de una mejor manera, orientando su labor hacia objetivos más precisos en los estudiantes ya que se sabría cómo llegar a la Institución o en qué niveles se encuentran después de un determinado tiempo en ella, permitiendo esto una transformación de las prácticas de aula acorde a las características y necesidades ya reconocidas en los estudiantes.

De esta posibilidad surge la idea del proceso de investigación y de la etapa en que se encuentra por lo que se plantea la siguiente pregunta problematizadora:

¿Cuál es el perfil cognitivo en relación con estilos de aprendizaje, hemisferio cerebral dominante, tipo de inteligencia, motivación, actitudes y estrategias de aprendizaje de los estudiantes de cursos de Ciencias Básicas de la Corporación Universitaria Americana?

### **REFERENTE TEÓRICO**

El perfil que se escogió tiene varios conceptos a trabajar, están los Estilos de Aprendizaje, los tipos de Inteligencia, el hemisferio cerebral dominante y lo que tiene que ver con motivación, actitudes y estrategias de aprendizaje, todo desde un punto de

vista cognitivo. Son varios los autores que trabajan cada uno de estos elementos, los escogidos se han tenido en cuenta por diferentes razones, la sustentación teórica que ofrecen, los resultados de investigaciones y la facilidad de aplicación de la propuesta.

### **Estilos de Aprendizaje**

Para Alonso et al (1994), los estilos de aprendizaje “Son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje” (p.104), son las distintas formas en que los estudiantes moldean los contenidos y conceptos, resuelven problemas de su entorno e interpretan la información (Gallego & Nevot, 2008).

Los estilos de enseñanza son categorías de preferencias y comportamientos de enseñanza que el docente exhibe habitualmente en cada fase o momento de la actividad de enseñanza que se fundamentan en actitudes personales que le son inherentes, en que han sido abstraídos de su experiencia académica y profesional y en que tienen como referente los Estilos de Aprendizaje (Renes, Echeverry, Chiang, Rangel, & Martínez Geijo, 2013).

Estos dos conceptos fueron tomados fundamentalmente de la adaptación que le hace Catalina Alonso, Peter Honey y Mumford al modelo inicial de Kolb en el cual, prescinden parcialmente de la insistencia en el factor (Gallego & Nevot, 2008); y los describen así:

- *Estilo de aprendizaje Activo.* Las personas que tienen predominancia en este estilo se implican plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias. Son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas. Sus días están llenos de actividad. Se crecen ante los desafíos de nuevas experiencias, y se aburren con los largos plazos. Piensan que por lo menos una vez hay que intentarlo todo. Son personas muy de grupo que se involucran en los asuntos de los demás y centran a su alrededor todas las actividades.
- *Estilo de aprendizaje Reflexivo.* A los reflexivos les gusta considerar experien-

cias y observarlas desde diferentes perspectivas. Reúnen datos, analizándolos con detenimiento antes de llegar a alguna conclusión. Su filosofía consiste en ser prudente. Disfrutan observando la actuación de los demás, escuchan a los demás y no intervienen hasta que se han adueñado de la situación. Crean a su alrededor un aire ligeramente distante y condescendiente.

- *Estilo de aprendizaje Teórico.* Los teóricos enfocan los problemas de forma vertical escalonada, por etapas lógicas. Tienden a ser perfeccionistas. Integran los hechos en teoría coherentes. Son profundos en su sistema de pensamiento, a la hora de establecer teorías, principios y modelos. Les gusta analizar y sintetizar. Buscan la racionalidad y la objetividad huyendo de lo subjetivo y de lo ambiguo. Par ellos si es lógico son bueno.
- *Estilo de aprendizaje Pragmático.* El punto fuerte de las personas con predominancia en estilo pragmático es la aplicación práctica de las ideas. Descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentarlas. Les gusta actuar rápidamente y con seguridad con aquellas ideas y proyectos que les atraen. Tienden a ser impacientes cuando hay personas que teorizan. Pisan la tierra cuando hay que tomar una decisión o resolver un problema. Su filosofía es siempre se puede hacer mejor, si funciona es bueno (Nevot, 2004).

Alonso (1997) agrega otras características a los cuatro estilos de aprendizaje definidos por Honey y Mumford anteriormente. Así, divide estas características en dos grupos: características principales (más significativas) y otras características.

Las personas con predominio claro de Estilo Activo poseerán algunas de las siguientes características principales: animador, improvisador, descubridor, arriesgado y espontáneo. Otras características son: creativo, novedoso, aventurero, renovador, inventor, vital, vividor de la experiencia, generador de ideas, lanzado, protagonista, chocante, innovador, conversador, líder, voluntarioso, divertido, participativo, competitivo, deseoso de aprender, solucionador de problemas y cambiante. (Gallego & Nevot, 2008)

Las personas que tengan un predominio de Estilo Reflexivo tendrán alguna de las siguientes características: ponderado, concienzudo, receptivo, analítico y exhaustivo. Otras características son: observador, recopilador, paciente, cuidadoso, detallista, elaborador de argumentos, previsor de alternativas, estudioso de comportamientos, registrador de datos, investigador, asimilador, escritor de informes y/o declaraciones, lento, distante, prudente, inquisidor y sondeador.

Entre las características de las personas con un alto grado de Estilo Teórico destacan: metódico, lógico, objetivo, crítico y estructurado. Otras características son: disciplinado, planificado, sistemático, ordenado, sintético, razonador, pensador, relacionador, perfeccionista, generalizador, explorador, inventor de procedimientos y buscador de hipótesis, modelos, preguntas, supuestos subyacentes, conceptos, finalidad clara, racionalidad, “por qué”, sistemas de valores (Nevot, 2004).

Mientras que las personas que tengan un predominio en Estilo Pragmático presentan algunas de las siguientes características: experimentador, práctico, directo, eficaz y realista. Otras características son: técnico, útil, rápido, decidido, planificador, positivo, concreto, objetivo, claro, seguro de sí, organizador, actual, solucionador de problemas, aplicador de lo aprendido y planificador de acciones.

### **Hemisferio cerebral dominante**

Este modelo se centra en identificar el hemisferio cerebral predominante, interpretando que aquel que tiende al hemisferio izquierdo

Está más especializado en el manejo de los símbolos de cualquier tipo: lenguaje, álgebra, símbolos químicos, partituras musicales. Es analítico y lineal, procede de forma lógica, mientras que aquel que tiende al hemisferio derecho es efectivo en la percepción del espacio, es global, emocional, imaginativo, sintético e intuitivo (DGB, 2004, p. 35).

La idea de que cada hemisferio está especializado en una modalidad distinta de pensamiento ha llevado al concepto de uso diferencial de hemisferios. Esto significa

que existen personas que son dominantes en su hemisferio derecho y otras dominantes en su hemisferio izquierdo (DGB, 2004, p. 35).

Mientras el hemisferio izquierdo puede describirse como analítico, lineal y secuencial, eficiente para procesar información verbal, y para codificar y decodificar el habla, el hemisferio derecho combina las partes para crear un todo, es sintético, relaciona las partes separadas, procesa en paralelo.

El hemisferio lógico (izquierdo) analiza los detalles, se concentra en las palabras y los números, tiene capacidad matemática, de lectura y escritura. El hemisferio holístico (derecho) procesa la información de tal modo que parte de todo a lo específico, más que lógico es intuitivo, piensa en sentimientos e imágenes, estas diferencias vienen acompañadas de habilidades asociadas.

Por otra parte, la predominancia de cada hemisferio cerebral permite contemplar un determinado comportamiento del alumno en el aula, lo que logra diferenciar más puntualmente el estilo de aprendizaje.

Es importante mencionar que el hecho de tener inclinación a un hemisferio cerebral no es determinante en su forma de conocer, concebir el mundo ni actuar frente a distintas situaciones, es así que

Un hemisferio no es más importante que el otro: para poder realizar cualquier tarea necesitamos usar los dos hemisferios... pero la mayoría de nosotros tendemos a usar uno más que el otro, o preferimos pensar de una manera o de otra. Cada manera de pensar está asociada con distintas habilidades (Verlee, citado por DGB, 200, p. 36).

A lo largo del tiempo diversos centros de estudio han emprendido investigaciones en base a diferentes modelos que les permitan identificar los estilos de aprendizaje acuñados por los estudiantes. Esta información es de vital importancia cuando de mejorar los procesos de entendimiento y enseñanza se trata. Como se describe en las tablas 1,2 y 3.

Tabla 1. *Modos de pensamiento*

<b>Hemisferio izquierdo</b>	<b>Hemisferio derecho</b>
Lógico y analítico	Holístico e intuitivo
Abstracto	Concreto
Secuencias (de la parte al todo)	Global (del todo a la parte)
Lineal	Aleatorio
Realista	Fantástico
Verbal	No verbal
Temporal	Atemporal
Simbólico	Literal
Cuantitativo	Cualitativo
Lógico	Analógico

Fuente: Diseñado por los autores a partir de información obtenida de Kazau

Tabla 2. *Habilidades Asociadas*

<b>Hemisferio izquierdo</b>	<b>Hemisferio derecho</b>
Escritura	Relaciones espaciales
Símbolos	Formas y pautas
Lenguaje	Cálculos matemáticos
Lectura	Canto y música
Ortografía	Sensibilidad al color
Oratoria	Expresión artística
Escucha	Creatividad
Localización de hechos y detalles	Visualización, mira la totalidad
Asociaciones auditivas	Emociones y sentimientos
Procesa una cosa por vez	Procesa todo al mismo tiempo
Sabe cómo hacer algo	Descubre que puede hacerse

Fuente: Diseñado por los autores a partir de información obtenida de Kazau

Tabla 3. *Comportamiento en el aula*

<b>Hemisferio izquierdo</b>	<b>Hemisferio derecho</b>
Visualiza símbolos abstractos (letras, números) y no tiene problemas para comprender conceptos abstractos.	Visualiza imágenes de objetos concretos pero no símbolos abstractos como letras o números
Verbaliza sus ideas	Piensa en imágenes, sonidos, sensaciones, pero no verbaliza esos pensamientos

Aprende de la parte al todo y absorbe rápidamente los detalles, hechos y reglas.	Aprende del todo a la parte
Analiza la información paso a paso.	No analiza la información, la sintetiza
Quiere entender los componentes uno por uno	Para entender las partes necesita partir de la imagen global
Les gustan las cosas bien organizadas y no se van por las ramas	Es relacional, no le preocupan las partes en sí, sino saber cómo encajan y se relacionan unas partes con otras
Necesitan orientación clara, por escrito y específica	
Se siente incómodo con las actividades abiertas y poco estructuradas	Aprende mejor con actividades abiertas, creativas y poco estructuradas
Le preocupa el resultado final	Les preocupa más el proceso que el resultado final
Le gusta comprobar los ejercicios y le parece importante no equivocarse	No les gusta comprobar los ejercicios, alcanzan el resultado final por intuición
Quiere verificar su trabajo	
Lee el libro antes de ir a ver la película	Necesita imágenes, ve la película antes de leer el libro
Su tiempo de reacción promedio es de 2 seg.	Su tiempo de reacción promedio es de 3 seg.

*Fuente: Diseñado por los autores a partir de información obtenida de Kazau*

### Inteligencias Múltiples

Howard Gardner, Psicólogo, creador de la teoría de las Inteligencias Múltiples, desde el inicio de los años 90, ha realizado un gran aporte al sistema educativo al romper con los esquemas tradicionales que se tenían acerca de este concepto. Por largos años la inteligencia se consideró como algo innato e inamovible, se nacía inteligente o no, y la educación no podía hacer nada para cambiarlo. Este hecho, promovió la exclusión social y educativa de las personas con discapacidad bajo el supuesto que era un esfuerzo inútil el enseñarles, por la evidencia de sus deficiencia.

Gardner define la Inteligencia como la capacidad para resolver problemas cotidianos, para generar nuevos problemas y para crear productos u ofrecer servicios válidos dentro del propio ámbito cultural (1994, p.10). Según lo anterior, la mayoría de las personas están en posibilidad de desarrollar todas estas inteligencias hasta poseer en cada una un nivel de competencia razonable a partir de tres factores principales:

- Dotación biológica: la cual incluye factores genéticos o hereditarios y daños, lesiones o heridas que el cerebro haya recibido a nivel prenatal, perinatal y postnatal.
- Historia de vida personal: en esta, se incluyen todas las experiencias vitales con la familia, la escuela, la comunidad y otras personas que ayuden a potenciar las inteligencias.
- Antecedente cultural e histórico: en esta se incluyen las épocas y los lugares donde las personas nacen y se educan y la naturaleza y estado de los desarrollos culturales o históricos en diferentes dominios.

El aporte de Gardner ha sido vital porque amplió el campo de la inteligencia por el reconocimiento que todos los seres humanos tienen formas diferentes para aprender y para apropiarse del conocimiento, en este sentido, se deben implementar nuevas formas de enseñanza. Estas inteligencias no son mejores ni peores, solo son diferentes; lo que significa que todas deben ser identificadas, respetadas y potenciadas. Además, al definir la inteligencia como una capacidad, se convierte en una competencia que se puede enseñar y aprender; esto significa que todos nacemos con unas potencialidades marcadas pero esas potencialidades se van a desarrollar de una manera o de otra dependiendo del medio ambiente, de la cultura y de las experiencias educativas, entre otras.

Bajo este supuesto, las personas pueden conocer el mundo de siete modos diferentes: a través del lenguaje, del análisis lógico-matemático, de la representación espacial, del pensamiento musical, del uso del cuerpo para resolver problemas o realizar diferentes actividades, de una comprensión de los demás individuos y de una comprensión sobre sí mismos.

Esta teoría permite viabilizar los procesos de inclusión educativa, que se adelantan en el país, pues al contar con los nuevos descubrimientos de la neurociencia, la lingüística y la psicología cognitiva, posibilita trascender la concepción de la mente global, elaborada por Decroly e introducida al país en la década de los años 20 para fundar y constituir la educación especial. Según esta concepción si una persona

presentaba algún déficit toda su mente estaba afectada. Hoy sabemos que la plasticidad cerebral permite que el cerebro compense y supla las funciones que poseen alguna deficiencia a través de procesos de desplazamiento motor, sensorial, cognitivo y lingüístico (Álvarez, Serna, Villada, y López, 2012).

La teoría de las inteligencias múltiples parte por considerar que la mente no es global sino que es un sistema de símbolos. El enfoque de los sistemas simbólicos le va a permitir a Gardner darse cuenta que las investigaciones de los enfoques del coeficiente intelectual, de la psicología genética de Piaget y del procesamiento de la información centraron sus hallazgos fundamentalmente en problemas de lógica o lingüísticos y “todos ignoran la biología, todos evitan luchar a brazo partido con los niveles más altos de la creatividad y todos son insensibles a la diversidad de papeles destacados en la sociedad humana” (Gardner 1999, p.57).

Este vacío es el que va a permitir a Gardner el enfoque de sistemas simbólicos para caracterizar la mente. Esto significa que se trata de un enfoque sistémico integral donde no solo descubre y se interesa por el sistema lingüístico y matemático, sino, que abre al abanico de sistemas hacia “una diversidad completa de sistemas simbólicos que comprenden los musicales, corporales, espaciales e incluso los personales” (Gardner 1999, p.58).

El reto de la teoría va a ser “componer un retrato del desarrollo de cada una de estas formas de la competencia simbólica y determinar empíricamente qué conexiones o distinciones pudieran obtenerse con ellas” (Gardner 1999, p.58). Es decir, se trata de un programa que se interesa por cartografiar el desarrollo de la competencia simbólica en los diferentes sistemas simbólicos. Para desarrollar este reto se asumen las descripciones paramétricas de la inteligencia, genéticas, del procesamiento de la información y se agrega el conocimiento de la biología y la neuropsicología.

Desde el enfoque de sistemas simbólicos lo que distingue a los seres humanos de otras especies es la expresión y comunicación de significados. Estos significados pueden ser operados bajo dominios universales como el caso del lenguaje o en dominios singulares como en el caso de la música.

El desafío de descubrir la estructura de cada sistema simbólico particular a través de la inteligencia respectiva unida a la forma en que puede representarse en el sistema nervioso es lo que lleva a Gardner a plantear que su enfoque es

Determinantemente liberal. Analice información de una diversidad de fuentes – incluyendo datos desarrollistas, hallazgos psicométricos, descripciones de poblaciones especiales, como los idiots savants y prodigios- todo en un esfuerzo por lograr una descripción óptima de cada dominio de cognición y simbolización [...] sin embargo [...] creo que la información más valiosa (y menos engañadora) proviene de un conocimiento profundo del sistema nervioso: cómo está organizado, cómo se desarrolla, cómo falla. Me parece que los hallazgos sobre el cerebro sirven como la corte de última instancia, el último árbitro entre descripciones en competencia de la cognición (Gardner 1999, p.62-63).

La teoría de Gardner se puede caracterizar como una teoría sistémica integral en la cual existen unas relaciones con el enfoque de sistemas simbólicos-la semiótica-la neuropsicología-la biología-la psicología cognitiva desarrollista. A continuación se va a describir las características de los sistemas simbólicos particulares o tipos de inteligencias:

Tabla 4. *Tipos de Inteligencia*

**Inteligencia lógica - matemática**, es la capacidad que se activa para resolver problemas de lógica y matemáticas, para usar los números de manera efectiva y de razonar adecuadamente. Incluye la sensibilidad a los esquemas y relaciones lógicas, las afirmaciones y las proposiciones, las funciones y otras abstracciones relacionadas. Es la inteligencia que tienen los científicos; se corresponde con el modo de pensamiento del hemisferio lógico y con lo que nuestra cultura ha considerado siempre como la única inteligencia. Las personas que la han desarrollado analizan con facilidad planteos y problemas; se acercan a los cálculos numéricos, estadísticos y presupuestos con entusiasmo.

**Inteligencia lingüística**, es la capacidad de usar las palabras de manera efectiva, en forma oral o escrita. Incluye la habilidad en el uso de la sintaxis, la fonética, la semántica y los usos pragmáticos del lenguaje (la retórica, la mnemónica, la explicación y el matalenguaje). Se observa en los escritores, los poetas y los buenos redactores. Utiliza ambos hemisferios. Está en las personas a las que les encanta redactar historias, leer, jugar con rimas, trabalenguas y en los que aprenden con facilidad otros idiomas.

**Inteligencia espacial**, es la capacidad para formar un modelo mental del mundo en tres dimensiones, permite percibir imágenes externas e internas, recrearlas, transformarlas o modificarlas, recorrer el espacio o hacer que los objetos lo recorran y producir o decodificar información gráfica. Es la inteligencia que tienen los marineros, los ingenieros, los cirujanos, los escultores, los arquitectos, o los decoradores.

Se encuentra en las personas que estudian mejor con gráficos, esquemas, cuadros, les gusta hacer mapas conceptuales y mentales y entienden muy bien planos y croquis.

**Inteligencia musical**, es la capacidad de percibir, discriminar, transformar y expresar las formas musicales; incluye la sensibilidad al ritmo, al tono y al timbre. Es la inteligencia de los cantantes, compositores, músicos y bailarines.

Las personas que la evidencian se sienten atraídos por los sonidos de la naturaleza y por todo tipo de melodías. Disfrutan siguiendo el compás con el pie, golpeando o sacudiendo algún objeto rítmicamente.

**Inteligencia corporal - cinestésica**, es la capacidad para usar todo el cuerpo para resolver problemas, realizar actividades, para expresar ideas y sentimientos, y la facilidad en el uso de las manos para transformar elementos. Incluye habilidades de coordinación, destreza, equilibrio, flexibilidad, fuerza y velocidad, como así también la capacidad cinestésica y la percepción de medidas y volúmenes para realizar actividades o resolver problemas. Es la inteligencia de los deportistas, los artesanos, los cirujanos y los bailarines.

Se aprecia en personas que se destacan en actividades deportivas, danza, expresión corporal y / o en trabajos de construcciones utilizando diversos materiales concretos, además en aquellos que son hábiles en la ejecución de instrumentos.

**Inteligencia intrapersonal**, es la capacidad de construir una percepción precisa respecto de sí mismo y de organizar y dirigir la propia vida. Incluye la autodisciplina, la autocomprensión y la autoestima es la que permite entenderse cada uno a sí mismo. No está asociada a ninguna actividad concreta.

Se encuentra muy desarrollada en teólogos, filósofos y psicólogos, entre otros

La evidencian personas que son reflexivos, de razonamiento acertado y suelen ser consejeros de sus pares.

**Inteligencia interpersonal**, es la capacidad de entender a los demás e interactuar eficazmente con ellos. Incluye la sensibilidad a expresiones faciales, la voz, los gestos y posturas y la habilidad para responder; es la que permite entender a los demás, y se suele encontrar en los buenos vendedores, políticos, profesores o terapeutas.

La tienen las personas que disfrutan trabajando en grupo, que son convincentes en sus negociaciones con pares y mayores, y entienden a sus compañeros.

La inteligencia intrapersonal y la interpersonal conforman la inteligencia emocional y juntas determinan la capacidad del ser humano de dirigir su propia vida de manera satisfactoria.

**Inteligencia naturalista**, es la capacidad de distinguir, clasificar y utilizar elementos del medio ambiente, objetos, animales o plantas, tanto del ambiente urbano como suburbano o rural. Incluye las habilidades de observación, experimentación, reflexión y cuestionamiento del entorno, se utiliza cuando se observa y estudia la naturaleza. Es la que demuestran los botánicos, cazadores, ecologistas y paisajistas, entre otros.

Se da en las personas que aman los animales, las plantas; que reconocen y les gusta investigar características del mundo natural.

## Motivación y estrategias de aprendizaje

Aprender significa situarse de manera adecuada frente a unos contenidos, inter-

pretarlos, asimilarlos, retenerlos, para poder ser expresados en situaciones donde se requiera, sean aplicaciones prácticas en la vida cotidiana o en el rendimiento de exámenes, por esto las estrategias de aprendizaje y los hábitos de estudio son factores importantes para el rendimiento académico, ya que se deben poner en juego una serie de destrezas, habilidades y técnicas que se obtienen con el ejercicio y que permiten alcanzar el objetivo propuesto.

Gran parte de la bibliografía referida a la motivación alude a la distinción entre motivación intrínseca y extrínseca. Hay coincidencia entre los distintos autores en vincular a la motivación intrínseca con aquellas acciones realizadas por el interés que genera la propia actividad, considerada como un fin en sí misma y no como un medio para alcanzar otras metas.

La orientación motivacional extrínseca, es la que aquella que lleva al individuo a realizar una determinada acción para satisfacer otros motivos que no están relacionados con la actividad en sí misma, sino más bien con la consecución de otras. La motivación parece incidir sobre la forma de pensar y con ello sobre el aprendizaje, las distintas orientaciones motivacionales pueden producir consecuencias diferentes para el aprendizaje.

Es posible que el alumno motivado intrínsecamente esté más dispuesto a aplicar un esfuerzo mental significativo durante la realización de la tarea, a comprometerse en procesamientos más ricos y elaborados y en el empleo de estrategias de aprendizaje más profundas y efectivas. Parece más probable que un estudiante motivado extrínsecamente se comprometa en ciertas actividades sólo cuando éstas ofrecen la posibilidad de obtener recompensas externas; además, es posible que tales estudiantes opten por tareas más fáciles, cuya solución les asegure la obtención de la recompensa.

Otro de los constructos vinculados a la motivación es el relativo a la valoración de las tareas. Una valoración positiva de las tareas podría conducir al estudiante a involucrarse más en el propio aprendizaje y a utilizar estrategias cognitivas más

frecuentemente. Cuando las tareas académicas son percibidas como interesantes, importantes y útiles los estudiantes pueden estar más dispuestos a aprender con comprensión.

Los sentimientos o creencias de autoeficacia también son vinculados con la motivación. Conciernen a las percepciones de los estudiantes sobre su capacidad para desempeñar las tareas requeridas en el curso. La idea que tengamos sobre nuestras propias capacidades influye en las tareas que elegimos, las metas que nos proponemos, la planificación, esfuerzo y persistencia de las acciones encaminadas a dicha meta. En líneas generales, se puede afirmar que al llevar a cabo cualquier actividad, a mayor sensación de competencia, más exigencias, aspiraciones y mayor dedicación a la misma.

Otro de los conceptos que suele vincularse con la motivación es el de creencias de control del aprendizaje, que alude al grado de control que los estudiantes creen tener sobre su propio aprendizaje. Un concepto que puede resultar útil en relación con este tema es el de 'locus de control' (de aquí en adelante LC). Conforme a lo anterior, cuando una persona cree que el lugar, la causa o la raíz del control de los resultados de su actuación está en ella misma y que los resultados que obtenga dependen de ella, se dice que es un sujeto con LC interno. Por el contrario, si el individuo cree que el control está fuera de él, en factores externos como la suerte, el destino o la ayuda recibida, entonces se dice que es una persona con LC externo.

La investigación sobre las relaciones entre LC interno y rendimiento académico evidencia que, en general, cuanto mayor es el LC interno, mejor es el rendimiento escolar. Así pues, si el sujeto con LC interno siente que tiene mayor control sobre los resultados del estudio, es lógico que se espere de él un mayor esfuerzo y, consecuentemente, mejor rendimiento académico.

Además, se atribuye a sí mismo tanto los éxitos como los fracasos, es de suponer que los primeros le harán sentir orgullo y lo motivarán más, en tanto que los segundos le generarán vergüenza o culpa y le llevarán a empeñarse en no volver a

fracasar. En cambio, los individuos con LC externo, al sentirse menos responsables tanto de los éxitos como de los fracasos, y al atribuir unos y otros a agentes incontrolables, se verían menos empujados por los éxitos y menos atormentados por los fracasos (Burón, 1995).

Respecto de la ansiedad -otro de los conceptos que se estudian en relación con la motivación. Se trata de un componente afectivo, vinculado a pensamientos negativos por parte del sujeto, que interfiere negativamente en su desempeño. De este modo, se encontró que la ansiedad y la excesiva preocupación por el desempeño pueden estar asociadas con su deterioro (Pintrich et al., 1991). Así mismo, se postula que la ansiedad correlaciona negativamente con el uso de estrategias de aprendizaje (Pintrich y García, 1993). En cuanto a los componentes cognitivos considerados en este artículo, haremos referencia al uso de estrategias cognitivas, metacognitivas y de manejo de recursos.

- *Aspectos cognitivos implicados en el aprendizaje*

Las estrategias cognitivas, incluyen pensamientos o comportamientos que ayuden a adquirir información e integrarla al conocimiento ya existente, así como recuperar la información disponible.

Entre las estrategias cognitivas, se distinguen entre estrategias de repaso, elaboración y organización. Las estrategias de repaso incidirían sobre la atención y los procesos de codificación, pero no ayudarían a construir conexiones internas o a integrar la nueva información con el conocimiento previo, razón por la que sólo permitirían un procesamiento superficial de la información.

En cambio, las estrategias de elaboración y de organización posibilitarían procesamientos más profundos de los materiales de estudio. El pensamiento crítico es considerado también como una estrategia cognitiva, que alude al intento de los estudiantes de pensar de un modo más profundo, reflexivo y crítico sobre el material de estudio (Pintrich y García, 1993).

En cuanto a las estrategias metacognitivas, Pintrich et al. (1991) sugieren que habría tres procesos generales: el planeamiento, el control y la regulación. Planear las actividades contribuye para activar aspectos relevantes del conocimiento previo que permiten organizar y comprender más fácilmente el material. Controlar las actividades implica evaluar la atención y cuestionarse durante la lectura, en tanto que la regulación de las actividades refiere al continuo ajuste de las acciones cognitivas que se realizan en función del control previo.

Por último, las estrategias de manejo de recursos incluyen la organización del tiempo y ambiente de estudio; la regulación del esfuerzo, el aprendizaje con pares y la búsqueda de ayuda. El manejo del tiempo implica programar y planear los momentos de estudio, en tanto que el manejo del ambiente refiere a la determinación por parte del estudiante acerca de su lugar de trabajo. Idealmente, el ambiente de estudio debe ser tranquilo, ordenado y relativamente libre de distractores visuales o auditivos (Pintrich et al., 1991).

La regulación del esfuerzo alude a la habilidad del estudiante para persistir en las tareas a pesar de las distracciones o falta de interés; tal habilidad es de importancia para el éxito académico en la medida que implica compromiso con las actividades y tareas propuestas (Pintrich et al. 1991; Pintrich y García, 1993).

El aprendizaje con pares y la búsqueda de ayuda aluden a la disposición de los estudiantes para plantear sus dificultades a un compañero o al docente; cuestión relevante si se atiende al valor pedagógico que se atribuye al diálogo profesor-alumno y, particularmente a los procesos de solicitar, dar y recibir ayuda pedagógica (Rinaudo, Donolo y Chiecher, 1999).

## **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

La primera etapa de la investigación que tiene que ver con determinar el perfil cognitivo de los estudiantes teniendo en cuenta los constructos teóricos planteados se puede definir que el estudio a realizar es cuantitativo, de alcance correlacional puesto que se pretende analizar los resultados en cada uno de los estudiantes, en

cada uno de los instrumentos que se aplican, y además generar un perfil de cada uno analizando si hay correlación entre los diferentes elementos de cada constructo, para de esta manera poder determinar el perfil buscado.

Dada la característica de la muestra, que no es aleatoria, sino que se trabaja con un grupo natural previamente definido, la investigación se enmarca en un diseño cuasi experimental.

### **Instrumentos de recolección de información**

#### ***Estilos de Aprendizaje***

El Cuestionario Honey Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA) es un instrumento para diagnosticar los estilos de aprendizaje. Inscrito dentro de los enfoques cognitivos del aprendizaje, se basa en la visión del aprendizaje en línea con Kolb, Juch, Honey y Mumford. Estos autores proponen un esquema del proceso de aprendizaje por la experiencia dividido en cuatro etapas:

Vivir la experiencia: Estilo Activo.

Reflexión: Estilo Reflexivo.

Generalización, elaboración de hipótesis: Estilo Teórico.

Aplicación: Estilo Pragmático.

CHAEA consta de ochenta preguntas (veinte ítems referentes a cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje) a las que hay que responder manifestando acuerdo o desacuerdo. Además se le ha añadido una serie de cuestiones socioacadémicas, que facilitan un total de dieciocho variables para analizar las relaciones de estas variables y las respuestas a los ítems (Alonso y Gallego, 1997). Al igual que Honey y Mumford, CHAEA plantea la existencia de cuatro estilos de aprendizaje:

Activo

Reflexivo

Teórico

Pragmático

El Baremo General Abreviado de Preferencias en Estilos de Aprendizaje facilitará el autoanálisis y la interpretación de resultados.

Alonso explica que el primer criterio para la interpretación de la información obtenida en el cuestionario CHAEA es la relatividad de las puntuaciones obtenidas en cada Estilo y exponen que no significa lo mismo obtener una puntuación en un estilo que en otro. También han trazado un esquema de interpretación denominado baremo (basado en la experiencia de los test de inteligencia) para facilitar el significado de cada una de las puntuaciones y agruparon los resultados de la siguiente manera:

Preferencia muy alta: El 10% de las personas que han puntuado más alto.

Preferencia alta: El 20% de las personas que han puntuado alto.

Preferencia moderada: El 40% de las personas que han puntuado con nivel medio.

Preferencia baja: El 20% de las personas que han puntuado bajo.

Preferencia muy baja: El 10% de las personas que han puntuado más bajo.

Alonso propone las puntuaciones de cada uno de los Estilos de Aprendizaje por cada una de las preferencias como se muestra en la tabla “Baremo General de Preferencia en Estilos de Aprendizaje”:

	10%	20%	40%	20%	10%
	Preferencia				
	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Activo	0-6	7-8	9-12	13-14	15-20
Reflexivo	0-10	11-13	14-17	18-19	20
Teórico	0-6	7-9	10-13	14-15	16-20
Pragmático	0-8	9-10	11-13	14-15	16-20

### ***Hemisferio Cerebral Dominante***

Para este perfil se utilizó el cuestionario Ubicación del hemisferio cerebral dominante de Sánchez G. (2014), el cual consta de 38 ítems que intentan determinar la identificación del encuestado a partir de la marcación cercana a las palabras Si o No, dónde si es que rotundamente se siente identificado y No es que rotundamente o se siente identificado. Luego cada alveolo toma la forma de escala Likert con puntuaciones de 1 a 5, y tablas donde se discriminan las preguntas para que se sumen los puntajes totales.

Esta discriminación corresponde a cada uno de los hemisferios cerebrales. El puntaje mayor refleja el hemisferio dominante del estudiante. Si los puntajes son iguales o la diferencia es de uno o dos puntos, se puede considerar que ambos hemisferios están equilibrados.

### ***Inteligencias Múltiples***

Par este perfil se utilizó el cuestionario de Inteligencias Múltiples predominantes de Sánchez G. (2014), el cual consiste en cuestionarios con escalas tipo Likert, lo cual permite la medición de actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con cualquier información que se le proponga. En el caso del cuestionario la escala va de 1 a 5, donde 5 significa Siempre, 4 Casi siempre, 3 A veces, 2 Casi nunca y 1 Nunca.

Para el diagnóstico de las inteligencias se plantean 9 cuestionarios, uno por inteligencia, Lógico-matemática, Lingüística, Espacial, kinestésico-corporal, Musical, Naturalista, Interpersonal, Intrapersonal y Espiritual. A partir de esas inteligencias y la puntuación dada se suman los totales de cada columna y luego se suman estos totales entre sí para obtener un solo puntaje de la inteligencia en cuestión. En los puntajes más altos se considera que son inteligencias que requieren menos atención y los más bajos se toman en cuenta para decidir acciones que las fortalezcan. En el caso del fortalecimiento de procesos de aprendizaje, las inteligencias mejor puntuadas son la base para el diseño de estrategias de enseñanza.

### **Motivación, actitudes y estrategias de aprendizaje**

Para este perfil se utilizó el cuestionario MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) desarrollado por Paul Pintrich ((Pintrich, Smith, García y McKeachie, 1991; 1993), Un instrumento de medida de autorreporte de 81 reactivos que mide el uso de estrategias de aprendizaje y el nivel de motivación de los estudiantes. Incorpora aspectos de la autorregulación del aprendizaje en una subescala de autorregulación metacognitiva, la cual enfatiza la interrelación entre la motivación y la cognición (Schunk y Zimmerman, 1994; Zimmerman y Schunk, 1989).

El MSLQ ha sido traducido a varios idiomas y usado por cientos de investigadores y profesores alrededor del mundo para enfatizar la naturaleza de la motivación y el uso de estrategias de aprendizaje en distintos tipos de contenido y de poblaciones; para ayudar a refinar el entendimiento teórico de los constructos motivacionales, para explicar cómo son distintos unos de otros, cuáles son las diferencias individuales que existen en la autorregulación del aprendizaje y para evaluar los efectos motivacionales y cognitivos de diferentes aspectos de la instrucción (García y McKeachie, 2005). Fue desarrollado usando un punto de vista cognitivo-social de la motivación y las estrategias de aprendizaje desde el cual el estudiante es asumido como un sujeto que procesa activamente la información y cuyas creencias y cogniciones son mediadores importantes de la información instruccional y las características de la tarea.

Por otra parte, el punto de vista cognitivo-social en el que el MSLQ está fundamentado asume que la motivación y las estrategias de aprendizaje no son rasgos de los estudiantes pero sí, que la motivación es dinámica y limitada por el contexto y que las estrategias de aprendizaje pueden ser aprendidas y se encuentran bajo el control del estudiante. Es decir, que la motivación de los estudiantes varía en los diferentes cursos (por ejemplo, más interés y valor en un curso elegido libremente y no en un curso obligatorio; más eficacia en un curso fácil de psicología en comparación con curso difícil de matemáticas o física) y que sus estrategias de aprendizaje pueden variar dependiendo de la naturaleza de la tarea académica (examen de elección múltiple v.s. un examen de ensayo).

Una característica del MSLQ es que fue diseñado enfocándose a un nivel del curso ya que se consideró que el curso era el más apropiado nivel de análisis, que se encuentra situado entre un nivel muy general y global de todas las situaciones y el nivel poco práctico y restringido de cada una de las situaciones específicas de cada curso.

El MSLQ tiene dos secciones: una de motivación y otra de estrategias de aprendizaje. La Escala de Motivación consta de 31 ítems distribuidos en 6 subescalas que

miden las metas, las creencias de valor, y de control de pensamientos, las creencias acerca de las habilidades para tener éxito y la ansiedad ante los exámenes. La Escala de Estrategias de Aprendizaje incluye 31 ítems relativos al uso que hacen los estudiantes de diferentes estrategias cognitivas y metacognitivas. Además incluye 19 ítems acerca del manejo de diferentes recursos para el aprendizaje por parte del estudiante, siendo en total 50 ítems distribuidos en 9 subescalas.

La investigación acerca de la autorregulación del aprendizaje académico y el desempeño, surgió hace más de dos décadas para responder la pregunta de cómo los estudiantes llegaban a desarrollar la maestría en sus propios procesos de aprendizaje de tal forma que se ha ido desarrollado gradualmente como resultado del desarrollo de paradigmas teóricos y metodologías diversas.

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de los cuestionarios contó con el apoyo de los estudiantes, pero no todos participaron, los resultados de la fase de análisis de datos mostrarán el número de participantes. Es importante que se lleve un registro ordenado de estos estudiantes y sus resultados, ya que el interés se mantiene en realizar seguimientos semestrales que puedan mostrar cómo van evolucionando las características analizadas y cómo pueden ser estas afectadas por la dinámica de la enseñanza.

El proyecto tiene como uno de sus objetivos que a partir de estos perfiles se presenten diseños de actividades de clase en Ciencias Básicas acordes con los resultados que arrojen los análisis, de esta manera se podrán verificar si las estrategias de enseñanza se adaptan a las condiciones cognitivas de los estudiantes.

Además se busca que después de analizar los datos, realizar propuestas de intervención de aula y medir niveles de progreso en cada uno de los referentes, se pueda plantear el que el proceso se pueda sistematizar, de manera que se pueda realizar un perfil de todos los estudiantes de la universidad y un seguimiento a las transformaciones que se van generando.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Álvarez, M.; Serna, S.; Villada, M. y López, B. (2012). Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil. *Journal of Technology and Engineering*, 1(2), 40-63.
- Alonso, C. M., Gallego, D. J., & Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnósticos y mejora*. Bilbao: Mensajero.
- Campos, D. (2011). Definición de competencias internacionales: experiencia del departamento de Historia de la Universidad Nacional de Colombia en el Proyecto Alfa Tuning Europa - América Latina. *Praxis & Saber*, 2(4), pp. 77-101
- Dirección General de Bachillerato: Manual de estilos de aprendizaje, (DGB) (2004). [Documento en línea] Disponible: [http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion\\_academica/actividadesparaescolares/multimedia/home.html](http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion_academica/actividadesparaescolares/multimedia/home.html). [Consultado: 2016, octubre 16]
- Gallego, D., & Nevot, A. (2008). Los estilos de aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. *Revista Complutense de Educación*, 19(1), pp. 95-112.
- García, T. y McKeachie, W. (2005). The making of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire. *Educational Psychologist*. 40(2), 117-128
- Gardner, H. (1983). *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Harper Collins Publishers: New York.
- Gardner, H. (1988). *La nueva ciencia de la mente*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (1993). *La mente no escolarizada*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (1993). *Arte, mente y cerebro La mente no escolarizada*. Paidós: Barcelona.

- Gardner, H. (1994). *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (1998). *Mentes líderes*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (2000). *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*. Barcelona: Paidós.
- López, C. y Franco, J. (2010). *Las ciencias básicas y la deserción estudiantil*. Bogotá:- Ministerio de educación Nacional.
- Ministerio de educación Nacional. (2015). *Estrategias para la permanencia en Educación Superior: Experiencias Significativas*. Bogotá: San Martín Obregón y Cía.
- Nevot, A. (2004). Enseñanza de las Matemáticas basada en los estilos de aprendizaje. *Bol. Soc. Esp. Mat. Apl* (28), 119-184.
- Pintrich, P. y Schrauben, B. (1992). Students' motivational beliefs and their cognitive engagement in classroom academic tasks. En D.H. Schunk; J. Meece (Eds.). *Students perceptions in the classroom*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum 149-183.
- Pintrich, P., Smith, D., García, T. y Mckeachie, W. (1991). *A manual for the use of the motivational strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. AnnArbor, MI: NCRIPAL, the University of Michigan.
- Pintrich, P. y García, T. (1993). Intraindividual differences in students' motivation and selfregulated learning. *German Journal of Educational Psychology*, 7(3), 99-107.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., García, T. y McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI: NCRIPAL: The University of Michigan.

Renes, p., Echeverry, L., Chiang, M. T., Rangel, L., & Martinez Geijo, P. (2013). Estilos de enseñanza: Un paso a su conceptualización y diagnóstico. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 1-18.

Rinaudo, M., Chiecher, A., & Donolo, D. (junio de 2003). Motivación y uso de estrategias en estudiantes universitarios. Su evaluación a partir del Motivated Strategies Learning Questionnaire. *Anales de psicología*, 19(1), 107-119.

Sánchez, L. y Andrade, R. (2014). *Inteligencias múltiples y Estilos de Aprendizaje. Diagnóstico y Estrategias de Aprendizaje*. México: ISCEEM-Alfaomega.

Schunk, D. H., y Zimmerman, B. J. (1994). Self-regulation in education: retrospect and prospect. En D. H. Schunk y B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance. Issues and educational applications*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

## **EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO Y LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA EN EDUCACIÓN SUPERIOR. EL CASO DEL AULA TALLER Y EL MODELO DE VAN HIELE\***

---

**JORGE ELIÉCER VILLARREAL FERNÁNDEZ<sup>1</sup>**

**ÓSCAR ANDRÉS CUELLAR ROJAS<sup>2</sup>**

**JAIRO ANDRÉS SASTOQUE ZAPATA<sup>3</sup>**

**LAURA ESTEFANY BUSTAMANTE PENAGOS<sup>4</sup>**

**DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO<sup>5</sup>**

- 
- 1 Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación titulado “El desarrollo de habilidades de pensamiento en instituciones educativas a partir de la enseñanza de las matemáticas”, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana.
  - 1 Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [jvillarreal@coruniamericana.edu.co](mailto:jvillarreal@coruniamericana.edu.co)
  - 2 Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. [ocuellar@coruniamericana.edu.co](mailto:ocuellar@coruniamericana.edu.co)
  - 3 Magister en la enseñanza y el aprendizaje en ciencias experimentales, sociales y matemáticas, Universidad De Huelva. Docente de la Corporación Universitaria Americana. [jsastoque@coruniamericana.edu.co](mailto:jsastoque@coruniamericana.edu.co)
  - 4 Magister International Business management, CENSA international college, Miami. Especialista en Gerencia Empresarial y Competitividad. Corporación Universitaria Americana. Directora de procesos académicos Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [lbustamante@coruniamericana.edu.co](mailto:lbustamante@coruniamericana.edu.co)
  - 5 Doctor en Tecnología Educativa, Centro Universitario Mar de Cortés. Magister en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Internacional De Andalucía. Magister en educación. Ministerio De Educación Nacional – Mineducación. Vicerrector académico de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. [dgallego@coruniamericana.edu.co](mailto:dgallego@coruniamericana.edu.co)

**RESUMEN**

La enseñanza de la Geometría Analítica para estudiantes de Ingeniería es de vital importancia para la comprensión de procesos matemáticos y físicos de su vida académica y laboral. La unificación del Álgebra y la Geometría que se logra en el proceso de enseñanza de los conceptos geométricos referidos supone metodologías que permitan que la persona pueda realizar las relaciones adecuadas para la consecución de los objetivos de aprendizaje.

El presente trabajo muestra el diseño, puesta en práctica y análisis de una propuesta de enseñanza de la geometría analítica en estudiantes de primer año de ingeniería del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. El proyecto, que responde a una experiencia profesional e investigativa, tiene como base el Modelo de Niveles de Desarrollo de Van Hiele para la enseñanza de la Geometría y utiliza material didáctico diseñado dentro de la metodología de aula taller, buscando con ello articular los conceptos matemáticos y el mundo real, recuperando el concepto de lugar geométrico.

Los resultados dan cuenta no solo del proceso de enseñanza y aprendizaje si no que trasciende a analizar las habilidades de pensamiento inmersas en la implementación de la propuesta por parte de los estudiantes participantes.

**Palabras claves:** Habilidades del pensamiento, enseñanza de la geometría en educación superior, modelo Van Hiele, procesos matemáticos y físicos, aula taller.

**THE DEVELOPMENT OF THOUGHT AND THE TEACHING OF GEOMETRY IN HIGHER EDUCATION. THE CASE OF THE WORKSHOP CLASSROOM AND THE VAN HIELE MODEL**

**ABSTRACT**

The teaching of Analytical Geometry for Engineering students is of vital importance for the understanding of mathematical and physical processes of their academic and work life. The unification of Algebra and Geometry that is achieved in the teaching process of the referred geometric concepts involves methodologies that allow the person to make the appropriate relationships for the achievement of the learning objectives.

The present work shows the design, implementation and analysis of a proposal of teaching of analytical geometry in first year students of engineering of the Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. The project, which responds to a professional and research experience, is based on the Van Hiele Development Level Model for the teaching of Geometry and uses didactic material designed within the workshop classroom methodology, seeking to articulate the mathematical concepts and the real world, recovering the concept of locus.

The results give account not only of the teaching and learning process, but also transcend the analysis of the thinking skills involved in the implementation of the proposal by the participating students.

**Keywords:** Skills of thought, teaching of geometry in higher education, Van Hiele model, mathematical and physical processes, classroom workshop.

## **PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA**

La enseñanza de la Geometría Analítica en la Educación Superior, en Ingeniería en este caso es base para la comprensión de otros conceptos matemáticos y a la vez para el desarrollo del pensamiento espacial. Una de las dificultades que se vienen presentando en el proceso de enseñanza de los conceptos de la Geometría Analítica es que por la automatización de procedimientos, la memorización de ecuaciones, los problemas tipo y repetitivos, se ha venido perdiendo la esencia de la geometría, en este caso el concepto de lugar geométrico. Los estudiantes resuelven ejercicios de los temas en discusión, pero no tienen claridad sobre el papel que juega cada uno de los puntos que encuentran, ni las propiedades que cumplen, por esto el cambio en las situaciones lleva a una imposibilidad en la resolución, no se ha generalizado el proceso, no se ha completado el aprendizaje.

Además, de esta situación en el proceso de enseñanza se enfrenta un problema mayúsculo que tiene que ver con el desfase que se presenta entre la forma en que se enseñan los conceptos geométricos y la manera en que se desarrollan los procesos de aprendizaje de los estudiantes, situación que se ve reflejada en las formas de razonamiento que dejan ver los alumnos, donde se presenta pensamiento concreto donde se deberían estar haciendo abstracciones o que habilidades de pensamiento requeridas para la comprensión de los conceptos no se activan en los momentos requeridos.

Por todo esto, se plantea el problema de la enseñanza de la Geometría Analítica en la Educación Superior recuperando el lugar geométrico como esencia del análisis de las relaciones que se encuentran en cada una de las figuras a estudiar. De este problema surge una pregunta sobre ¿el cómo lograr que este proceso de aprendizaje se dé ordenadamente de acuerdo a la forma en que se desarrollan las habilidades de pensamiento de los estudiantes?, por lo que se propone una estrategia en donde se toma el siguiente apoyo teórico.

## **MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL**

Para el desarrollo de la propuesta se tienen en cuenta varias perspectivas teóricas,

cada una de ellas referidas a la situación en particular que se trate, es decir a la enseñanza de la geometría, a las habilidades de pensamiento y a la metodología utilizada: el aula taller.

### **La enseñanza de la geometría**

Para este caso, se tiene en cuenta las diferencias cognitivas que presentan los estudiantes, se pensó en un modelo que permitiera partir de niveles básicos de pensamiento y a partir de allí ir consolidando procesos de más alto nivel e interiorizando los conceptos. Por esto se trabajó con el modelo de Van Hiele, el cual describe el proceso de enseñanza y aprendizaje de la geometría como un desarrollo que parte de formas intuitivas de razonamiento, hasta una formalización profunda de los conceptos. Jaime y Gutiérrez (1990) que caracterizan el modelo de la siguiente manera: se pueden encontrar varios niveles de perfección en el razonamiento de los estudiantes, pero un estudiante solo puede comprender aquello que se le presente de acuerdo a su nivel de razonamiento; se debe trabajar sobre el nivel de razonamiento, alcanzar niveles requeridos para poder comprender las diferentes relaciones matemáticas es base para el aprendizaje; se debe ayudar a la persona a que razone de manera adecuada, esto a través del proceso de enseñanza.

De acuerdo con Jaime (1993), hay dos aspectos básicos que abarca el modelo de Van Hiele. Uno de ellos es el descriptivo, en el cual se identifican diferentes formas de razonamiento geométrico de cada una de las personas y que permite que se puedan determinar niveles para la valoración del proceso. El otro aspecto es el instructivo, que muestra una serie de pautas a seguir por los docentes que permite el favorecimiento de los estudiantes en los niveles de razonamiento geométrico en que se encuentran.

Asimismo, el modelo de Van Hiele plantea tres elementos, la percepción, que tiene que ver con el interés en el tema (Van Hiele, 1986); los niveles de razonamiento, son una estratificación del razonamiento humano en una jerarquía de niveles, en los cuales es progresiva la capacidad de razonamiento matemático de los sujetos, desde que está iniciando el proceso de aprendizaje hasta que adquieran un desarrollo

intelectual alto en el campo conceptual en que se está trabajando (Jaime y Gutiérrez, 1990) y las fases del aprendizaje dan cuenta de los procesos que conducen al estudiante de un nivel de razonamiento al siguiente.

Los niveles de razonamiento son: Nivel 0, predescriptivo; nivel I, de reconocimiento visual o visualización; nivel II, de análisis o descripción; nivel III, de clasificación y relación o teórico; nivel IV, de deducción formal o lógica formal; nivel V, de rigor. Cada nivel con unas características específicas descrita de la siguiente forma (Fouz y de Donosti, 2005).

El Nivel 0: describe todos los conocimientos previos que debe tener un estudiante para comprender una concepto geométrico particular (Llorens, 1994).

Nivel I: las características de este nivel se encuentra el que los objetos se perciben en su totalidad como unidad, sin llegar a diferenciarse sus atributos y componentes, se describen por su apariencia física mediante elementos visuales y haciendo semejanza con elementos del entorno y además no se reconoce de forma explícita componentes y propiedades de los objetos motivo de trabajo.

Nivel II: los componentes se perciben componentes y propiedades de los objetos y figuras. Se describen las figuras por sus propiedades de una manera informal, pero no se relacionan unas propiedades con otras. Se experimenta con figuras y objetos y se pueden establecer a partir de allí nuevas propiedades. No se realizan clasificaciones de estos objetos y figuras. En este nivel se inicia el proceso de generalización.

Nivel III: se describen las figuras de manera formal, es decir, se señalan las condiciones necesarias y suficientes que deben cumplir. Realizan clasificaciones lógicas de manera formal ya que el nivel de su razonamiento matemático ya está iniciado. Reconocen cómo unas propiedades derivan de otras, estableciendo relaciones entre propiedades y las consecuencias de esas relaciones.

Nivel IV: se realizan deducciones y demostraciones lógicas y formales, viendo su ne-

cesidad para justificar las proposiciones planteadas. Se comprenden y manejan las relaciones entre propiedades y se formalizan en sistemas axiomáticos, por lo que ya se entiende la naturaleza axiomática de las matemáticas. Se comprende cómo se puede llegar a los mismos resultados partiendo de proposiciones o premisas distintas lo que permite entender que se puedan realizar distintas forma de demostraciones para obtener un mismo resultado.

Nivel V: se conoce la existencia de diferentes sistemas axiomáticos y se pueden analizar y comparar permitiendo comparar diferentes geometrías. Se puede trabajar la Geometría de manera abstracta sin necesidad de ejemplos concretos, alcanzándose el más alto nivel de rigor matemático.

Para el modelo los niveles tienen un orden que no se puede alterar teniendo en cuenta que lo implícito en un nivel se convierte en explícito en el siguiente. Ahora, el modelo analiza la forma en que se pasa de un nivel a otro, los esposos Van Hiele enfatizan en la idea que el paso de un nivel a otro depende de la enseñanza recibida y no tanto de la edad o madurez.

Para lograr este proceso se postulan 5 fases para el aprendizaje, las cuales son: la información, la orientación dirigida, la explicitación, la orientación libre y la integración (Burger y Shaughhnessy, 1986).

- Información: los estudiantes tiene la oportunidad de conocer el tipo de trabajo que van a realizar.
- Orientación dirigida: los estudiantes construyen los elementos fundamentales de la red de relaciones del nuevo nivel, descubren, comprenden y aprenden los conceptos y propiedades principales del concepto estudiado.
- Explicitación: en esta fase los estudiantes revisan, socializan y comparan el trabajo realizado.
- Orientación libre: brinda la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en las fases anteriores en otras investigaciones, temas o áreas.
- Integración: se deben condensar los conocimientos que se han construido hasta entonces, en un todo.

En conclusión, y centrado en el interés de este trabajo, se puede resumir este modelo en la siguiente tabla 1 de los niveles de razonamiento

	Elementos explícitos	Elementos implícitos
Nivel I	Figuras	Partes y propiedades de las figuras
Nivel II	Partes y propiedades de las figuras	Implicaciones entre propiedades
Nivel III	Implicaciones entre propiedades	Deducción formal de teoremas
Nivel IV	Deducción formal de teoremas	

### Las habilidades de pensamiento

El contenido es por definición rígido y estático, pues es un producto terminado, son datos rígidos que no podemos modificar y que son aceptados por todo el mundo. Los procesos, por el contrario son flexibles y crean alternativas, porque cada persona puede generar caminos diferentes para tener acceso a la misma información. Además, son transferibles utilizados en una área que puede ser exportado para lograr otro conocimiento. Al mismo tiempo, tienden a formar competencia uno de los objetivos del aprendizaje es formar gente competente, que en el terreno práctico demuestra aplicación de conocimientos en forma versátil (Sánchez, 2002).

Hablar de las habilidades de pensamiento dentro del sistema actual de educación, es hablar de una realidad construida, es decir que la información existe en el medio pero profesores y estudiantes a través de la activación de sus habilidades de pensamiento la interiorizan fortaleciendo su capacidad de pensar en diversas situaciones, va perdiendo entonces viabilidad las propuestas de tipo memorístico que entregan la información ya elaborada para ser almacenada.

La cadena del desarrollo de las habilidades de pensamiento inicia por la observación y finaliza en la contrastación de leyes y teorías, cada proceso de pensamiento involucra los inmediatamente anteriores. Es decir, para realizar una clasificación es necesario que la persona ya haya desarrollado la habilidad de realizar comparación, descripción y observación (Álvarez, Serna, Villada, y López, 2012).

Dicho proceso exige siempre que el anterior ya esté más consolidado, esto teniendo

en cuenta que se esté en niveles semejantes de complejidad. Por tanto, es importante que el docente conozca el procedimiento de cada habilidad de pensamiento para que pueda observar en sus estudiantes cuales han desarrollado y cuáles no, y de esta manera definir las acciones a seguir para poder promover mayores habilidades cognitivas.

De la misma manera, tener claro que cada uno de estos pensamientos pueden presentarse en un nivel de desarrollo concreto o abstracto, cuando están en un nivel concreto es importante que el docente proporcione los medios al estudiantes para que este pueda llevarlos a nivel más complejo (Villarreal, 2012).

Con base a los planteamientos de Margarita de Sánchez, se definen las habilidades de pensamiento de la siguiente forma (Villarreal, J., Paniagua, A., Herrera, N. y Toro, 2010):

- Observación: es la habilidad más elemental en los seres humanos y base fundamental para los otros procesos, que implica la identificación de las características y los estímulos de objetos y situaciones a través de los sentidos y la integración de estos en un todo que represente la imagen mental del objeto, es decir, la observación parte, en primer lugar de la reunión de datos sensoriales brutos y, a continuación, de su contenido, es decir: lo que uno ha visto, oído, entendido, sentido, entre otros.

El proceso de observación es un proceso de identificación permanente del sujeto con su entorno. Hay un nivel abstracto que alude a las variables que no se ven, pero que se predicen; observar es hablar sobre el cómo y esto tiene diferentes niveles: concreta, abstracta, directa e indirecta. El individuo aprende la observación a través de su entorno, se guía mediante preguntas que van de lo general a lo particular.

- Descripción: se emplea para representar objetos, personas o situaciones por medio del lenguaje escrito, gráfico o verbal, consiste en enumerar e integrar de manera ordenada las diferentes cualidades o propiedades que conforman el objeto de descripción.

Para describir es necesario establecer un orden y utilizar un lenguaje claro y pre-

ciso. Las descripciones pueden ser concretas o estáticas cuando sólo se nombran los componentes de una gráfica o situación punto a punto, sin integrar los datos y características de todo lo que se observa. Son dinámicas o más complejas, cuando además se enuncian acciones y se enlazan los personajes entre sí, atribuyéndoles emociones, es decir cuando la construcción de la descripción de realiza de manera hilada; este tipo de descripción es importante para fortalecer los niveles de comprensión en los estudiantes. La descripción puede ser guiada por preguntas que guíen la observación y ayuden a organizar las características: ¿Qué es?, ¿Qué tiene?, ¿Qué hace?, ¿Qué función realiza?, ¿Para qué se hace?, ¿Para qué se usa?

- Comparación: es la habilidad de observar para tratar de identificar las semejanzas y diferencias de los objetos, personas, situaciones entre otros. Para comparar características o situaciones debemos tomar una variable cada vez, hasta agotar las variables por considerar. Al comparar podemos utilizar dos tipos de rasgos: Los rasgos diferenciales de cada objeto (comparación por diferencias). Son las características que distinguen a unos objetos de otros. En el proceso de comparación por diferencias se toman pares de características en las que difieren los objetos o las situaciones. A estos pares de características se les denomina variables. Los rasgos comunes a las cosas que comparamos (comparación por semejanza). Son las características que hacen que podamos agrupar a los seres en clases.
- Relación: se consideran dos características de manera simultánea y se establecen relaciones entre ellas mediante proposiciones. La diferencia entre la relación y la comparación, es que en la comparación se dan las características (ejemplo, Variable: edad: Juan tiene 24 y Sofía 20) y en la relación se da la conclusión acerca de la característica comparada (Ejemplo: Juan es mayor que Sofía). De esta manera las relaciones pueden mostrarnos relaciones de semejanza, equivalencia o diferencia de las situaciones u objetos.
- Clasificación: permite construir agrupaciones, clases o categorías según criterios definidos, por ejemplo de forma, color, especie, entre otros y asignar atributos a dichas categorías. Para hablar de clasificación es necesario el concepto de clase; una clase es un grupo de elementos que comparten características

esenciales entre sí, ejemplo: un vaso, una jarra y una taza comparten una característica esencial: todos son recipientes.

La clasificación debe cumplir dos condiciones: Un elemento no puede pertenecer a dos clases o grupos. Cada elemento debe ser ubicado en alguna de las clases. Al igual que los demás procesos pueden darse en niveles concretos, como por ejemplo, tener en cuenta sólo criterios perceptivo-visuales a la hora de clasificar o más abstractos, como por ejemplo lo funcional y lo semántico. Es importante, determinar en qué nivel se encuentra el estudiante para establecer el tipo de apoyo o actividad que le ayudará a consolidar el proceso.

- **Conceptualización:** es una habilidad de pensamiento que permite la abstracción de objetos, ideas, fenómenos, teorías, entre otros. La conceptualización atraviesa los demás procesos, puesto que el concepto es el elemento básico del pensamiento. Durante su desarrollo el individuo accede primero al pensamiento nocional, en el que se producen enunciados de carácter binario, es decir, en forma de afirmaciones y negaciones; de modo que niños de edades entre los 2 y los 6 años no suelen considerar los términos medios. Posteriormente, se avanza hacia el pensamiento conceptual donde es posible elaborar predicados de clases o relaciones entre cosas u otros conceptos, dando origen a las preposiciones y considerando términos intermedios. Se suele desarrollar entre los 6 y los 11 años.
- **Resolución de Problemas:** permite transferir aprendizajes a otros contextos. Es un proceso ejercido en situaciones en las que un sujeto debe conseguir una meta, haciendo uso de un principio o regla conceptual. En términos restringidos, se entiende por solución de problemas, cualquier tarea que exija procesos de razonamiento relativamente complejos y no una mera actividad asociativa.
- **Planteamiento de Hipótesis:** es un enunciado que se propone como posible solución de un problema, es un tanteo, suposición, conjetura e inferencia. Aparece al plantear una posibilidad ¿Qué pasaría si...?, para plantear y verificar hipótesis se debe desarrollar habilidades para razonar de manera sistemática y disciplinada, abstraer relaciones a partir de las características de los objetos, efectuar comparaciones, hacer inferencias y llevar un registro mental de todas las deducciones mientras resuelve el problema.

- **Análisis:** constituye una operación de pensamiento complejo que permite dividir un todo en sus partes, de acuerdo con la totalidad que se seleccione, es posible realizar análisis de partes, cualidades, funciones, relaciones, estructuras y operaciones. Permite dividir de manera sistemática y organizada, situaciones complejas en otras más simples o elementales.
- **Síntesis:** permite integrar elementos, relaciones, propiedades o partes para formar totalidades nuevas y con significación. Cada situación que se presenta amerita un modo único de llevar a cabo este proceso, por lo que no es posible determinar un procedimiento único. Sin embargo es posible que se construya un procedimiento general que se pueda particularizar según las necesidades de cada problema. El procedimiento general incluye la aplicación sucesiva del análisis y las síntesis de manera repetitiva hasta lograr el nivel de integración de la información deseada. Se pueden asimilar o definir conceptos mediante el estudio analítico-sintético de las características de estos conceptos detallando rasgos, nexos y relaciones fundamentales comunes, luego se efectúa la síntesis de esos.

### **El aula taller**

La metodología de la experiencia fue la realización de actividades en ambiente de taller. Es una estrategia para la gestión del conocimiento, la innovación y la transformación de los ambientes de aprendizaje. En este tipo de trabajo el aprendizaje se obtiene por descubrimiento y asimilación propios (Pasel, 1993), teniendo como base el despertar la curiosidad en torno al problema o concepto, es decir, se busca que se aprenda haciendo. Permite el trabajo en equipo, y utiliza material didáctico para la exploración de situaciones concretas, en el caso de la propuesta se utilizó material concreto y guías de trabajo, que conlleva al desarrollo de las habilidades de pensamiento y a la integración de los diferentes pensamientos matemáticos (Jaramillo, 2012).

### **METODOLOGÍA**

El aspecto metodológico de la propuesta tiene como centro en llevar a la práctica el modelo de Van Hiele, teniendo como estrategia el aula taller y como herramienta

para la implementación de la estrategia las guías de trabajo, con el fin de, a partir de niveles básicos de razonamiento, comprender los conceptos de la Geometría Analítica, la importancia del concepto de lugar geométrico y activar las habilidades de pensamiento que se requiere para ello.

En este sentido, se inicia el proceso mostrando a los estudiantes como se fueron construyendo históricamente los conceptos básicos de la Geometría Analítica, así como lo importantes que son hoy en día en diversos campos de la Ingeniería. Este proceso inicial buscaba mejorar el nivel de percepción de los alumnos sobre el tema, sobre los conceptos que se iban a estudiar. Para lograr esto se trabajó en dos sentidos; primero en un dialogo guiado por el docente y luego con la visualización de dos videos que parten de ver la geometría analítica desde lo histórico para luego mostrar las posibilidades de aplicación en muchos campos, centrando en la Ingeniería que es el campo en que se van a mover los futuros profesionales.

Para iniciar el proceso con los niveles se presenta el Cono de Apolonio con el fin de que se pueda observar de manera concreta como cada una de las secciones cónicas surge a partir de cortes determinados, con características específicas a este cono. El cono fue observado por cada uno de los estudiantes identificando las características del material que tenían en sus manos mientras el docente enuncia los elementos del cono, los significados de conceptos como generatriz, vértice, cono; se muestra como el cono es producto de la rotación de un triángulo rectángulo con uno de sus catetos como eje de rotación.

Ciertamente, se mencionan las características que deben tener los cortes en el cono para generar cada una de las secciones cónicas, apuntando que los cortes realizados de manera perpendicular al eje del cono tendrán como sección cónica resultante una circunferencia, mientras que si el corte se realiza de forma oblicua con respecto al eje, la sección generada será la elipse. Los cortes paralelos a la generatriz serán parábolas, y los cortes perpendiculares al eje serán hipérbolas siempre que pensemos en el sólido como un bicono; los alumnos escuchan, observan y realizan las preguntas correspondientes a lo que podían ver (nivel predescriptivo).

A partir de esto se inicia un proceso de identificación de semejanzas de lo visto con objetos cotidianos, se reconoce la forma física de los objetos, aunque no es posible que se determinen las propiedades de estos objetos o de las figuras vistas (reconocimiento visual).

Así, la presentación de la primera guía de trabajo inicia el segundo momento de la experiencia, que tiene como objetivo que el estudiante caracterice y establezca algunas de las propiedades generales de las secciones cónicas, para ello se utiliza el doblado de papel que se realiza a partir de instrucciones e imágenes que presenta el material de trabajo (nivel de análisis). Al finalizar la actividad los estudiantes tienen el espacio para compartir las experiencias que tuvieron con el trabajo de doblado de papel, generando un debate que permita la construcción colectiva de los conceptos.

La segunda guía de trabajo presenta una actividad cuyo objetivo se centra en el trazado de la parábola, la elipse y la hipérbola, identificando en el proceso de construcción de las mismas sus propiedades fundamentales, articulando estas propiedades de orden geométrico con la representación analítica de estas curvas, conocidas como ecuaciones canónicas (nivel de clasificación). Para los trazos, es necesario el uso adecuado de la regla y el compás, para lo cual, se indicara a los estudiantes algunos métodos para construir por ejemplo, perpendiculares o paralelas, o la bisección de segmentos en partes iguales, a partir del uso de dichas herramientas.

La forma en que se plantea este trabajo, permite que cada participante construya las tres curvas posibles, las que él decida y alcanzase en el tiempo disponible. Así cada uno podrá desarrollar y estudiar sus propias construcciones, siguiendo las indicaciones impresas en las guías para las actividades, y además, observar los hallazgos realizados por sus compañeros. El debate sobre lo conseguido permite que se establezcan relaciones entre unas propiedades y otras, determinando a que cónica corresponde cada propiedad, cuáles tienen similitudes y cuáles son las diferencias que presentan.

La última actividad tiene como objetivo la interpretación de las ecuaciones canónicas de las figuras cónicas, identificando el procedimiento algorítmico para llegar a ellas y teniendo en cuenta las propiedades antes descubiertas (fase de deducción formal). Luego de desarrollar estos pasos se plantea identificar relaciones entre estas curvas y fenómenos de la naturaleza, buscando el que se le un mayor sentido a estas ecuaciones.

Se debe aclarar que en esta implementación se realizó el trabajo con las guías, siguiendo el orden establecido anteriormente pero aplicándolas figura por figura, primero la circunferencia, después la parábola, luego la elipse y por último la hipérbola. Es decir, se tomó la primera figura y se aplicaron las cuatro guías en su orden, luego la segunda y así sucesivamente. Esto permitía encontrar diferencias y semejanzas en cada construcción, en los elementos de cada curva, partiendo de la anteriormente vista. Al culminar el proceso de identificación de las ecuaciones de cada una de las curvas se realizaba un proceso de generalización y de problemas y ejercicios de aplicación.

En los anexos se encuentran las guías utilizadas para la parte inicial y para el desarrollo del trabajo con la elipse. Las guías fueron diseñadas por el docente Carlos Julio Echavarría.

### **ANÁLISIS DE DATOS**

Lo que se puede determinar a partir de los resultados de la implementación es que el desarrollo de cada una de las fases de la metodología corresponde a los niveles planteados por Van Hiele, por lo que es clara en la implementación de la propuesta como se tiene como base este modelo.

Cada nivel del modelo determina unas habilidades de pensamiento que se deben activar para poderlas desarrollar, es así como en el nivel 0 y I se realizan observaciones de los elementos que componen los conceptos de cónicas, en este momento de manera concreta. Además, se realiza la descripción de cada uno de estos elementos y se comparan entre ellos también a nivel concreto.

En el nivel de clasificación el estudiante debe establecer relaciones entre unas propiedades y otras para poder luego determinar clasificaciones de estas características, al lograr esto se llega a la conceptualización y de esta forma a niveles abstractos de pensamiento.

El nivel IV, la deducción formal, ya es un razonamiento de tipo teórico, el trabajo sobre las ecuaciones de las cónicas planteado por la guía, exige un razonamiento de tipo inductivo que tiene como prerrequisito el que el estudiante realice procesos de análisis y de síntesis, por lo que estas habilidades de pensamiento también fueron activadas en el proceso.

Las fases de aprendizaje propuestas por el modelo también fueron implementadas. Inicialmente se informa a los estudiantes sobre el tipo de trabajo que van a realizar, para luego a través de la orientación dirigida (en este caso por las guías) los alumnos van construyendo los elementos de la red de relaciones en que se enmarcan las figuras cónicas, sus propiedades, sus características, lo cual se revisa y socializa al culminar la realización de cada una de las guías. A partir de esta red de relaciones cada estudiante puede aplicar lo que hasta ahora encontró o comprendió en los debates, a algunas de las figuras que no había construido con anterioridad, esta es la fase de orientación libre en la propuesta, para finalizar condensando todos los conocimientos hasta ahora desarrollados en el todo que es la construcción de la ecuación de las cónicas.

El nivel de conocimientos declarativos fue alto, los estudiantes comprendieron los conceptos de manera profunda y los pudieron aplicar a situaciones de aplicación planteadas con posterioridad, por lo cual se observa también una mejora en el conocimiento procedimental conseguido.

Por último, se debe añadir a este procedimental el aprendizaje del manejo de algunos instrumentos como el compás, el mejoramiento del seguimiento de instrucciones y la posibilidad de activar las habilidades de pensamiento en los momentos en que se requiera. A nivel actitudinal los estudiantes comprendieron el valor que

tienen los conceptos geométricos en general y la Geometría Analítica en particular, su nivel motivacional aumentó, así como la atención y la habituación, por lo que al mejorar estos dispositivos básicos de aprendizaje, mejora el aprendizaje mismo.

## **CONCLUSIONES**

La enseñanza de los conceptos geométricos debe tener en cuenta cuáles son las habilidades de pensamiento o el tipo de razonamiento que interviene en el proceso de aprendizaje de estos conceptos, ya que de no hacerlo se puede superar este nivel (desde la enseñanza y no permitir que exista una adecuada relación entre exigencia y capacidad).

De la misma manera, las estrategias de enseñanza se deben diseñar a partir del conocimiento de la forma en que nivel tanto matemático como cognitivo, se desarrolla la tarea planteada, esto con el fin de no contradecir formas de enseñanza con estilos de aprendizaje.

El desarrollo de habilidades de pensamiento es un elemento esencial en el aprendizaje de los conceptos geométricos, el no tener en cuenta esto y si presionar porque las cosas se aprenda, conllevan a la búsqueda de aprendizajes memorísticos y faltos de significatividad.

Una importante contribución del trabajo con guías diseñadas, es el hecho de que estas permiten a los estudiantes, realizar su trabajo con un alto grado de independencia respecto del docente, y que aquellos más rezagados encuentren en sus compañeros más adelantados un soporte para sus propios procesos, lo cual posibilita a su vez que el maestro focalice su acompañamiento en los estudiantes que más lo necesitan. Es por esto que para esta propuesta, la metodología del aula taller se ha erigido en una herramienta muy importante en el propósito de hacer de las Matemáticas un área más inclusiva.

Un elemento básico para el aprendizaje que se puede mejorar a partir de propuestas de este tipo es la motivación intrínseca. Como dispositivo básico de aprendizaje

tiene la posibilidad de permitir también que la atención y la habituación tengan un mejor desempeño. La actividad de aula taller activa estos dispositivos y dinamiza la activación de las diversas habilidades de pensamiento, por lo que se dispone el razonamiento para estar al nivel de los conceptos que se van a aprender.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M.; Serna, S.; Villada, M. y López, B. (2012). Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil. *Journal of Technology and Engineering*, 1(2), 40-63.

Burger, W. y Shaughhnessy, J. (1986). Characterizing the Van Hiele Levels of Development in Geometry. *Research in Mathematics Education*, 17(1), 31-48.

Ibáñez, R. (2002). Secciones cónicas. *Sigma*, 20, 12 – 38.

Fouz, F. y De Donosti, B. (2005). Modelo de Van Hiele para la didáctica de la geometría. *Un paseo por la geometría*. Disponible den <http://divulgamat.ehu.es/weborriak/TestuakOnLine/04-05/PG-04-05-fouz.pdf>

Jaime, A. & Gutiérrez, A. (1990). *Una propuesta de fundamentación para la enseñanza de la geometría: El modelo de Van Hiele*. En: S, Llenares, M. V. Sánchez, Teoría y práctica en Educación Matemática. España: Alfar.

Jaime, A. (1993). *Aportaciones a la interpretación y aplicación del Modelo de Van Hiele: La enseñanza de las isometrías en el plano. La Evaluación del nivel de razonamiento* (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia, España.

Jaramillo, C. y Esteban, P. (2006). Enseñanza y aprendizaje de las estructuras matemáticas a partir del modelo de Van Hiele. *Educación y Pedagogía*, 17, 109-118.

- Jaramillo, L. (2012). *La proporcionalidad y el desarrollo del pensamiento matemático*. (Tesis de Maestría). Disponible en [dhttp://www.bdigital.unal.edu.co/6969/](http://www.bdigital.unal.edu.co/6969/).
- Llorens, J. (1994). *Aplicación del modelo de Van Hiele al concepto de aproximación*. Universidad de Valencia, España.
- Pasel, S. (1993). *Aula taller*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Sanchez, M. (2002). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento. *Revista Electrónica de investigación Educativa*, 4(1).
- Van Hiele, P. (1986). *Structure and Insight. A theory of Mathematics Education*. London: Academic Press
- Villarreal, J., Paniagua, A., Herrera, N. y Toro, W. (2010). *Contribución de la enseñanza de conceptos al razonamiento matemático. Una mirada desde tres perspectivas cognitivas*. Universidad de Antioquia, Colombia. Trabajo de grado.
- Villarreal, J. (2012). Propuesta de planeación, puesta en práctica y evaluación para un aula inclusiva. *Revista de educación*, 136, 31-37.

## ANEXOS

### Guías para el trabajo con la elipse

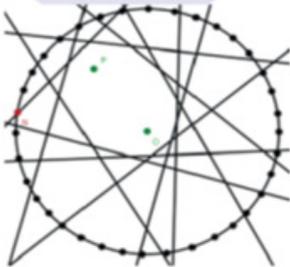
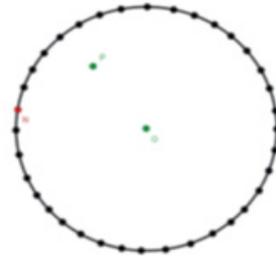
#### Guía 1

“La geometría en el aula”

## SECCIONES CÓNICAS POR MEDIO DEL DOBLADO DE PAPEL

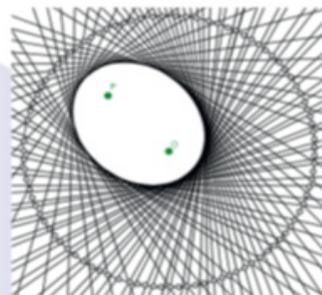
### ELIPSE

La construcción de la elipse inicia con el dibujo de una circunferencia con centro  $O$  y radio  $r$ , en una hoja de papel de forma rectangular. Posteriormente, se ubica un punto  $P$ , diferente de  $O$ , en la región delimitada por dicha circunferencia y se realizan dobleces que surgen de llevar puntos de la circunferencia sobre el punto  $P$ .



Se dibuja un punto  $P$  en uno de los dobleces (diferente del punto  $O$ ) cerca al borde de la hoja y se traslada a los dobleces siguientes. Este proceso de traslación de dicho punto a los dobleces consecutivos, va a garantizar que se conserva la misma distancia al punto  $O$ .

Cuando se finalizan todos los dobleces, se puede afirmar que la elipse se forma como la envolvente de una familia de rectas. Así:



**Guía 2****LA ELIPSE**

es otra de las curvas más conocidas y estudiadas por los Matemáticos. Tiene diversas aplicaciones, entre las cuales se destaca probablemente el movimiento planetario, el cual los físicos durante siglos consideraron como circular, aunque ahora sabemos que se aproxima más a un movimiento con trayectorias en forma de elipse.

La elipse es otra de las secciones cónicas que ahora mismo estamos por construir, si sigues atentamente las siguientes instrucciones:

1. Traza dos segmentos perpendiculares entre sí de longitud diferente que se bisequen en partes iguales. Al punto de corte denomínalo C.
2. Sobre los extremos del segmento más largo ubica los puntos A y A'.
3. Sobre los extremos del otro segmento ubica los puntos B y B'.
4. Toma el compás y con radio AC y centro en B traza dos arcos que corten al segmento AA' en los puntos F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>.
5. Ubica un punto D que se encuentre entre los puntos F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>, y con centro en F<sub>2</sub> y radio AD traza dos arcos, uno a cada lado del segmento AA'. Repite este paso pero haciendo centro en F<sub>1</sub> en vez de F<sub>2</sub>.
6. Con radio DA' y centro en F<sub>2</sub>, traza dos arcos. Estos deberían cortar a uno de los pares de arcos trazados en el paso 5. Nómbralos T y L. Repite este paso pero haciendo centro en F<sub>1</sub> en vez de F<sub>2</sub>. Estos deberían cortar al otro par de arcos trazados en el paso 5. Nómbralos T' y L'.
7. Continúa ubicando puntos entre F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> al menos tres veces más. Con estos puntos repite los pasos 5 y 6.

8. Une los puntos de intercepción entre los arcos que acabas de hallar mediante una curva. Según sus características nómbrala: \_\_\_\_\_
9. Desde los puntos  $F_1$  y  $F_2$  traza segmentos que se unan en los puntos de la curva. Mide la longitud de estos segmentos y anota tus mediciones en la siguiente tabla:

$d(F_1, T)$	
$d(F_2, T)$	
$d(F_1, B)$	
$d(F_2, B)$	
$d(F_1, A)$	
$d(F_2, A)$	

Calcula las distancias que quieras entre los puntos  $F_1$  y  $F_2$  a los puntos de la curva.

10. Suma las siguientes distancias:

$d(F_1, T) + d(F_2, T)$	
$d(F_1, B) + d(F_2, B)$	
$d(F_1, A) + d(F_2, A)$	

Del mismo modo suma las distancias de los puntos en la curva a los puntos  $F_1$  y  $F_2$  que quieras.

11. ¿Encuentras alguna relación entre las distancias que acabas de medir?

\_\_\_\_\_

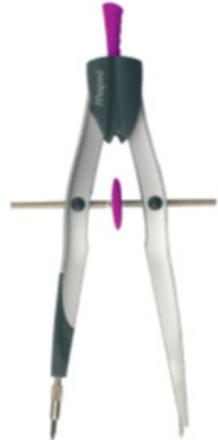
\_\_\_\_\_

Si es así, describe la propiedad de los puntos que conforman la curva:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

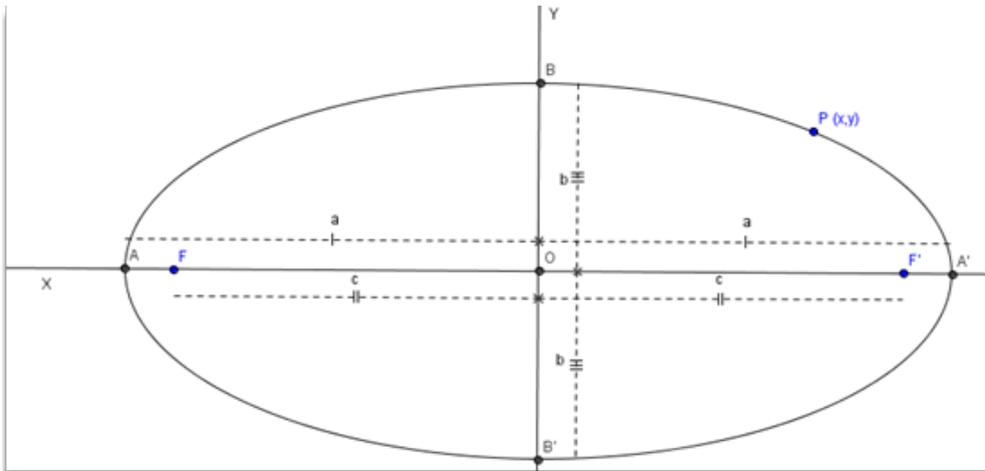


### Guía 3

#### “La geometría en el aula”

## LAS SECCIONES CÓNICAS Y SUS ECUACIONES

De manera similar, determinemos ahora, una expresión analítica para la Elipse. Partimos de nuevo de la propiedad que cumplen los puntos que conforman a la curva. Si un punto  $P(x,y)$  pertenece a una elipse, la suma de sus distancias a cada uno de los focos da como resultado una constante.



Para la anterior elipse, se cumple que:

1.  $d(P,F) + d(P,F') = \text{Constante}$
2.  $d(A,F) + d(A',F') = \text{Constante}$
3.  $d(A,F) = a - c$  y  $d(A',F') = a + c$
4. Por tanto,  $\text{Constante} = a - c + a + c = 2a$
5. Luego,  $d(P,F) + d(P,F') = 2a$

Con base en esta información, completa la siguiente tabla:

1. $d(P,F) + d(P,F') = 2a$	Definición de la elipse
2. $\sqrt{(x+c)^2 + (y-0)^2} + \sqrt{(x-c)^2 + (y-0)^2} = 2a$	Distancia entre puntos
3. $\sqrt{(x+c)^2 + y^2} = \underline{\hspace{4cm}}$	Despejando el primer término

4. $(x + c)^2 + y^2 = 4a^2 + 4a\sqrt{(x - c)^2 + y^2} + (x - c)^2 + y^2$	¿Por qué?
5. $(x + c)^2 + y^2 - 4a^2 - (x - c)^2 - y^2 = 4a\sqrt{(x - c)^2 + y^2}$	Despejando el termino radical
6. _____ = $4a\sqrt{(x - c)^2 + y^2}$	Elevando al cuadrado los polinomios
7. $4xc - 4a^2 = 4a\sqrt{(x - c)^2 + y^2}$	Simplificando términos semejantes
8. $(xc - a^2)^2 = a^2[(x - c)^2 + y^2]$	¿Por qué?
9. $x^2c^2 - 2a^2xc + a^4 = a^2(x^2 - 2xc + c^2 + y^2)$	Elevando al cuadrado los polinomios
10. $x^2c^2 - 2a^2xc + a^4 =$ _____	Aplicando la propiedad distributiva
11. $a^4 - a^2c^2 = a^2x^2 - x^2c^2 + a^2y^2$	¿Por qué?
12. $a^2(a^2 - c^2) = x^2(a^2 - c^2) + a^2y^2$	Factorizando
13. $a^2 = x^2 + \frac{a^2y^2}{a^2 - c^2}$	¿Por qué?
14. $1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{a^2y^2}{a^2(a^2 - c^2)}$	Dividiendo por
15. $1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{(a^2 - c^2)}$	Simplificando la expresión ( $a^2 - c^2 = b^2$ ) ¿Por qué?
16. $1 =$ _____	Ecuación canónica de la elipse



## **LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS CON TIC COMO PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOTIVACIÓN EN EL AULA\***

---

**DAVID ESTEBAN TABARES CANO<sup>1</sup>**

**ERNESTO ZEA LENGUA<sup>2</sup>**

**OSCAR ANDRÉS HERNÁNDEZ<sup>3</sup>**

**JORGE ELIÉCER VILLARREAL FERNÁNDEZ<sup>4</sup>**

**CAROLYN DÍAZ GARCÍA<sup>5</sup>**

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación: Capítulo de libro resultado del proyecto de Investigación “La contextualización de los conceptos matemáticos como base para el mejoramiento de la motivación”, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana.

1 Licenciado en Matemáticas y Física, Universidad de Antioquia. Docente de la Corporación Universitaria Americana. desteban24@gmail.com

2 Docente de la Corporación Universitaria Americana. nesto.zea1992@gmail.com

3 Doctor en Ciencias Sociales y Humanas, Pontificia Universidad Javeriana- PUJ- Sede Bogotá. Magister en Estudios Culturales Pontificia Universidad Javeriana- PUJ- Sede Bogotá. Especialista en Estudios Culturales Pontificia Universidad Javeriana- PUJ- Sede Bogotá. Docente de la Pontificia Universidad Javeriana. oscarandres1309@hotmail.com

4 Docente de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. jorge.villarreal@udea.edu.co

5 Magister en Dirección y Administración de Empresas, Escuela Europea de Dirección y Empresa. Especialista en Gerencia de Recursos Humanos, Universidad Del Norte – Uninorte. Directora de talento humano de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. talentohumanomed@coruniamericana.edu.co

**RESUMEN**

El capítulo que se presenta es una investigación finalizada enfocada en mejorar los niveles motivacionales frente al aprendizaje de las matemáticas, en los estudiantes del grado once de la Escuela Normal Superior “La Merced” del municipio de Yarumal, Antioquia, vista la motivación como dispositivo básico del aprendizaje de los diferentes pensamientos matemáticos. Este objetivo se pretende lograr a través de la elaboración de una intervención basada en la enseñanza de la matemática a partir de las TIC, diseño que tiene como base el estilo de aprendizaje de los estudiantes.

El trabajo muestra el proceso que se ha venido realizando en la construcción del diseño teórico de investigación, mostrando los pasos realizados hasta la determinación del problema científico de investigación, el marco teórico utilizado, el diseño tanto metodológico como de investigación, los instrumentos utilizados y los resultados del proceso. En esta propuesta se identifican las posibilidades que tiene un diseño de investigación que parta de la condición concreta del lugar donde se está realizando, determinar el comportamiento del objeto o fenómeno a investigar, llegar a la identificación de la contradicción en que se encuentra el proceso de enseñanza y aprendizaje para determinar el problema de investigación a resolver y poder a partir de él, determinar el rumbo para el mejoramiento de los procesos. Para poder determinar si había transformación en los aspectos planteados (motivación y estilos de aprendizaje) se aplicó el test MSLQ (Motivated Strategies Learning Questionnaire) (Pintrich, Smith, García y McKeachie, 1991) al inicio y al final del curso, es decir se utiliza la autopercepción de los alumnos como base del análisis.

El trabajo hace parte de la línea de investigación denominada: *Las habilidades de pensamiento como eje de los procesos de aprendizaje en aulas inclusivas*, la cual tiene como uno de sus objetivos el diseño de propuestas de intervención en el aula donde exista población diversa.

**Palabras claves:** estilos de aprendizaje, motivación, motivación en el aula, enseñanza de las matemáticas a partir de las Tic.

**THE TEACHING OF MATHEMATICS WITH ICT AS A PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF MOTIVATION IN THE CLASSROOM****ABSTRACT**

The paper presented here is a final research focused on improving motivational levels against mathematics learning in the eleventh grade students of the Escuela Normal Superior “La Merced” in the municipality of Yarumal, Antioquia, given the motivation as a basic device of the learning of the different mathematical thoughts. This objective is intended to achieve through the development of an intervention based on the teaching of mathematics based on ICT, a design that is based on the learning style of students.

The work shows the process that has been carried out in the construction of the theoretical design of research, showing the steps taken until the determination of the scientific research problem, the theoretical framework used, the methodological and research design, the instruments used and the Results of the process. This proposal identifies the possibilities of a research design that starts from the concrete condition of the place where it is being carried out, to determine the behavior of the object or phenomenon to be investigated, to arrive at the identification of the contradiction in which the process of Teaching and learning to determine the research problem to be solved and to be able to determine the course for the improvement of the processes. In order to determine if there was a transformation in the aspects raised (motivation and learning styles) the MSLQ (Motivated Strategies Learning Questionnaire) test (Pintrich, Smith, García and McKeachie, 1991) was applied at the beginning and at the end of the course, ie uses the self-perception of the students as the basis of the analysis.

The work is part of the line of research called: Thinking skills as the axis of learning processes in inclusive classrooms, which has as one of its objectives the design of intervention proposals in the classroom where there is a diverse population.

**Keywords:** Styles of learning, motivation, motivation in the classroom, teaching mathematics from the ICT.

## INTRODUCCIÓN

Las prácticas pedagógicas de los maestros en formación cumplen un papel fundamental no sólo en el acercamiento a la labor como docentes que pronto tendrán como responsabilidad, sino a la implementación de procesos de mejora de las condiciones a las cuales se verán enfrentados en el aula.

Este intento de transformación del entorno de enseñanza y aprendizaje debe tener fuertes raíces en la investigación, de manera que los procesos implementados no sean solamente improvisación y tengan en cuenta los desarrollos que la educación matemática, y otras ciencias de la educación han venido construyendo. Para esto el docente en formación debe ganar en la comprensión de los procesos de investigación y en lo esencial, la determinación del problema científico al cual se encuentra enfrentado.

Este trabajo muestra el proceso para la identificación del problema temático en un aula de clase, por parte de un docente en formación realizando su práctica pedagógica, a partir de una serie de fases que buscan que sus habilidades de pensamiento en este campo, sean desarrolladas. Además presenta la propuesta de intervención y los resultados obtenidos después de realizarla.

La institución educativa donde se realiza la práctica fue escogida por prestarse a que un estudiante realizará su trabajo de grado en ella y permitiera presentar propuesta de intervención de acuerdo a las necesidades observadas. El grupo en el cual se hace la intervención fue dado por la institución.

En la primera etapa de la práctica el maestro en formación estuvo presente en el aula haciendo una observación directa, no participante, es decir que el maestro cooperador continuó dando su clase de manera normal, esto con el fin de habituarse al ambiente manejado en el aula, hacer una lectura del grupo e irse adecuando a la metodología y también percibir las dificultades. Para realizar esta observación se utiliza el diario de campo como instrumento, allí queda plasmada cada una de las observaciones realizadas.

Luego de esto, el maestro en formación estuvo en la capacidad de ponerse en frente de la clase obteniendo así una observación de tipo participante. El trabajo de observación en el aula fue realizado con el fin de lograr un acercamiento general en cuanto a la forma de enseñar de los maestros y los estilos de aprendizaje de los estudiantes, ya que es uno de los objetivos de la línea de investigación en que se encontraba enmarcado el trabajo.

### **IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

En este proceso el maestro en formación percibió que algunas problemáticas de aula se debían analizar para determinar si son en realidad problemas a resolver o sólo producto de la observación del momento. Lo primero que se identificó fue una enseñanza de tipo tradicional, con un docente que transmite contenidos y estudiantes que intentaban asimilarlos, la enseñanza no fue muy activa y se efectuó sólo con explicaciones en el tablero y ejemplos, realizando ejercicios individuales y en grupo.

Ciertamente, en la actualidad tenemos numerosos recursos con los cuales generar un proceso más dinámico en el aula, y también con la aplicación de estilos de aprendizaje partiendo de que los estudiantes acceden al conocimiento por diferentes métodos. Una de las posibles explicaciones para esta característica es la tradición de la institución tradición religiosa o su modelo pedagógico que puede permear las metodologías de trabajo de los docentes ya que el centro de la labor está en la formación en lo actitudinal, en la disciplina.

Por su parte, se observó a estudiantes distraídos y sin prestar atención a lo que el maestro transmitía. Además, se percibió algunas prácticas de indisciplina lo que permeó la dinámica del grupo. Se notó que los alumnos mostraban bajos niveles de indisciplina cuando el maestro cooperador estuvo presente, lo contrario sucedió cuando el maestro en desarrollo estuvo en frente de la clase, los educandos se notaron más espontáneos, se mejoró la participación pero se percibió más indisciplina.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo algunas de las problemáticas que se conservan en el aula, esto con el fin de determinar algunas para el análisis y su posible propuesta de intervención a través de un proceso de investigación en el aula:

- Poca comprensión, por parte de los estudiantes, de los procesos que se trabajan en la clase. Esto se pudo inferir a partir de los comentarios que los estudiantes hacían y el tipo de preguntas que realizaban.
- Poco interés de los estudiantes por las temáticas que se enseñaban en la clase. Se planteó que estos contenidos tenían poca utilidad para su vida y no se entendía el porqué de la necesidad de aprenderlos.
- Una diferencia marcada en la forma en que los estudiantes parecían que podían aprender y la manera en que el docente enseñaba. Esta característica en el aula se vio claramente en la forma del trabajo del docente frente a la comprensión de los contenidos acorde con la forma de aprender de ellos.

Si se tienen en cuenta estos elementos se puede notar que no son independientes, es decir, hay unas de ellas que son causa de otras por lo que la problemática a indagar tendrá que ver con la forma en que se debería enseñar para lograr un mayor interés por parte de los estudiantes y lograr mejores niveles de comprensión de los contenidos matemáticos.

Por esto se requiere conocer el estado real de la situación, en este caso centrada en la manera en que los estudiantes aprenden, ver si la forma en que el docente enseña esta adecuada al estilo de aprendizaje de los estudiantes y si en realidad existe desinterés en los estudiantes por el área.

Por su parte, para el caso de los Estilos de Aprendizaje y Estilos de Enseñanza se realizó una revisión de algunas de las posibilidades de evaluación de estos procesos, encontrándose que existen varios modelos entre los que se encuentran, para el caso del aprendizaje, el de Cuadrantes Cerebrales de Herrmann (Martínez y Manzo, 2013), el de Felder y Silverman (Durán y Costaguta, 2007), el de Kolb (Cazau, 2004), el de Programación Neurolingüística de Bandler y Grinder (Grinder, Bandler, Stevens y Huneus, 1989), el de Hemisferios Cerebrales, el de Inteligencias Múltiples, y el de Honey-Alonso (Alonso, Gallego y Honey, 1997). Teniendo en cuenta la posibilidad de implementación en educación se escogió para el diagnóstico el modelo de Honey-Alonso, que plantea cuatro estilos, activo, reflexivo, teórico y pragmático,

en función de un ciclo de aprendizaje que inicia en el activo y reinicia al culminar el pragmático.

En los Estilos de Enseñanza se encontró un planteamiento teórico que presenta una forma de medir este estilo y que tiene una relación directa con el modelo de Honey-Alonso (Martínez, 2007). Se utiliza para realizar la caracterización de este estilo el instrumento propuesto por el autor (Renes, Echeverry, Chiang, Rangel y Martínez, 2013).

Los resultados tanto de los estilos de aprendizaje como de los estilos de enseñanza se presentan a continuación.



Figura 1. Resultados medios estilos de aprendizaje del grupo a intervenir a partir del Cuestionario CHAEA

Como se puede observar en la tabla 1 las medias de los estilos muestran un equilibrio entre las diferentes formas de aprender de los estudiantes lo que posibilita procesos de enseñanza acordes con estos estilos.

En la indagación sobre los estilos de enseñanza y manera de medirlos se encuentra la propuesta de Martínez (2013), quien teniendo como base el modelo de Honey-Alonso de estilos de aprendizaje hace una relación entre estos y categorías de estilos de enseñanza.

De otro modo, se realizó una revisión inicial de la literatura que permitiera acercarnos a la razón de esta actitud y determinar realmente como se encuentran en este punto. Estamos refiriendo de manera directa a la motivación ya que este concepto

se origina en el latín *interesse*, y funciona para expresar aquello que hace que a las personas les importe alguna cuestión. Y la motivación es resultado de la combinación de los vocablos latinos *motus* (traducido como “movido”) y *motio* (que significa “movimiento”), son los estímulos que mueven a la persona a realizar determinadas acciones y persistir en ellas para su culminación.

Para Alonso (1997) la motivación y las expectativas influyen en el aprendizaje, la decisión de aprender, la necesidad de aprender son elementos que favorecen el aprendizaje, sin que esto lleva a niveles de tensiones muy altas que bloqueen el proceso.

Por otro lado, según (Azcoaga 1987), el aprendizaje moviliza regulaciones en el sistema nervioso central que tienen carácter innato, para que haya aprendizaje debe haber una situación de excitabilidad óptima en el sistema con el que se operará, actualmente se le llama a este estado motivación, donde precisamente la motivación es uno de los dispositivos básicos de aprendizaje, junto con la senso-percepción, la atención, la memoria y la habituación.

Por lo dicho, se realizó un proceso de medición de los niveles de motivación de los estudiantes para lo cual se utilizó el test MSQL (Motivated Strategies Learning Questionnaire) desarrollado por Pintrich, Smith, García y Mckeachie (1991) con el que pretendió medir una amplia gama de factores motivacionales y de estrategias de aprendizaje.

Este permite evaluar las estrategias de aprendizaje y los niveles motivacionales de las personas. Los niveles motivacionales se caracterizan a partir de tres subcomponentes, valoración, expectativas y disposición afectiva. También maneja subescalas, en la valoración se encuentra evaluada la orientación intrínseca, la orientación extrínseca, y el valor de la tarea; en las expectativas, las subescalas son el control sobre creencias y la autoeficacia; la disposición afectiva se mide a partir de una prueba de ansiedad.

Los resultados de la aplicación del test se muestran a continuación:

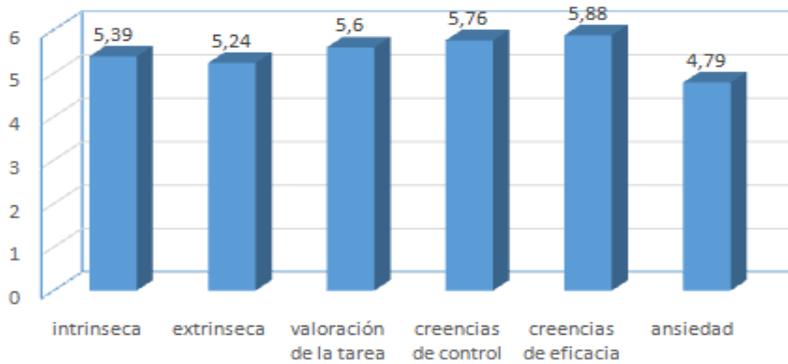


Figura 2. Resultados medidas de motivación del grupo a intervenir a partir del cuestionario MSQ (Motivated Strategies Learning Questionnaire)

Aunque los resultados no son tan bajos si muestran la necesidad de mejorar en algunos puntos y en disminuir los niveles de angustia con lo cual habría un mejoramiento del proceso de aprendizaje. Este análisis inicial de la condición en que se encuentra el objeto a investigar nos lleva a pensar en la necesidad de revisar la relación que existe entre el mejoramiento de los niveles de motivación a partir de pensar procesos de enseñanza a partir de la manera en que los estudiantes aprenden ya que esto permitiría un mejoramiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes pensando todo esto en la enseñanza de las matemáticas.

Por su parte, se hizo una consulta bibliográfica frente a la relación entre motivación y estilos de aprendizaje (Felder y Silverman, 1988) donde se plantea que la utilización de los estilos de aprendizaje en las clases es eficiente para aumentar la motivación de los estudiantes, así como para reducir la “hostilidad” de los estudiantes hacia los profesores.

Aguado y Falchetti (2003) relacionaron en una investigación relacionando los resultados del test CHAEA con la motivación y las estrategias en los niveles superficial, profundo y de logro. Y así varias investigaciones nos muestran que se ha venido investigando sobre el tema pero que aún falta profundizar.

Con relación a la motivación y el aprendizaje de las matemáticas se encuentra a Font plantea que

En función de si el estudiante tiene un patrón motivacional positivo o negativo, su actitud hacia las matemáticas será diferente. Si el patrón es positivo, el estudiante, frente a una dificultad reaccionará analizándola, buscará una nueva estrategia, preguntará al profesor, etc.; ... Si el estudiante presenta un patrón motivacional negativo, frente a una dificultad, aumentará su ansiedad y hasta se angustiará pensando que la causa de la dificultad es su incapacidad y, por tanto, adoptará una actitud defensiva, como por ejemplo: no hacer nada, no preguntar porque solamente preguntan los tontos, intentará copiar la respuesta, etc. (1994).

Lo anterior, demuestra que se requieren de altos niveles de motivación positiva para lograr que el proceso de aprendizaje de las matemáticas se dé eficazmente, es decir que estos aprendizajes sean duraderos, que se puedan articular en la resolución de problemas de otros campos y del propio de la matemática. Además, este aprendizaje sea producto de la interacción del estudiante con el objeto de aprendizaje.

Queda claro que la motivación es fundamental para el aprendizaje, es un dispositivo básico de aprendizaje que debe ser tenido en cuenta para todo el proceso de enseñanza. Además, que el tener en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes también es fundamental para mejorar este proceso de las matemáticas.

De este modo, buscando un cambio en la situación hallada se propone la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo cambia la motivación de los estudiantes ante el aprendizaje de las matemáticas a partir de intervenciones basadas en los estilos de aprendizaje?*

## **MARCO DE REFERENCIA**

Gran parte de la bibliografía referida a la motivación alude a la distinción entre

motivación intrínseca y extrínseca. Hay coincidencia entre los distintos autores en vincular a la motivación intrínseca con aquellas acciones realizadas por el interés que genera la propia actividad, considerada como un fin en sí misma y no como un medio para alcanzar otras metas. La orientación motivacional extrínseca, es la que aquella que lleva al individuo a realizar una determinada acción para satisfacer otros motivos que no están relacionados con la actividad en sí misma, sino más bien con la consecución de otras.

La motivación parece incidir sobre la forma de pensar y con ello sobre el aprendizaje, las distintas orientaciones motivacionales pueden producir consecuencias diferentes para el aprendizaje. Es posible que el alumno motivado intrínsecamente esté más dispuesto a aplicar un esfuerzo mental significativo durante la realización de la tarea, a comprometerse en procesamientos más ricos y elaborados y en el empleo de estrategias de aprendizaje más profundas y efectivas.

Parece más probable que un estudiante motivado extrínsecamente se comprometa en ciertas actividades sólo cuando éstas ofrecen la posibilidad de obtener recompensas externas; además, es posible que tales estudiantes opten por tareas más fáciles, cuya solución les asegure la obtención de la recompensa.

Otro de los constructos vinculados a la motivación es el relativo a la valoración de las tareas. Una valoración positiva de las tareas podría conducir al estudiante a involucrarse más en el propio aprendizaje y a utilizar estrategias cognitivas más frecuentemente. Cuando las tareas académicas son percibidas como interesantes, importantes y útiles los estudiantes pueden estar más dispuestos a aprender con comprensión.

Los sentimientos o creencias de autoeficacia también son vinculados con la motivación. Conciernen a las percepciones de los estudiantes sobre su capacidad para desempeñar las tareas requeridas en el curso. La idea que tengamos sobre nuestras propias capacidades influye en las tareas que elegimos, las metas que nos proponemos, la planificación, esfuerzo y persistencia de las acciones encaminadas a dicha

meta. En líneas generales, se puede afirmar que al llevar a cabo cualquier actividad, a mayor sensación de competencia, más exigencias, aspiraciones y mayor dedicación a la misma.

Otro de los conceptos que suele vincularse con la motivación son las creencias de control del aprendizaje que alude al grado de control que los estudiantes creen tener sobre su propio. Un concepto que puede resultar útil en relación con este tema es el de 'locus de control' (de aquí en adelante LC). Conforme a este concepto, cuando una persona cree que el lugar, la causa o la raíz del control de los resultados de su actuación está en ella misma y que los resultados que obtenga dependen de ella, se dice que es un sujeto con LC interno. Por el contrario, si el individuo cree que el control está fuera de él, en factores externos como la suerte, el destino o la ayuda recibida, entonces se dice que es una persona con LC externo.

La investigación sobre las relaciones entre LC interno y rendimiento académico evidencia que, en general, cuanto mayor es el LC interno, mejor es el rendimiento escolar. Así pues, si el sujeto con LC interno siente que tiene mayor control sobre los resultados del estudio, es lógico que se espere de él un mayor esfuerzo y, consecuentemente, mejor rendimiento académico; además, dado que se atribuye a sí mismo tanto los éxitos como los fracasos, es de suponer que los primeros le harán sentir orgullo y lo motivarán más, en tanto que los segundos le generarán vergüenza o culpa y le llevarán a empeñarse en no volver a fracasar. En cambio, los individuos con LC externo, al sentirse menos responsables tanto de los éxitos como de los fracasos, y al atribuir unos y otros a agentes incontrolables, se verían menos empujados por los éxitos y menos atormentados por los fracasos (Burón, 1995).

Respecto al tema de la ansiedad -otro de los conceptos que se estudian en relación con la motivación. Se trata de un componente afectivo, vinculado a pensamientos negativos por parte del sujeto, que interfiere negativamente en su desempeño. De este modo, se encontró que la ansiedad y la excesiva preocupación por el desempeño pueden estar asociadas con su deterioro (Pintrich et al., 1991). Así mismo, se postula que la ansiedad correlaciona negativamente con el uso de estrategias

de aprendizaje (Pintrich y García, 1993). En cuanto a los componentes cognitivos considerados en este artículo, haremos referencia al uso de estrategias cognitivas, metacognitivas y de manejo de recursos.

### **Aspectos cognitivos implicados en el aprendizaje**

Las estrategias cognitivas, incluyen pensamientos o comportamientos que ayuden a adquirir información e integrarla al conocimiento ya existente, así como recuperar la información disponible.

Entre las estrategias cognitivas se distinguen: estrategias de repaso, elaboración y organización. Las estrategias de repaso incidirían sobre la atención y los procesos de codificación, pero no ayudarían a construir conexiones internas o a integrar la nueva información con el conocimiento previo, razón por la que sólo permitirían un procesamiento superficial de la información. En cambio, las estrategias de elaboración y de organización posibilitarían procesamientos más profundos de los materiales de estudio. El pensamiento crítico es considerado también como una estrategia cognitiva, que alude al intento de los estudiantes de pensar de un modo más profundo, reflexivo y crítico sobre el material de estudio (Pintrich y García, 1993).

En cuanto a las estrategias metacognitivas, Pintrich et al. (1991) sugieren que habría tres procesos generales: el planeamiento, el control y la regulación. Planear las actividades contribuye para activar aspectos relevantes del conocimiento previo que permiten organizar y comprender más fácilmente el material. Controlar las actividades implica evaluar la atención y cuestionarse durante la lectura, en tanto que la regulación de las actividades refiere al continuo ajuste de las acciones cognitivas que se realizan en función del control previo.

Asimismo, las estrategias de manejo de recursos incluyen la organización del tiempo y ambiente de estudio; la regulación del esfuerzo, el aprendizaje con pares y la búsqueda de ayuda. El manejo del tiempo implica programar y planear los momentos de estudio, en tanto que el manejo del ambiente refiere a la determinación por parte del estudiante acerca de su lugar de trabajo. Idealmente, el ambiente de

estudio debe ser tranquilo, ordenado y relativamente libre de distractores visuales o auditivos (Pintrich et al., 1991). La regulación del esfuerzo alude a la habilidad del estudiante para persistir en las tareas a pesar de las distracciones o falta de interés; tal habilidad es de importancia para el éxito académico en la medida que implica compromiso con las actividades y tareas propuestas (Pintrich et al. 1991; Pintrich y García, 1993).

Finalmente, el aprendizaje con pares y la búsqueda de ayuda aluden a la disposición de los estudiantes para plantear sus dificultades a un compañero o al docente; cuestión relevante si se atiende al valor pedagógico que se atribuye al diálogo profesor-alumno y, particularmente a los procesos de solicitar, dar y recibir ayuda pedagógica (Coll y Solé, 1990; Rinaudo, Donolo y Chiecher, 1999; Ross y Coussins, 1995).

## **METODOLOGÍA**

### **Muestra**

Para la presente intervención la muestra está conformada por 10 estudiantes (1 niño y 9 niñas) entre los 15 y 18 años de edad, del grado 11 de la Escuela la Normal Superior “la Merced” ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia.

El grupo se seleccionó de acuerdo con la disponibilidad de tiempo que la Institución Educativa ofrecía para el desarrollo del trabajo en el aula. La experiencia se realizó con los estudiantes en la jornada de la mañana, en las horas asignadas al área de Matemáticas (dos sesiones por semana de una hora y cincuenta minutos cada sesión).

Por su lado, la Institución Educativa es de carácter privada, ofrece los niveles de preescolar, básica y media. Está ubicada en el municipio de Yarumal Antioquia, en la zona nororiental del municipio, la población estudiantil se encuentra desde el estrato socioeconómico 2 y 3 y cuenta con jornada única (mañana y tarde)

### **Sistema de variables**

Variable I. Se toma como variable independiente enseñanza de las funciones linea-

les y cuadráticas en matemáticas por medio de TICS, la cual se lleva al aula de clase con el propósito de influir en los niveles de motivación de los estudiantes.

Variable II. Se toma como variable dependiente la motivación, la cual se ve afectada a partir del trabajo que se realiza en la enseñanza de las matemáticas (funciones lineales y cuadráticas) por medio de TICS, de este modo los aspectos de la motivación (Motivación intrínseca, motivación extrínseca, valoración de la tarea, creencias de control, creencias de autoeficacia, ansiedad) tenidos en cuenta en esta investigación también son afectados.

### **Enfoque, método y diseño de la investigación**

**Enfoque de investigación:** El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que busca medir los componentes motivacionales antes y después de aplicar el método de enseñanza basado en TIC. Además la investigación parte de modelos ya planteados de enseñanza de las matemáticas y se identifican variables dentro del proceso, una variable es la contextualización de la enseñanza de las matemáticas por medio de TIC y la otra es la motivación. Por otro lado, el alcance es descriptivo, puesto que nuestra investigación pretende analizar cómo son los niveles motivacionales y cómo cambian al aplicar una enseñanza de funciones lineales y cuadráticas por medio de TIC.

**Método de investigación:** Lo primero que se debe comprender frente al diseño metodológico tiene que ver con conocer lo que se busca con la investigación. En este caso en la investigación que se presenta, se lleva a cabo el método deductivo, puesto que se ve la necesidad de reestructurar el esquema previo de enseñanza que está descontextualizado del contexto real de los estudiantes por un esquema de enseñanza que tenga como eje la enseñanza de las funciones lineales y cuadráticas con TIC, todo esto para el mejoramiento de la motivación.

**Diseño de investigación:** Teniendo en cuenta las características de la muestra que no fue aleatoria, sino que se trabaja con un grupo natural, previamente definido, la investigación se enmarca en un diseño cuasi-experimental con prueba, postprueba y dos grupos intactos (uno de ellos es el grupo control).

Para poder describir los cambios que sufren los niveles motivacionales de los estudiantes, se aplica el test MSLQ en dos momentos, el primero fue una pre-prueba tanto al grupo experimental como al grupo de control para conocer dichos niveles, y el segundo momento fue una post-prueba que se llevó a cabo después de realizar la intervención con la finalidad de medir los cambios en los niveles motivacionales.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Test MSLQ (ver anexo A) Este test es un cuestionario de administración colectiva. Las respuestas a los ítems se dan con base a una escala Liker de 7 puntos en la que los estudiantes marcan el acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones expresadas en cada uno de ellos, del siguiente modo: totalmente en desacuerdo = 1; moderadamente en desacuerdo = 2; en desacuerdo ligeramente = 3; neutral = 4; un poco de acuerdo = 5; moderadamente de acuerdo = 6; totalmente de acuerdo = 7; así pues los valores más bajos son indicadores de poco acuerdo en tanto que los más altos indican buena sintonía con lo expresado en el ítem, donde la sección de motivación está integrada por 31 ítems que conforman seis escalas relativas a distintos aspectos motivacionales; a saber: (1) metas de orientación intrínseca, (2) metas de orientación extrínseca, (3) valoración de la tarea, (4) creencias de autoeficacia, (5) creencias de control del aprendizaje y (6) ansiedad.

Los siguientes son instrumentos de control que utilizamos con la intención de darle mayor confiabilidad al test MSLQ frente a la debilidad que todo test puede presentar, además cabe resaltar que ambos instrumentos se elaboraron con base en los aspectos motivacionales que mide dicho test:

Cuestionario. Se les realizó a los estudiantes con la intención de conocer su opinión acerca del trabajo realizado en esta área relacionando los puntos manejados desde el test MSLQ.

Diarios de campo (ver anexo C) Se sistematizaron los registros de cada una de las intervenciones que se realizaron para analizar los acontecimientos de estas clases.

## Plan de análisis

Análisis de datos cuantitativos. Inicialmente aplicaremos el test MSQL, para medir sus niveles motivacionales y a continuación se interviene de acuerdo al diseño elaborado, luego después de la intervención volver a aplicar dicho test con la finalidad de saber si se produjeron cambios y como fueron. Una vez realizado este proceso, para analizar los datos recolectados mediante el test MSQL antes y después de la intervención seguimos el plan de análisis propuesto por Sampieri (2006:408).

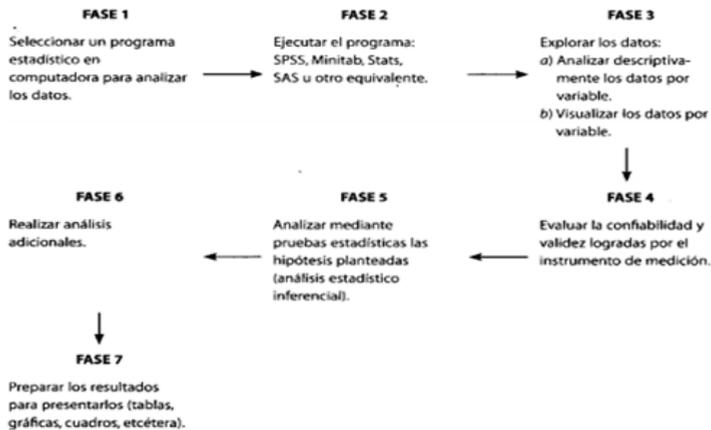


Figura 3. Proceso para efectuar análisis estadístico

Elegimos el programa Microsoft Excel para organizar los datos y poder sacar el promedio de cada una de las preguntas. Las respuestas de los estudiantes con respecto al test se tomaron con sus respectivos valores y después se procedía a hacer el análisis estadístico.

Se realizaron tres análisis. El primero consistió en el análisis descriptivo de los aspectos de motivacionales del grupo experimental y de la variación que tuvo después de la intervención. El segundo fue el análisis descriptivo de los aspectos motivacionales del grupo control antes y después de la intervención. El tercer y último análisis fue para comparar el grupo control con el grupo experimental.

Finalmente verificamos la confiabilidad del test mediante el cálculo del alfa de Cron-

bach (a) con el programa estadístico R, y además el test fue validado por Cardozo (2008).

**Análisis de instrumentos de control:** Se realizó una entrevista a los estudiantes para conocer las percepciones sobre su experiencia con el trabajo en matemáticas, además se realizaron observaciones que fueron registradas en diarios de campo; de la información recogida en las entrevistas y de los registros de los diarios se seleccionaron las respuestas y observaciones que servían como referente para dar cuenta de los efectos que ocasionan en los aspectos motivacionales de nuestra las estrategias utilizadas para la enseñanza de las matemáticas y que de algún modo influenciaron en el aprendizaje de la misma.

La realización del análisis tiene como finalidad aportar elementos para los docentes que deseen mejorar los niveles motivacionales hacia el aprendizaje de las matemáticas, utilizando como herramienta las TIC.

Se quiere comparar las conclusiones obtenidas entre las entrevistas y los registros de diarios de campo, logrando profundizar dichas conclusiones en relación con los diferentes aspectos motivacionales (coincidentes o divergentes).

Luego se realizará un contraste entre los instrumentos antes mencionados y el test MSQ, es decir, haremos un proceso de triangulación, que permitirá reflexionar y discutir entre los aspectos motivacionales y la información obtenida, generando con ello una construcción del conocimiento que enriquezca la enseñanza docente. Además, por parte de los investigadores, se planteó para el análisis de la información un sistema de subcategorías como resultado de la necesidad de dar un control a la debilidad que pueda presentar el test MSQ.

### **De intervención**

La propuesta que se presentó fue diseñada con el propósito de fortalecer la motivación y el aprendizaje de los estudiantes hacia la matemática a través del uso de las TIC. El diseño de la intervención fue planteado a partir programas matemáticos para ordenador y smartphones de manera que se pueda utilizar las TICs para resol-

ver ejercicios y problemas de los contenidos que se iban a trabajar en el curso, las preguntas y ejercicios fueron planteados según los estilos de aprendizaje, de manera que los estudiantes que se perfilan mejor hacia un estilo, tengan actividades de acuerdo a su estilo predominante, además de tener la posibilidad de afianzar en los otros.

Una de las ventajas que tienen los estudiantes, es que la mayoría posee artefactos electrónicos que les posibilitan la realización de actividades, otra de las ventajas es que existen aplicaciones gratuitas y software libres para la realización de la intervención.

### **Sesiones**

La propuesta de intervención fue desarrollada en 3 bloques, se empieza con los conocimientos previos e introducción a la temática, en los otros bloques se desarrolló el trabajo aplicando los programas informáticos.

- **PRIMER BLOQUE INICIACIÓN (180' a 240')**

En este bloque se hicieron una serie de preguntas para recoger el inventario de los conocimientos previos que tienen los estudiantes. Se usaron varios programas informáticos para ilustrar un poco el tema y motivar los estudiantes para que ellos mismos se vayan haciendo preguntas respecto al tema. Estos programas ayudaron, ya que es una manera no convencional de iniciar la temática, y son agradables para los estudiantes y para los profesores. También se proyectaron videos con el fin de mostrar los conceptos y un poco de historia de las funciones.

- **SEGUNDO BLOQUE DESARROLLO. (180' A 240')**

Se realizaron una serie de actividades para trabajar con los programas informáticos, la idea fue enfatizar en las funciones cuadráticas, mirar los diferentes cambios que presentan al cambiar cierto tipo de datos, su curvatura, etc. Después de analizar en el programa, sea Geogebra, Wolfram Alpha, Winplot, Excel, etc, y aplicaciones en el celular para funciones (Grapher, mathematics). Los estudiantes realizaron las gráficas manualmente, con ayuda del profesor, hacen análisis y comparaciones de actividades que se plantearon en el salón de clases y en la sala de sistemas.

• TERCER BLOQUE FINALIZACIÓN. (60' A 120')

Para finalizar la actividad se hizo una evaluación grupal, en forma de sustentación de las actividades que se hicieron en el bloque de desarrollo.

### Análisis de datos

Comparación de los cambios presentados entre el grupo control y el grupo experimental

Tabla 1. Resultados de la preprueba para el grupo Experimental y el Grupo Control

		Resultados de la Preprueba									
		Grupo Experimental					Grupo Control				
	Afirmación	Min	Máx	Promedio	Desviación estandar	Alpha de Crombach	Min	Max	Promedio	Desviación estandar	Alpha de Crombach
Motivación intrínseca	ITEM 1	1	7	5,76	1,48	0,4	4	7	5,82	0,87	0,054
	ITEM 16	1	7	4,76	2,02		2	7	5,73	1,42	
	ITEM 22	1	7	6,16	1,34		5	7	6,36	0,67	
	ITEM 24	1	7	4,84	2		2	7	5,45	1,81	
Motivación Extrínseca	ITEM 7	1	7	4,36	2,07	0,372	1	7	5,00	2,19	0,562
	ITEM 11	1	7	4,92	2,13		1	7	5,36	2,06	
	ITEM 13	1	7	5,64	1,82		1	7	5,55	1,69	
	ITEM 30	1	7	6,04	1,64		2	7	5,91	1,51	
Valoración de la tarea	ITEM 4	1	7	5,08	2,13	0,785	2	7	5,18	1,78	0,221
	ITEM 10	1	7	6,6	1,25		5	7	6,64	0,81	
	ITEM 17	1	7	5,36	1,57		3	7	5,64	1,29	
	ITEM 23	1	7	5,76	1,61		3	7	5,36	1,69	
	ITEM 26	1	7	4,88	1,98		1	7	4,55	2,11	
	ITEM 27	1	7	5,96	1,59		3	7	5,73	1,62	
Creencias de Control	ITEM 2	1	7	6,32	1,54	0,175	2	7	5,36	1,86	0,134
	ITEM 9	1	7	4,29	2,49		1	7	3,73	2,20	
	ITEM 18	3	7	6,68	1,1		3	7	6,55	1,21	
	ITEM 25	1	7	5,76	1,69		2	7	5,73	1,56	
Creencias de autoeficiencia	ITEM 5	1	7	4,64	2,09	0,738	1	7	6,00	2,07	0,606
	ITEM 6	1	7	5,5	1,95		1	7	5,45	2,02	
	ITEM 12	6	7	6,84	0,37		6	7	6,64	0,50	
	ITEM 15	1	7	5,84	1,51		1	7	5,82	1,72	
	ITEM 20	3	7	6,08	0,95		3	7	5,82	1,08	
	ITEM 21	1	7	6,4	1,65		1	7	5,73	2,37	
	ITEM 29	1	7	5,72	1,48		1	7	5,55	1,92	
	ITEM 31	1	7	6,04	1,27		1	7	5,64	1,69	
Ansiedad ante los exámenes	ITEM 3	1	7	4,16	2,46	0,336	1	7	4,00	1,90	0,511
	ITEM 8	1	7	6	1,44		4	7	5,55	1,21	
	ITEM 14	1	7	4,96	2,05		2	7	5,09	1,76	
	ITEM 19	1	7	4,44	2,63		1	7	5,27	2,24	
	ITEM 28	1	7	4,4	2,61		1	7	5,00	2,28	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra que compara los resultados obtenidos después de realizar la intervención en el grupo experimental con los obtenidos en el grupo control, en el cual no se intervino, sino que se observó cómo se desarrolló la clase normalmente.

Se logra ver en la tabla que antes de la intervención ambos grupos tienen características similares, pues la desviación estándar en ambos casos está entre los valores de 1 a 2 para todos los ítems.

Tabla 2. Resultados de la Postprueba para el Grupo Experimental y el grupo control

		Resultados de la Postprueba									
		Grupo Experimental					Grupo Control				
	Afirmación	Min	Máx	Promedio	Desviación estandar	Alpha de Crombach	Min	Max	Promedio	Desviación estandar	Alpha de Crombach
Motivación intrínseca	ITEM 1	3	7	5,38	1,26	0,46	4	7	6,27	1,10	0,3986711
	ITEM 16	3	7	5,69	1,55		2	7	5,55	1,37	
	ITEM 22	5	7	6,07	0,86		5	7	6,27	0,79	
	ITEM 24	3	7	5,23	1,69		2	7	5,27	1,74	
Motivación Extrínseca	ITEM 7	2	7	5,76	1,54	0,618	1	7	4,91	2,17	0,48098434
	ITEM 11	4	7	5,76	0,93		1	7	5,36	2,06	
	ITEM 13	5	7	6,53	0,66		1	7	5,27	1,62	
	ITEM 30	1	7	4,92	2,14		2	7	5,91	1,51	
Valoración de la tarea	ITEM 4	5	7	6,38	0,65	0,538	2	7	5,00	1,67	0,18818737
	ITEM 10	4	7	5,92	0,95		5	7	6,36	0,81	
	ITEM 17	2	7	5,15	1,63		3	7	5,64	1,29	
	ITEM 23	5	7	6,07	0,76		3	7	5,36	1,69	
	ITEM 26	2	7	4,84	1,57		1	7	4,55	2,11	
Creencias de Control	ITEM 27	5	7	5,84	0,90	0,288	3	7	5,73	1,62	0,20284477
	ITEM 2	5	7	6,15	0,80		2	7	5,45	1,69	
	ITEM 9	3	7	4,84	1,52		1	7	3,91	2,02	
	ITEM 18	5	7	6,61	0,65		3	7	5,82	1,33	
Creencias de autoeficiencia	ITEM 25	4	7	5,61	1,04	0,846	2	7	5,82	1,60	0,42496999
	ITEM 5	4	7	5,76	0,93		1	7	4,64	2,16	
	ITEM 6	3	7	5,76	1,30		1	7	5,36	1,96	
	ITEM 12	5	7	6,38	0,77		6	7	6,73	0,47	
	ITEM 15	5	7	6,3	0,75		2	7	5,36	1,36	
	ITEM 20	4	7	6	1,00		3	7	5,73	1,10	
	ITEM 21	5	7	6,61	0,65		1	7	5,27	2,28	
Ansiedad ante los exámenes	ITEM 29	5	7	5,76	0,73	0,375	3	7	5,55	1,29	0,58870968
	ITEM 31	4	7	5,76	1,01		1	7	5,64	1,75	
	ITEM 3	3	6	4,07	1,19		1	7	4,73	2,41	
	ITEM 8	3	6	4,38	1,04		4	7	5,82	1,25	
	ITEM 14	1	7	4,07	1,89		1	7	5,09	2,34	
ITEM 19	2	6	3,92	1,50	1	7	5,18	2,23			
ITEM 28	1	7	4,69	1,89	1	7	5,27	2,45			

Fuente: Elaboración propia

El alpha de cronbach tiene valores muy cercanos en ambos grupos, a diferencia de la valoración de la tarea, y la motivación intrínseca que muestra cierta diferencia, de lo anterior se puede decir que se permite una comparación de una manera objetiva pues ambos grupos tienen muchas cosas en común.

En la tabla 2 se relacionan los resultados de las postpruebas en ambos grupos.

En la tabla anterior también se puede evidenciar que los valores en la desviación estándar son muy similares cuando se aplicó las postprueba, excepto algunos items, pero al momento de realizar el promedio se nota que en realidad son muy similares.

Con respecto al alpha de cronbach al igual que en la tabla anterior algunos aspectos tienen un coeficiente cercano para ser confiable, pero sin embargo en algunos su valor se acerca a cero lo que no lo hace muy confiable.

En ambos grupos se muestra que los rangos o los valores de cada uno de los ítems son muy parecidos. Lo que denota la diversidad de respuestas que se pueden encontrar en un mismo grado sin importar la metodología abordada.

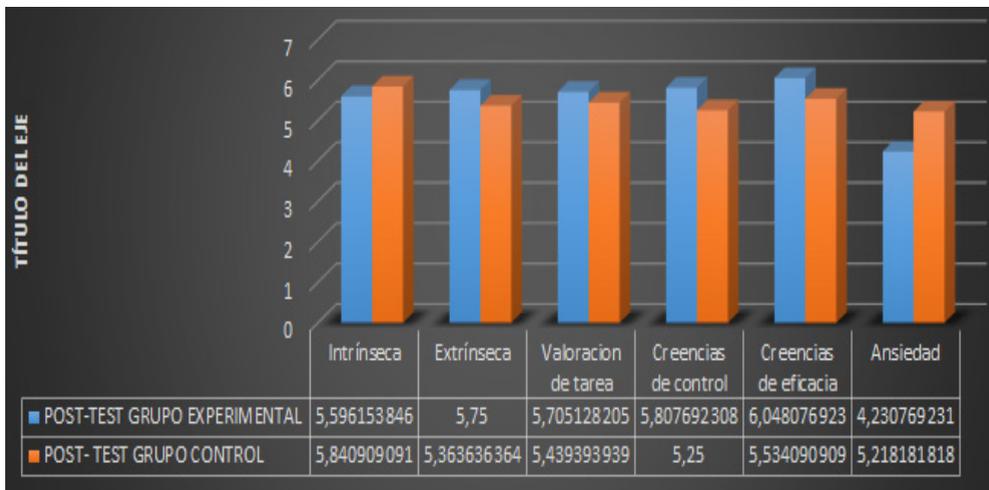


Figura 4. Resultados de la Postprueba para el Grupo Experimental y el Grupo Control

Fuente: Elaboración propia

En la anterior figura se puede ver los promedios obtenidos de cada aspecto motivacional tanto para el grupo control como por el grupo experimental. La motivación intrínseca es más alta en el grupo control que en el experimental. Pero los resultados son muy parecidos (ambos altos) la metodología no surtió el efecto esperado, pero sin embargo su resultado no fue bajo quedando muy cerca con el valor del grupo control.

La motivación extrínseca es más alta en el grupo experimental que en el grupo control, por lo tanto por medio de la contextualización se puede mejorar en este aspecto. La valoración de la tarea fue un aspecto en el cual el grupo experimental logró aumentar su interés por los contenidos con respecto al grupo control.

Las creencias de control y de autoeficacia también son más altas en el grupo experimental lo que puede decir que con esta metodología de enseñanza los estudiantes adquieren más responsabilidad por el aprendizaje y una seguridad que se traduce en un buen desempeño.

Se empiezan a ver factores determinantes como la ansiedad ante los exámenes, pues la forma de enseñanza pudo haber cambiado dicha concepción y ahora se sienten más seguros para enfrentarse a un examen.

### **Análisis de los instrumentos de control del grupo experimental**

Como se enunció antes, el análisis de los resultados se realizó a partir de la triangulación entre los diferentes indicadores e ítems del test, así entonces los resultados del análisis de las entrevistas se triangularon con las observaciones de las clases cuyos registros se encuentran en los diarios de campo y con los indicadores del test MSQ. El proceso de de tabulación y triangulación, y comparación permitió identificar algunos aspectos coincidentes o divergentes en relación con: gusto y/o curiosidad por aprender, calificación y/o reconocimiento como centro de aprendizaje, Interés e importancia de los contenidos, utilidad del aprendizaje, seguridad por un excelente desempeño, esfuerzo y responsabilidad por el aprendizaje, inseguridad en evaluaciones y reflexión sobre el desempeño en la evaluación.

## CONCLUSIONES

Las TIC son herramientas que bajo una adecuada planeación didáctica permiten al estudiante mejorar los niveles de motivación en matemáticas y por esta vía mejorar los aprendizajes.

El mundo de hoy presenta muchas opciones para el uso de las tecnologías en la educación, ya que la cantidad de equipos con posibilidad de conectividad y los avances en conexión a Internet en el país permite que se pueda interactuar con todo este material y mejorar las condiciones y los ambientes para aprender.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, C. M., Gallego, D. J., & Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnósticos y mejora*. Bilbao: Mensajero.
- Aragón García, M., & Jiménez Galán, Y. I. (2009). *Revista de investigación Educativa*.
- Azcoaga, J. (1987). Aprendizaje Fisiológico, *Psicología Lenguaje Aprendizaje*, 17-32.
- Cardozo, A. (2008). Motivación, aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes del primer año universitario, *Laurus*, 14-28.
- Cazau, P. (2004). Estilos de aprendizaje. *Generalidades*, 11(11), 2005.
- Durán, E. & Costaguta, R. (2007). Minería de datos para descubrir estilos de aprendizaje, *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), 1-10.
- Felder, R. y Silverman, L. (1988), Learning and Teaching Styles, *Engineering Education*, 78(7), pp. 674-681.
- Font, V. (1994). Motivación y dificultades de aprendizaje en matemáticas, *SUMA*, (17), 10-16.

Grinder, J., Bandler, R., Stevens, J., & Huneus, F. (1989). *De sapos a príncipes*. Editorial Cuatro Vientos.

Martínez, G. & Manzo, S. (2013). Aplicación del modelo cuadrante cerebral de Herrman y su relación con los estilos de aprendizaje, *Interpsiquis*, 14 Congreso Virtual de Psiquiatría.

Martínez, P. (2007). *Aprender y enseñar: Los estilos de aprendizaje y de enseñanza desde las prácticas de aula*. Bilbao: Mensajero.

Renes, P., Echeverry, L., Chiang, M., Rangel, L. & Martínez, P. (2013). Estilos de enseñanza: un paso adelante en su conceptualización y diagnóstico. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 11(11)

Tynjala, P. (S.F). ¿Qué es aprender?, *Proyecto Universidad & Culturas*, 5.

## **EL USO DE LAS TIC EN LOS LIBROS DE TEXTO DE MATEMÁTICAS: UNA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL\***

---

***DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO<sup>1</sup>***

***SERGIO ANDRÉS LÓPEZ OSORIO<sup>2</sup>***

***OSCAR ANDRÉS CUELLAR ROJAS<sup>3</sup>***

***LAURA ESTEFANY BUSTAMANTE PENAGOS<sup>4</sup>***

***ALBERT CORREDOR GÓMEZ<sup>5</sup>***

---

\* Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación titulado “implementación de un modelo de diseño de configuración para fabricación y montaje de la línea de producción en pymes con enfoque en manufactura concurrente”, realizado por el grupo de investigación AGLAIA de la Corporación Universitaria Americana en el año 2016.

1 Doctor en Tecnología Educativa, Centro Universitario Mar de Cortés. Magister en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Internacional De Andalucía. Magister en educación, Ministerio De Educación Nacional – Mineducación. Vicerrector académico de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. danygallego@yahoo.com

2 Licenciado en Matemáticas y Física, Universidad de Antioquia. sergloos@hotmail.com

3 Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. ocuellar09@gmail.com

4 Magister International Business management, CENSA international college, Miami. Especialista en Gerencia Empresarial y Competitividad. Corporación Universitaria Americana. Directora de procesos académicos Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. lbustamante@coruniamericana.edu.co

5 Magister International Business Management Censa International College. Rector de la Corporación Universitaria Americana. Sede Medellín. rectoriamed@coruniamericana.edu.co

**RESUMEN**

El uso de los libros de texto parece ser una práctica tradicional en el contexto de la enseñanza de la matemática en nuestro país, en algunas instituciones educativas de la ciudad de Medellín, se manifiesta el uso de los libros de texto como guía para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula, particularmente en la educación media. La presente investigación documental busca explorar como se presenta en los libros de texto el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC en adelante) como apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Matemática.

La tecnologías de información y comunicación, se presentan como un elemento dinamizador y central en la modificaciones e innovaciones que requiere la educación, modificando la forma de hacer y acceder al conocimiento (Brünner, 2003).

Para contextualizar el presente problema y comprender cuál es el verdadero uso que se le da a los libros de texto y a las TIC en el contexto de la ciudad de Medellín Colombia, se realizó una encuesta a 40 docentes de diferentes instituciones educativas de la ciudad de Medellín, para conocer en qué medida se presenta el uso de los libros de texto dentro de sus procesos de enseñanza, arrojando como resultado que cerca de un 93% de los docentes encuestados, manifiestan el uso de los libros de texto dentro del proceso de enseñanza y de éstos un 15% manifiesta el uso de las TIC para apoyar el proceso de enseñanza de la Matemática. Adicional a lo anterior se realizó una revisión de los documentos rectores de la Educación en Colombia, para comprender de qué manera está estipulado el uso de estos recursos educativos en el contexto de la enseñanza de la matemática contrastándolo con una búsqueda documental de su uso en los libros de textos más utilizados en la educación media en Medellín.

**Palabras claves:** Tic, aprendizaje, Matemáticas, Investigación documental.

**THE USE OF ICT IN TEXTBOOKS OF MATHEMATICS: A DOCUMENTARY RESEARCH.****ABSTRACT**

The use of textbooks seems to be a traditional practice in the context of teaching mathematics in our country, in some educational institutions in the city of Medellín, the use of textbooks as a guide to strengthen processes of teaching-learning in the classroom, particularly in secondary education. The present documentary research seeks to explore how the use of Information and Communication Technologies (ICTs) is presented in textbooks as a support to the teaching-learning processes of Mathematics.

The information and communication technologies are presented as a dynamic and central element in the modifications and innovations that education requires, modifying the way of making and accessing knowledge (Brünner, 2003).

In order to contextualize the present problem and to understand the true use of textbooks and ICTs in the context of the city of Medellín Colombia, a survey was carried out on 40 teachers from different educational institutions in the city of Medellín,

In order to know the extent to which the use of textbooks is presented within their teaching processes, with the result that about 93% of the teachers surveyed stated the use of textbooks within the teaching process and Of these 15% show the use of ICT to support the process of teaching mathematics. In addition to the above, a review of the education documents in Colombia was carried out to understand how the use of these educational resources is stipulated in the context of teaching mathematics, contrasting it with a documentary search of its use in Textbooks most used in secondary education in Medellín.

**Keywords:** Tic, Learning, Mathematics, Documentary Research.

## INTRODUCCIÓN

Los textos escolares ocupan un lugar predominante en lo que se refiere a la transmisión y organización de los contenidos dentro de la práctica cotidiana del aula, y aún más en el estudio que realizamos, donde es el texto el único medio por el cual se pretende una transposición didáctica del conocimiento. En estos libros se puede apreciar lo que la sociedad considera deben aprender los estudiantes, ya que contienen normas, valores, disposiciones y tradiciones, expresión de la sociedad que las produce (García Bermúdez, 2008).

Sobre el tópico, existen diversas investigaciones, en donde se proponen diferentes líneas. Algunas orientadas a la responsabilidad docente, por ser quien determina los materiales a utilizar y el contenido que se entrega en cada clase, hasta el diseño de las unidades didácticas allí descritas, así como otras orientadas a la legislación de cada país.

Los textos no son un medio o material curricular neutro respecto a posiciones ideológicas (Guemes, 1994), ejercen una poderosa influencia en la configuración de la actual cultura escolar, en el modelo de puesta en práctica curricular, así como en las prácticas docentes del profesorado. Además, son un medio portador de cultura, son registros de conocimiento de la realidad, estos son considerados como recursos didácticos en la educación, ya que proponen un camino, tienen un enfoque que marca el proceso de construcción del conocimiento. Además, tienen un propósito para la enseñanza que no solo es el de enseñar, sino el de contribuir en la formación para el aprendizaje. Esto se logra a través del diseño de actividades, al presentar los conceptos los cuales deben influir en el proceso de transformación del pensamiento.

El proceso de enseñanza - aprendizaje tiene un apoyo fundamental en los libros de texto (Solarte, 2006) y, en este caso exclusivo, puesto que para los docentes la utilización de los mismos les permite llevar al aula más o menos transformados, el saber que producen los científicos, modificando el saber aceptado por la comunidad científica en saber enseñar.

El libro de texto acompaña a la enseñanza como un elemento indispensable –y a veces único- que realiza la “traducción” de las prescripciones curriculares y las presenta en un nivel de concreción apropiado para acercarlos al aula (Blanco, 1994).

Se convierte en un intermediario de incalculable valor entre las prescripciones derivadas de las decisiones políticas y los docentes, por un lado y, por otro, es el intermediario entre los docentes y los estudiantes, de forma que son los editores los que dan forma, estando en el centro de estas intermediaciones.

Por otra parte, los libros constituyen un exponente claro del saber y la cultura que conforma el currículo escolar. Este se pone a disposición de los alumnos y, en muchos casos de los docentes a través de estos textos. Según Sacristán (1998), los libros ofician de “agentes mediadores” entre el currículo y los profesores. A su vez y directamente relacionado con lo antes expresado, los libros de texto constituyen un apoyo fundamental para los docentes, a la hora de planificar las actividades de clase.

En este mismo sentido, a nivel curricular el libro de texto puede modificar las propuestas de los docentes, porque muchos de ellos se basan en todo lo propuesto por el libro para poder desarrollarlo en el aula. Por ejemplo, los planes de contenidos que se deben elaborar, para cada área, pueden estar determinados por los contenidos que tienen los libros de texto que los maestros consultan, además, encuentran sugerencias metodológicas, una planificación y una secuencia de contenidos, proporcionan ejercitación, ejemplos, actividades de evaluación, ideas para motivar a los estudiantes y actividades para el alumnado según sus necesidades.

Lo que aquí se pretende en esta investigación documental es mostrar como los libros de texto que se vienen utilizando aportan al estudiante y a los docentes un material de trabajo basado en las TIC, y de qué manera esto beneficia a la enseñanza aprendizaje de los jóvenes en el área de matemáticas.

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación (tic) en la escuela tiene ya una historia de más de 20 años, si consideramos los intentos y los

experimentos llevados a cabo en países pioneros en este campo. Sin embargo, la incorporación sistemática y oficial de tales herramientas a los sistemas escolares ha sido mucho más reciente, y aún más recientes han sido los estudios y evaluaciones que dan cuenta de los resultados de dicha incorporación. En general, los resultados más relevantes reportados en distintas latitudes coinciden en que los alumnos experimentan un aprendizaje significativo a través de un uso apropiado de las TIC (Rojano, 2003).

### **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

- Identificar en qué proporción se utilizan las tecnologías de la información y la comunicación en los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.
- Categorizar los contenidos virtuales que poseen los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.
- Analizar el grado de inclusión de contenidos virtuales que poseen los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación se situó dentro de un paradigma interpretativo y fue de tipo diagnóstica, se indagó sobre el uso de las TIC en los libros de texto que usualmente se utilizan en la ciudad de Medellín en la enseñanza media y lo que considera la ley respecto a la integración de éstas herramientas en la Educación tradicional. Por lo tanto es un estudio cualitativo ya que se analizarán de manera detallada los aspectos que se relacionan bajo el problema indicado, pretendiendo realizar un estudio que posibilite una mirada que abarque las relaciones que se entrelazan en este espacio concreto de intervención educativa y su contexto (Gallego, 2013).

La investigación de tipo cualitativo, según Martínez (2006), “trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, la dinámica de su estructura, aquella que da razón plena del comportamiento y las manifestaciones de una persona, una entidad étnica, social, empresarial”. A diferencia de los estudios descriptivos, correlacionales o experimentales, más que determinar la relación de causa y efectos entre dos

o más variables, la investigación cualitativa se interesa más en saber cómo se da la dinámica o cómo ocurre el proceso de en qué se da el asunto o problema.

La metodología implementada en el presente estudio se enmarca dentro de la investigación documental y el análisis de contenido, cuya fundamentación teórica es de corte cualitativa e interpretativa. Esta se caracteriza por la revisión y el análisis de diferentes fuentes bibliográficas para emitir un juicio final o unas conclusiones sobre el tema que se investiga, que, en éste caso, es el análisis de los libros de texto utilizados en Matemáticas en el contexto de la ciudad de Medellín, Colombia.

El enfoque interpretativo posee una gran variedad de fuentes y posiciones, dentro de las cuales se destacan los planteamientos de Colás Bravo (1990), quien sugiere los siguientes postulados:

- La ciencia no es algo abstracto y aislado del mundo, sino que depende del contexto social, sin el cual es difícil comprender la conducta humana, ya que es dentro de él donde los sujetos interpretan sus pensamientos, sentimientos y acciones. Las reglas y el orden social constituyen las bases de sus acciones.
- La conducta humana es más compleja y diferenciada que en otros seres vivos, por lo tanto, es imposible explicarla de la misma forma en que se explican los fenómenos en las ciencias naturales.
- Las teorías son relativas, ya que cada sociedad actúa con valores propios y éstos cambian con el tiempo. Se deriva de este relativismo el cuestionamiento del criterio de validez universal, el de objetividad y el de cientificidad. Ningún método puede considerarse como definitivo y menos aún como universal. La universalidad no es sinónimo de objetividad.

Según Krippendorff (1997), el análisis de contenido es una técnica destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a un contexto.

Esta técnica, sitúa al investigador respecto de la realidad en una triple perspectiva:

- Los datos tal y como se comunican al analista.

- El contexto de los datos.
- La forma en que el conocimiento del analista obliga a dividir la realidad.

Según Porta & Silva (2003), El Análisis de Contenido se configura, como una técnica objetiva, sistemática, cualitativa y cuantitativa que trabaja con materiales representativos, marcada por la exhaustividad y con posibilidades de generalización. Esto significa:

- **Objetiva:** pues se debe entender como rigurosa, puesto que emplea procedimientos de análisis que pueden ser reproducidos por otras investigaciones, de modo que los resultados obtenidos sean susceptibles de verificación por otros estudios distintos.
- **Sistemática:** exige la sujeción del análisis a unas pautas objetivas determinadas.
- **Cuantitativa:** mide la frecuencia de aparición de ciertas características de contenido y obtiene datos descriptivos por medio de un método estadístico.
- **Cualitativa:** detecta la presencia y ausencia de una característica del contenido y hace recuento de datos secundarios referidos a fenómenos a los que siempre es posible hacer referencia.
- **Representativa:** selecciona materiales y la presencia de categorías en los mismos que aparecen en número suficiente para justificar el recuento.
- **Exhaustiva:** una vez definido su objeto, no puede olvidarse nada de él.

### **Descripción del contexto y de los informantes**

La presente investigación documental surge de la encuesta realizada a un grupo de docentes de la ciudad de Medellín en la cual se tuvo como objetivo principal identificar que libros utilizan estos en su trabajo diario para la enseñanza de las matemáticas en los grados decimo y once y de estas encuestas hacer una categorización detallada de cuales libros de texto son los más usados por los profesores y las instituciones educativas y cuyo resultado arrojó algunos datos importantes que posteriormente se procedió a la recopilación de este materia de trabajo para ya adentrarnos más en nuestro tema principal por el cual se enfoca este trabajo es la revisión, el análisis minucioso de los contenidos que estos materiales de trabajo contienen y cuyas editoriales son las encargadas de estructurar , lo que allí se

pretende es identificar si se están llevando a cabalidad las indicaciones estipuladas por el Ministerio de Educación Nacional, el cual busca promover e implementar en todos los textos guía las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) que según el PNDE (PLAN NACIONAL DECENAL DE EDUCACION) lo que se busca es fortalecer el proceso pedagógico a través de las TIC apoyándose también en la investigación pedagógica y por tal motivo lo que pretendo es un análisis profundo de como los libros de texto de matemáticas en los grados decimo y once están contribuyendo a que estas normativas se cumplan ya que es una meta que tiene la secretaria de educación entre 2006-2016, la presente investigación busca indagar en lo más profundo de los libros de texto de matemáticas acerca de las indicaciones dadas por el Ministerio de Educación Nacional.

A continuación, se registra la población y la muestra elegida para desarrollar la presente investigación documental.

Tabla 1. *Muestra de libros de texto en matemáticas elegidos para el análisis*

<b>MUESTRA ELEGIDA PARA LA INVESTIGACIÓN</b>			
<b>código grado</b>	<b>Nombre del libro</b>	<b>Autores</b>	<b>año de producción</b>
001-10	Matemática Activa Pitágoras	Fernando Gómez Onzaga	2005 Ediciones pei
002-11	Matemática Activa Pitágoras	Fernando Gómez Onzaga	2005 Ediciones pei
003-10	Matemáticas Para Pensar	John Freddy Moreno Trujillo	2011 Norma
004-11	Matemáticas Para Pensar	John Freddy Moreno Trujillo	2011 Norma
005-10	Matemáticas Mc Graw Hill	Rolandd E Larson Robert P. Hostetler	1997 Mc Graw Hill
006-11	Matemáticas Mc Graw Hill	Rolandd E Larson Robert P. Hostetler	1997 Mc Graw Hill
007-10	Nuevas Matemáticas	Miriam del Carmen Morales Piñeros	2007 Santillana
008-11	Nuevas Matemáticas	Miriam del Carmen Morales Piñeros	2007 Santillana
009-10	Alfa Con Estándares	Vladimir Moreno Gutierrez Mauricio Restrepo Lopez	2003 Norma
010-11	Alfa Con Estándares	Vladimir Moreno Gutierrez Mauricio Restrepo Lopez	2003 Norma
011-10	Matemática Aplicada Símbolos	Mesa Aldana Martha Leonor	2006 Voluntad
012-11	Matemática Aplicada Símbolos	Mesa Aldana Martha Leonor	2006 Voluntad

Buscando una categorización que permita un mejor análisis de los Libros de texto, se construyó el siguiente sistema de categorías representados en la tabla.

Tabla 2. *Sistema de categorías*

CATEGORÍAS	INDICADORES		DESCRIPTORES
Forma en que aparece el uso de las TIC en los libros de Texto	Explícito		El conocimiento explícito o “codificado” es aquel que puede transmitirse utilizando el lenguaje formal y sistemático, es decir, aquel conocimiento que es articulado, codificado y comunicado en forma simbólica y/o lenguaje natural. Alegre Vidal (2004) lo define como aquél que puede ser expresado con palabras y números, y puede ser fácilmente comunicado y compartido bajo la forma de datos, fórmulas científicas, procedimientos codificados o principios universales.
	Implícito	Se Analiza como aparece el uso de las TIC y es de forma explícita o implícita.	Leonard y Sensiper (1998) definen el conocimiento implícito como la capacidad de la mente humana para dar sentido a la colección de experiencias vividas y a conectar pausas desde el pasado al presente y al futuro. Es aquél conocimiento no visible, muy personal y difícil de formalizar y de comunicar o compartir con otras personas; incluye elementos tales como los puntos de vista subjetivos o las intuiciones. El conocimiento tácito se encuentra arraigado en acciones y experiencias dentro de un contexto específico (Nonaka & Takeuchi, 1999), así también se encuentra profundamente enraizado en la experiencia personal, así como en los ideales, valores y emociones de cada persona.
2.- Desarrollo de competencias matemáticas utilizando las TIC.	Interpretativa	Se analiza de qué manera se desarrollan las competencias básicas propuestas por el ministerio de educación nacional de Colombia.	En palabras de Gallego Badillo (1999), La interpretación, es entonces un proceso y no una acción mecánica, puesto que se trata de ver el objeto de interpretación como algo más que la estructura que presenta, pues ésta sólo adquiere sentido para el sujeto a partir de los significados que él construye desde la lectura, convirtiéndola así en su objeto de interpretación; luego, a partir de esa actividad, el objeto le pertenece al sujeto en cuanto entra a ser parte de su saber,

	Argumentativa		Hace referencia a todas acciones y habilidades que tienen como fin dar razón de diferentes afirmaciones, y que se expresan en los por qué de una o varias proposiciones, en la articulación de conceptos y de las diferentes teorías que pretenden explicar o justificar una afirmación, es de vital importancia en la construcción de significados científicos que utilizan las matemáticas, permiten la reconstrucción de saberes científicos y la organización de premisas que permiten sustentar una conclusión.
	Propositiva		Hace referencia a las acciones de generación de hipótesis, de resolución de problemas, de creación, de generalizaciones teóricas, de proposición de alternativas de solución, de aplicación del saber en un contexto determinado, de creación, de invención, entre otras acciones
3.- Forma de representación.	Texto	Analizar las TIC se presenta como texto, imágenes, la combinación de ambos o algún esquema diferente a los planteados tradicionalmente.	Se analizan aspectos relacionados con la estructura del texto y su representación como hipertexto, el signo lingüístico y la relación entre lenguaje y realidad científica, así como la diferencia entre connotación y denotación.
	Imagen		Se analiza si dentro de los diferentes taus, se utilizan imágenes con intenciones educativas en Ciencias, Imágenes con sentido formativo que trascienden el enriquecimiento gráfico de las Unidades de estudio.
	Texto e imagen		Libros en los que se registran de manera paralela y equitativamente los anteriores aspectos descritos.
	Otros		Otro tipo de representación no descrita o en su defecto ninguna.
4.- Relación con el contexto	Contexto global	Aquí se determina si los Libros de Texto y el uso de las TIC están contextualizados con el sistema educativo Nacional, Internacional o Local.	Los desarrollos conceptuales realizados a lo largo de los Libros, no dan cuenta del desarrollo de competencias locales, son abstractas y/o descontextualizadas, no dan cuenta de las problemáticas sociales y políticas de Colombia.
	Contexto local		Los aportes conceptuales dan cuenta del desarrollo de competencias locales, contextualizadas y permiten abordar las problemáticas sociales y políticas del contexto.
5.- Amplitud y profundidad	Corto y superficial	Se refiere a la extensión y profundidad del tema.	
	Amplio y profundo		
6. Número de veces que utilizan las TIC	Mostrar en que temáticas y cuántas veces se utilizan las TIIC		

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este punto se presentarán y describirán los resultados obtenidos en el análisis de contenido respecto al uso de las TIC en los libros de texto más utilizados en la ciudad de Medellín. En un primer apartado de este capítulo se presentarán los resultados alcanzados y un segundo a la discusión de éstos de una manera más general. Antes de entrar al análisis de cada una de las categorías propuestas se presenta en la siguiente tabla, la recopilación de la información agrupada por entornos analizados a través de los descriptores y categorías propuestas.

Tabla 3. *Resumen resultados*

CATEGORÍAS	INDICADORES	Resultados
1. Forma en que aparece el uso de las TIC en los libros de Texto	Explícito	25%
	Implícito	75%
2. Desarrollo de competencias matemáticas utilizando las TIC.	Interpretativa	33%
	Argumentativa	25%
	Propositiva	8%
3.- Forma de representación	Texto	8%
	Imagen	0%
	Texto e imagen	33%
	Otros	58%
4.- Relación con el contexto	Contexto global	25%
	Contexto local	17%
5.- Amplitud y profundidad	Corto y superficial	92%
	Amplio y profundo	0%

### Forma en que aparece el uso de las TIC en los libros de Texto

Los Libros de texto analizados no expresan explícitamente el uso de las TIC para desarrollar y aplicar las Tecnologías de la información y la comunicación para favorecer el aprendizaje de la matemática en el contexto escolar de la ciudad de Medellín. No se refleja una coherencia interna con la estructura curricular del sistema educativo colombiano, el plan decenal de educación y las perspectivas actuales que buscan desarrollar y aplicar las TIC en la Educación. Las temáticas que en su mayoría aplican el uso de las TIC son: la enseñanza y aplicación geométrica de los ángulos, las propiedades y teoremas de triángulos, aspectos generales de la trigonometría y la función lineal.

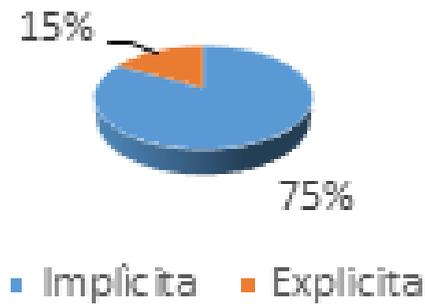


Ilustración 1. Forma en que aparecen las competencias científicas

### Desarrollo de competencias matemáticas

En general en los 12 libros de texto de matemáticas analizados se desarrollan las tres competencias básicas para el aprendizaje de la matemática. Aunque en muy poca proporción en relación al total de libros de texto. Dentro de las herramientas TIC utilizadas en los libros de texto, se parte de lo particular para lograr la generalización, por lo cual sólo se desarrolla la competencia interpretativa y en el siguiente la argumentativa, hasta lograr desarrollar la competencia propositiva en los estudiantes, aunque ésta última sólo se aborda en uno de los libros de texto. A través de la evidencia mostrada en los libros de texto más utilizados en la ciudad de Medellín, los diseños curriculares involucran habilidades del pensamiento como la observación, la reflexión, y la comparación entre otros. Se desarrolla la competencia argumentativa, haciendo narraciones de sucesos científicos, estableciendo relaciones entre fenómenos naturales y los modelos matemáticos, se elaboran esquemas explicativos, entre otros.

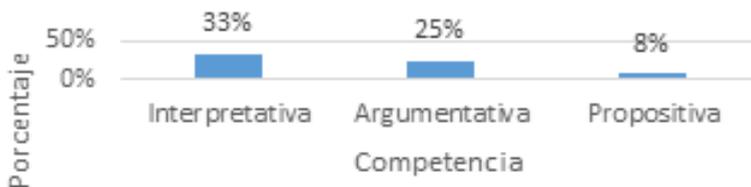
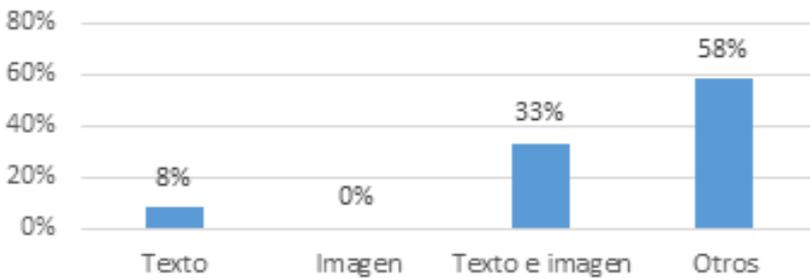


Ilustración 2. Porcentaje de aparición de las competencias

### Forma de representación

La utilización de ilustraciones y texto, mejoran el aprendizaje, siempre que se acom-

pañen con etiquetas verbales que aclaren el significado de los dibujos o diagramas. Dentro de cada uno de los libros de texto analizados, se presenta una prevalencia por la representación de texto e imágenes en la incorporación de las TIC. En el 8% de los libros de texto, se establece que la escritura y por ende la representación textual, es un instrumento de enseñanza que permite representar, analizar, revisar y transformar el conocimiento matemático. Lo preocupante de éste ítem, es que se pudo establecer que el 58% de los textos no incorporan las TIC para desarrollar y fortalecer las competencias básicas en el educando.



*Ilustración 3. Porcentaje de aparición de representación de las TIC*

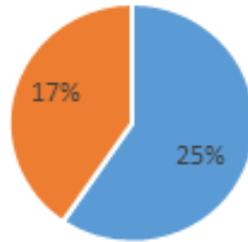
### **Relación de las TIC con el contexto**

En los textos indagados, siempre se está haciendo referencia a algún elemento, ya sea desde un contexto geográfico, estableciendo relaciones con territoriales o relacionando los temas a trabajar con un contexto local y personal. Todo planteamiento analizado, presenta una articulación en relación al entorno en el que se ubica y en el que interactúan diversos agentes educativos: la familia, los medios de comunicación, las instituciones escolares, entre otros. Según el MEN de Colombia (2004), el conocimiento progresa, no solamente por su sofisticación, formalización o abstracción, sino por su capacidad para contextualizar y totalizar, hecho que poco se evidencia. Poca integración de las TIC 58% de los textos no se evidencia el uso.

### **Amplitud y profundidad del uso de las TIC en los libros de texto**

En los libros de texto, se evita la enunciación de principios generales de manera amplia y profunda, no se privilegia la profundización para el cubrimiento de los

contenidos disciplinares mínimos. Se usan las TIC en modo de refuerzo, pero poco para la construcción de conocimientos matemáticos.



■ Contexto global ■ Contexto local

Ilustración 4. Relación de las TIC con el contexto

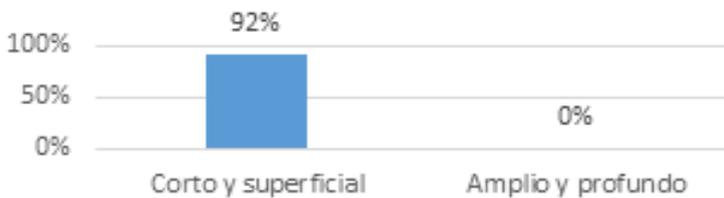


Ilustración 5. Amplitud y profundidad del uso de las TIC en los libros de texto

## CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se presenta un breve análisis de la manera en que se alcanzaron cada uno de los objetivos tanto específicos como generales de la presente investigación documental.

- Identificar en qué proporción se utilizan las tecnologías de la información y la comunicación en los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.

Se logró establecer que en un 58% de los libros de texto analizados, no se utilizan las tecnologías de la información y la comunicación y que de ésta forma no se están desarrollando los objetivos planteados tanto en el plan decenal de educación como en los lineamientos establecidos por el gobierno local de Antioquia y Medellín.

- Categorizar los contenidos virtuales que poseen los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.

Se logró categorizar que los contenidos donde mayor desarrollo de las TIC se encuentra en los libros de texto indagados, están relacionados con contenidos geométricos. Las temáticas que en su mayoría aplican el uso de las TIC son: la enseñanza y aplicación geométrica de los ángulos, las propiedades y teoremas de triángulos, aspectos generales de la trigonometría y la función lineal.

- Analizar el grado de inclusión de contenidos virtuales que poseen los libros de texto de matemáticas más utilizados en la ciudad de Medellín.

Se estableció que la inclusión de las TIC y la virtualización de contenidos son corta y superficial en la gran mayoría de textos.

Se logró comprender que Los Libros de texto analizados no expresan explícitamente el uso de las TIC para desarrollar y aplicar las Tecnologías de la información y la comunicación para favorecer el aprendizaje de la matemática en el contexto escolar de la ciudad de Medellín.

No se refleja una coherencia interna con la estructura curricular del sistema educativo colombiano, el plan decenal de educación y las perspectivas actuales que buscan desarrollar y aplicar las TIC en la Educación.

Las temáticas que en su mayoría aplican el uso de las TIC son: la enseñanza y aplicación geométrica de los ángulos, las propiedades y teoremas de triángulos, aspectos generales de la trigonometría y la función lineal.

En general en los 12 libros de texto de matemáticas analizados se desarrollan las tres competencias básicas para el aprendizaje de la matemática. Aunque en muy poca proporción en relación al total de libros de texto. Dentro de las herramientas TIC utilizadas en los libros de texto, se parte de lo particular para lograr la generali-

zación, por lo cual sólo se desarrolla la competencia interpretativa y en el siguiente la argumentativa, hasta lograr desarrollar la competencia propositiva en los estudiantes, aunque ésta última sólo se aborda en uno de los libros de texto.

A través de la evidencia mostrada en los libros de texto más utilizados en la ciudad de Medellín, los diseños curriculares involucran habilidades del pensamiento como la observación, la reflexión, y la comparación entre otros. Se desarrolla la competencia argumentativa, haciendo narraciones de sucesos científicos, estableciendo relaciones entre fenómenos naturales y los modelos matemáticos, se elaboran esquemas explicativos, entre otros. La utilizan de ilustraciones y texto, mejoran el aprendizaje, siempre que se acompañen con etiquetas verbales que aclaren el significado de los dibujos o diagramas.

Dentro de cada uno de los libros de texto analizados, se presenta una prevalencia por la representación de texto e imágenes en la incorporación de las TIC. En el 8% de los libros de texto, se establece que la escritura y por ende la representación textual, es un instrumento de enseñanza que permite representar, analizar, revisar y transformar el conocimiento matemático. Lo preocupante de éste ítem, es que se pudo establecer que el 58% de los textos no incorporan las TIC para desarrollar y fortalecer las competencias básicas en el educando.

En los textos indagados, siempre se está haciendo referencia a algún elemento, ya sea desde un contexto geográfico, estableciendo relaciones con territoriales o relacionando los temas a trabajar con un contexto local y personal. Todo planteamiento analizado, presenta una articulación en relación al entorno en el que se ubica y en el que interactúan diversos agentes educativos: la familia, los medios de comunicación, las instituciones escolares, entre otros.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Blanco, N. (1994). Materiales curriculares: los libros de texto. En F. Angulo, & N. Blanco, *Teoría y desarrollo del currículum*, 262-277. Málaga: Aljibe.

- Bogoya, D. (2000). Una prueba de evaluación de competencias académicas como proyecto. En D. Bogoya, D. y colaboradores. Competencias y proyecto pedagógico. Santafé de Bogotá, D. C: Unibiblos.
- Chevallard, Y. (1991). La trasposicion didáctica, del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique grupo editor S.A.
- Colás Bravo, p. (1990). El análisis de datos en la metodología Cualitativa. Revista de Ciencias de la Educación, 52-162.
- Delval, J. (2002). Vygotsky y Piaget sobre la formación del conocimiento. Investigación en la Escuela, 48, 13-.38.
- Encarnação, M. C., Jiménez, R., & Vázquez, B. (2013). Procesos metacognitivos, afectivos y sociales en el aprendizaje de las reacciones químicas en alumnos de tercer ciclo, en Portugal. En V. Mellado, L. Blanco Nieto, A. Borrachero, & J. Cárdenas, Las Emociones en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas (pp. 459-478). Badajoz: Deprofe.
- Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía. (2009). la importancia del contexto en el proceso de enseñanzaaprendizaje. Temas para la educación. Revista digital para profesionales de enseñanza, (5), 1-7.
- Ferreras, M. y Jiménez, R. (2013). ¿Cómo se conceptualiza el patrimonio en los libros de texto de Educación Primaria?. Revista de Educación, 361, 591-618.
- Fontán, B. (1965). Hacia una revolución en la eficiencia de la didáctica: la instrucción “programada” o “socratizada” con textos de “pedagogía intrínseca”. Bogotá: Documento Inédito.
- Gallego Badillo, R. (1999). Competencias cognoscitivas. Un enfoque epistemológico, pedagógico y didáctico. Santafé de Bogotá: Cooperativa editorial del magisterio.

- Gallego Ramírez, D. C. (2011). Enseñanza por competencias para un aprendizaje significativo en matemáticas. Medellín: Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Gallego, D. (2013). Las concepciones de Ciencia, Metodología y Enseñanza de los profesores en Formación: el caso de la facultad de educación de la Universidad de Antioquia. Huelva: Universidad Internacional de Andalucía.
- García Bermúdez, S. (2008). Caracterización del concepto de ambiente en los libros de texto de ciencias naturales de educación básica secundaria, utilizados en Medellín Colombia. Huelva: Universidad de Huelva.
- Guemes, R. (1994). Algunas Investigaciones en Torno al Uso de los Libros de Texto. *Comunicación y Pedagogía, Nuevas Tecnologías y Recursos Didácticos*, N° 157, 76-83.
- Heras, M. A. de las, Rodríguez, F. y Romero, R. (2013). El aprendizaje por investigación, una alternativa al libro de texto. *Cuadernos de Pedagogía*, 432, 67-70.
- Hernández, C. (1998). Exámenes de estado: una propuesta de evaluación por competencias. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional.
- Jiménez, J. D., & Perales, F. J. (2002). Modélisation et représentation graphique de concepts. *Bulletin de l'union des physiciens*, 397-414.
- Jiménez Aleixandre, M. P., y Sanmartí, M. (1997). "¿Qué ciencia enseñar: objetivos y contenidos en la educación secundaria? En L. Carmen, La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria (pp. 17-23). Barcelona: ICE-Horsori.
- Jurado Valencia, F. (1999). Investigación, escritura y educación: el lenguaje y la literatura en las transformaciones de la escuela. Santafé de Bogotá: Plaza y Janés.

- Krippendorff, K. (1997). Metodología del análisis de contenido. Teoría y práctica. Barcelona: Paidós.
- Latorre, A., Rincón, D. y Arnal, J. (1996). Bases metodológicas de la investigación educativa. Barcelona, España: Hurtado Ediciones.
- Leonard, D., & Sensiper, S. (1998). The role of tacit knowledge in group innovation. *California management review*, 40, 112-132.
- Miles, M. & Huberman, A.M. (1984). *Qualitative data analysis. A source book of new methods*. Beverly Hills. Sage.
- Martínez, M. (2006). La investigación cualitativa (síntesis conceptual). *Revista de Investigación en Psicología*, 9(1), 123-146.
- Ministerio de Educación Nacional. (1985). Resolución 6963. Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (1998). Lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental. Santafé de Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

