





ISSN: 2339-3270

Revista  
INGENIERÍA, MATEMÁTICAS  
Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

PUBLICACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA

VOLUMEN 5 - NÚMERO 9 - ENERO - JUNIO DE 2018





**Corporación Universitaria Republicana**  
**Centro de Investigaciones**

*Fecha de publicación: enero de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci>



Todos los contenidos de esta revista se rigen por Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional License.

Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, es una publicación del Centro de Investigaciones de la Corporación Universitaria Republicana - Bogotá, D.C.

Los artículos publicados en la revista pueden ser reproducidos total o parcialmente, citando la fuente y el autor.

Enfoque o perspectiva de análisis y contenido de los artículos son responsabilidad de los autores.

**DIRECTIVOS**  
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA**

Presidenta del Consejo Superior : Diana Josefina Téllez Fandiño  
Rector : Gustavo Adolfo Téllez Fandiño  
Vicerrector : Gerardo Vivas Hernández  
Vicerrector Académico : Alejandro Castillo Rivas  
Director de Oficina de Planeación : Jaime Andrés Arboleda Oviedo  
Director del Centro de Investigaciones : Rodrigo Alberto Plazas Estepa  
Decano Facultad de Derecho : Iván Alfonso Cancino González  
Decana Facultad de Contaduría : Judith E. Carolina Herrera Peñaloza  
Decano Facultad de Finanzas  
y Comercio Internacional : John Freddy Bustos Lombana  
Decana Facultad de Trabajo Social : Jazmín Alvarado González  
Decana Facultad de Ingeniería  
y Ciencias Básicas : Diana Melisa Ávila Nieves

**EDITORA**  
**Evelyn Garnica Estrada**

**COMITÉ EDITORIAL**

Magdalena Pradilla Rueda  
Diana Janeth Lancheros Cuesta  
Pedro Fernando Martín Gómez  
Nelly Paola Palma Vanegas  
Emilio Delgado Tobón

**COMITÉ CIENTÍFICO**

Raúl Manuel Falcón Ganformina  
José Antonio Tumialán Borja  
María Elisia Armas Alvarado  
Claudia Alexandra Garzón Santos  
Paula Marcela Hernández Díaz

Publicación semestral  
Número de ejemplares: 200  
ISSN: 2339-3270

**Información:**

Centro de Investigaciones  
Carrera. 7 No. 19-38 • PBX: 286 23 84 - Ext. 114

**Armada digital e impresión:**

Grafiweb Impresores Publicistas • Tel.: 6945017  
grafiwebgerencia@gmail.com

## COMITÉ EDITORIAL

### **Magdalena Pradilla Rueda**

Doctorado de Matemáticas aplicadas a ciencias sociales y Magister en Informática y Matemática en Ciencias Sociales de la Universidad de Grenoble. Doctorado en Filosofía y Magister en Filosofía de la Universidad Paris I Pantheon Sorbonne. Informática de la Universidad de Grenoble. Licenciatura en Relaciones Internacionales y Diplomacia de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

### **Diana Janeth Lancheros Cuesta**

Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana - Sede Bogotá. Magister en Tecnologías de la Información de la Universidad Pedagógica Nacional - U.P.N. Especialista en multimedia para la docencia de la Universidad Cooperativa De Colombia. Ingeniera de Diseño y Automatización Electrónica de la Universidad de la Salle.

### **Pedro Fernando Martín Gómez**

Doctorado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Uberlândia. Magister en Materiales y Procesos de Manufactura e Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.

### **Nelly Paola Palma Vanegas**

Magister en Ciencias - Matemática Aplicada de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Matemática de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Docente Fundación Universitaria Konrad Lorenz - Universidad Nacional de Colombia.

### **Emilio Delgado Tobón**

Magister en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Los Andes, Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Docente investigador Uniagustiniana.

## COMITÉ CIENTÍFICO

### **Raúl Manuel Falcón Ganfornina**

Doctor en Matemáticas, Universidad de Sevilla. Matemático, Universidad de Sevilla.

### **José Antonio Tumialán Borja**

Doctorado en Ingeniería Mecánica, Magister en Ingeniería Mecánica e Ingeniero de software de la Universidad Federal de Uberlândia, Brasil.

### **María Elisia Armas Alvarado**

Candidata a Doctor en Ciencias de la Universidad de São Paulo (USP). Master en Ciencias, Universidad de São Paulo (USP). Ingeniera Electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego.

### **Claudia Alexandra Garzón Santos**

Doctora en Ingeniería, Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Administración de Empresas, de la Universidad Nacional de Colombia. Economista, Universidad Nacional de Colombia.

### **Paula Marcela Hernández Díaz**

Candidata a Doctor en Desarrollo Sostenible, Magister en Tecnologías y Administración Ambiental de la Universidad de Manizales. European MsC in environmental technology & management, De Montfort University - Leicester UK. Especialista de Mercadeo e Ingeniera de Procesos de la Universidad EAFIT.

## PARES EVALUADORES

### **Darío Alejandro García**

Doctorando en Matemáticas, Universidad de los Andes. Magister en Matemáticas, Universidad de los Andes. Matemáticas, Universidad Nacional de Colombia.

### **Bricce Yesid Valencia Cruz**

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Matemática Aplicada, Universidad Sergio Arboleda.

### **Carlos Andrés González Cortés**

Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos de la Universidad del Mar. Viña del Mar de Chile. Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

### **John Alexander Rico Franco**

Especialista en Seguridad de Redes e Ingeniero de Sistemas de la Universidad Católica de Colombia, enfoque en proyectos de auditoría, seguridad informática, criptografía y realización de pruebas de calidad de software.

### **Joan Andrés Arango Quintero**

Ingeniero Informático, Fundación Universitaria Católica del Norte. Director de proyectos, Innovative Education.

## REVISTA INGENIERÍA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

ISSN 2339-3270

La Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información es una publicación científica y tecnológica de la Corporación Universitaria Republicana, que tiene por objeto publicar avances y resultados de investigación en matemáticas, ciencias de la información e ingeniería.

La publicación es semestral y está abierta a recibir en forma permanente los documentos que se postulen para publicación.

1. Para su recepción, evaluación y publicación los artículos cumplen un proceso de preselección basado en dos criterios: el primero atiende a la tipología del artículo de acuerdo con las categorías de Colciencias; el segundo, verifica el cumplimiento de los requisitos formales.

Si el artículo no corresponde a ninguna de las categorías establecidas por la revista o no se ajusta a los requisitos de presentación formal, será devuelto a su autor, quien podrá volver a remitirlo al editor cuando se hagan las correcciones. Se debe cumplir con los siguientes criterios según los requerimientos de tipo científico de acuerdo con la clasificación de Colciencias:

- **Artículo de investigación científica y tecnológica.** «Informe escrito que da cuenta de los resultados originales de una investigación y que debe cumplir con requisitos formales establecidos dentro de una disciplina y una comunidad científica y tecnológica, formalidades que se reflejan en las prácticas generalmente aceptadas para la publicación de documentos en las revistas que pudieran llegar a aceptarlo». Colciencias (2012).
- **Artículo de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
- **Artículo de revisión.** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos cincuenta referencias.

2. Se aceptan artículos escritos en español, inglés o francés. No se aceptan artículos que hayan sido publicados o que se encuentren en proceso de publicación en otra revista. Todo autor debe acompañar su propuesta con una constancia de que el texto presentado es de su autoría e inédito, garantizando que el mismo no ha sido propuesto en ninguna otra publicación.

3. Los artículos deberán tener un sustento bibliográfico. Las referencias bibliográficas tienen que hacerse de estilo de citación y de presentación según las **normas IEEE**.

4. En la primera página se debe hacer la correspondiente referencia sobre el autor y sus calidades académicas e investigativas. Adicionalmente señalar el proyecto de investigación del cual procede el artículo y la institución a la que corresponde.

5. Extensión máxima de 20 páginas, presentación en Word, carta, letra Times New Roman, con las **normas IEEE**.

La Revista utiliza el sistema de revisión externa (Double-Blind Peer Review) de forma anónima mediante el método de "doble ciego", así mismo la revista podrá publicar artículos que cumplan con los requisitos de forma y contenido y que hayan sido evaluados favorablemente por árbitro o par académico.

Cada ejemplar se edita en versión impresa y también en versión electrónica (ISSN 2357-3716), esta última disponible en: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/index>. Esta es una revista de acceso abierto (Open Access), significa que todo el contenido es de libre acceso y sin ningún coste para el usuario/a o para su institución. Los usuarios pueden leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o enlazar con los textos completos de los artículos de esta revista sin pedir permiso previo, pero reconociendo los derechos de autor haciendo las referencias correspondientes.

Los artículos podrán remitirse mediante la página electrónica OJS o al correo electrónico de la Revista: [revistaingenieria@urepublicana.edu.co](mailto:revistaingenieria@urepublicana.edu.co). El formato IEEE esta disponible en el sitio online de la revista.

Para ampliar información acerca de los parámetros, plazos y condiciones puede contactar a la editora de la revista Ing. Evelyn Garnica Estrada al correo electrónico: [egarnicae@urepublicana.edu.co](mailto:egarnicae@urepublicana.edu.co)



# CONTENIDO

Pág.

## Editorial

*Evelyn Garnica Estrada* ..... 11

## Artículos de Investigación

EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE INFORMATIZACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PROFESIONAL INFORMÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS

The development in the implementation of informatization process regarding it professionals at the university of matanzas

*Walfredo González Hernández* ..... 13

LA MATEMÁTICA, ESTRATEGIA PARA EL PENSAMIENTO CREATIVO

Mathematics, an strategy for the creative thought

*Luis Carlos Torres Soler* ..... 23

GENERACIÓN LLAVES DE CIFRADO A PARTIR DE PATRONES BIOMÉTRICOS HUMANOS (CASO ESTUDIO: FIRMA Y VOZ)

The production of encryption keys stemming from human biometric patterns (case study Signature and voice)

*María Fernanda Cubides Lozano, Juan David Prieto Rodríguez, Violeta Suarez Hurtado*..... 33

PROMETEO. SISTEMA AUTÓNOMO PARA EL MANEJO DE UNA TORRE VERTICAL DE PARQUEADEROS

Autonomous system for the handling of vertical tower in parking lots

*Cristian Eduardo Puerchambud Ladino, Juan David Henao Ariza* ..... 41

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ECOOPSOS EPS

Business practice at ECOOPSOS EPS

*Cristian Alexis Yanguma Torres* ..... 55

MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN ENTERA NO LINEAL EN UN AMBIENTE JOB-SHOP Y MÁQUINAS EN SERIE Y PARALELO

A whole non-linear programming mathematical model within a job-shop environment along with serial and parallel machines

*César Augusto Pineda Pérez* ..... 67

PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PARA LA LECTURA CRÍTICA EN LA FORMACIÓN INVESTIGATIVA EN UN GRUPO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Strategical learning proposal for critical reading on the research training in a group of industrial engineering students <i>Aldo Piñeda Geraldo, Martha López Trujillo</i> .....	71
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERARQUICO (AHP), PARA LA TOMA DE DECISIONES Practical application of the hierarchical analysis process (AHP) on decision making <i>Carlos Arturo Bermudez Irreño, Edwar Daniel Quiñones Aguilar</i> .....	91
TRABAJANDO SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES CON ESTRELLAS DE SEIS PUNTAS Working linear equation systems with six-point stars <i>Marco Vinicio Vásquez Bernal</i> .....	101

## EDITORIAL

**F**ieles a nuestro compromiso con la investigación, el avance de la ciencia y la tecnología, presentamos el volumen 5 número 9 de la *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, una publicación que aborda diferentes temáticas de avances y resultados de trabajos realizados por investigadores y estudiantes, así como nuevos planteamientos técnicos y revisiones documentadas sobre temas de actualidad en los diferentes campos de la Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información.

Para esta edición número 9 se tiene contribuciones de autores provenientes de diversas instituciones a nivel nacional como la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Bosque y una vez más contamos con contribuciones internacionales desde la Universidad de Matanzas de Cuba y la Universidad Nacional de Educación de Ecuador.

Adicionalmente, el presente número de la revista cuenta con artículos de la Corporación Universitaria Republicana generados desde las aulas de clase a través de los proyectos realizados en asignaturas del programa de ingeniería de sistemas; por otro lado, se tiene la contribución de un estudiante que culminó su práctica empresarial como opción de grado y presenta sus objetivos, logros y resultados; y también se cuenta con artículos de investigación generados al interior del grupo O.C.A del programa de ingeniería industrial.

Esperamos que los artículos, así como los autores sean valorados y reconocidos por la comunidad académica, ya que edición tras edición, la revista sigue trabajando en ser un espacio de permanente consulta.

Finalmente, quiero extender un agradecimiento a toda la comunidad académica de la Corporación Universitaria Republicana por el apoyo brindado a la Revista, al Centro de Investigaciones y a las Directivas, así como a revisores y autores por su contribución y valioso trabajo.

**Evelyn Garnica Estrada**  
Docente Investigadora  
Editora





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE INFORMATIZACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PROFESIONAL INFORMÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS

*The development in the implementation of informatization process  
regarding it professionals at the university of matanzas*

WALFREDO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

*Recibido:30 de noviembre de 2017. Aceptado:13 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a36>

## RESUMEN

La implementación es una de las actividades más importantes en la actividad ingenieril. En el artículo se toma posiciones de los autores sobre el proceso de implementación y sus clasificaciones. Por otro lado, se asumen los elementos esenciales del currículo informático en el mundo y la importancia de la implementación en ellos. Se analiza el cómo estructurar la implementación como elemento esencial en su modo de actuación. En el último acápite se analiza los resultados obtenidos después de la vinculación a un proyecto real.

**Palabras clave:** enseñanza, informática, competencias, implementar.

## ABSTRACT

Implementation is one of the most important activities in the engineering activity. In the article, authors' positions on the implementation process and their classifications are taken. On the other hand, they assume the essential elements of the computer curriculum in the world and the importance of the implementation in them. It analyzes how to structure the implementation as an essential element in its mode of action. The last section analyzes the results obtained after linking to a real project.

**Keywords:** teach, informatics, competence, implementation.

## I. INTRODUCCIÓN

LA INFORMÁTICA ha desarrollado en su devenir histórico varias disciplinas científicas que se estructuran como disciplinas en el currículo de su formación. Sin embargo, existen determinados contenidos que son esenciales para su formación y que no se encuentran enmarcados en una única disciplina. Uno de estos contenidos es precisamente implementar procesos de informatización.

La implementación es una de las actividades más importantes en la formación del ingeniero informático. Sin embargo, el análisis debe estar en el orden de las estructuras psicológicas de la personalidad que se debe considerar como una competencia la implementación en la formación del profesional informático. Un primer punto de partida en este análisis es el papel del instrumento y de la implementación en la actividad informática y su forma fundamental de organización. Un

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor titular de Ingeniería Informática. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: Correo Electrónico: [walfredo.glez@umcc.cu](mailto:walfredo.glez@umcc.cu)

segundo momento de análisis se encuentra en la expresión de la implementación en el diseño curricular de los profesionales informáticos. Por último, entonces determinar qué tipo de estructura de la personalidad ocupa la implementación en la formación de este profesional.

## II. DESARROLLO

### A. La implementación de procesos de informatización en las organizaciones

En la literatura relacionada con la enseñanza de la programación [1][2], se aprecian elementos interesantes:

1. La programación ha dejado de ser una actividad en solitario para convertirse en una actividad grupal.
2. Puede realizarse en entornos colaborativos con procesos de corrección en parejas.
3. Existen diversos paradigmas que deben ser dominados por el estudiante para desarrollar habilidades generalizadoras de la programación.

A pesar de ello, en la literatura referenciada en el párrafo anterior no se aprecian aspectos propios de la etapa que le corresponde desarrollar en el ciclo de desarrollo de un sistema.

La implementación de sistemas se realiza después de una ardua tarea de especificaciones de las necesidades del cliente, la modelación de estas necesidades en forma de un producto informático y posteriormente su proceso de implementación usando un lenguaje y el sistema de herramientas asociados a este. Al enseñarles programación a los estudiantes desvinculados de los procesos de modelación se les están enseñando malas prácticas de desarrollo de sistemas. Estas malas prácticas asociadas a la programación sin modelación de los procesos conllevan a tendencias a la ejecución [3] en los estudiantes y a la incomprensión de la validez y pertinencia de los modelos como representaciones.

Cuando se trata la implementación de los sistemas, se asume en este artículo, que es necesario

abordar dos procesos que no siempre se tratan de la misma manera. Un primer proceso es la selección del lenguaje de programación con las herramientas que están asociadas a este y, un segundo momento, que se asocia con la expresión de estas ideas utilizando la herramienta: codificar el sistema. En relación con el primer momento es válido afirmar que existen muchos lenguajes de programación. Algunos de ellos orientados a un propósito como es el caso de HTML o PHP, JavaScript que están orientados a la web u otros de propósito general como Java, C#; entre otros muchos tipos de lenguajes. De las afirmaciones anteriores se puede inferir que la selección del lenguaje de programación está condicionada por el tipo de sistema y las facilidades que puede ofrecer para el desarrollo de este sistema. Dentro de los lenguajes de programación también es importante el análisis de los IDE, los ambientes de programación. Los IDE proponen un conjunto de herramientas añadidas al lenguaje de programación que facilitan muchos de los procesos de codificación y las pruebas unitarias al software. Otro de los elementos importantes es la curva de aprendizaje del lenguaje en el proceso de desarrollo, mientras más tenga que aprender el programador más retraso en el desarrollo, aunque en ocasiones debe ser así.

La selección de las herramientas, aunque están en dependencia del lenguaje, dependen en gran medida de las facilidades que este brinde al implementador para la solución del proyecto y de la experiencia que este posea en su uso. Este último aspecto es esencial en el logro del desarrollo del sistema por cuanto de él depende el tiempo que se demorará la implementación. Por la importancia que poseen y la actualidad de la temática es necesario detenerse en los sistemas web. Los sistemas web han surgido para quedarse, sobre todo para la difusión de grandes volúmenes de información a una gran cantidad de usuarios. Sobre todo, en este último aspecto se han desarrollado en los últimos años los llamados framework, en especial para los sistemas web.

Estas es una de las cuestiones que deben ser analizadas como parte de la implementación de un sistema: la selección de aquel framework más adecuado a las funcionalidades que requiere el sistema. Esta selección de los frameworks depende

en gran medida de la experiencia del equipo de desarrollo.

Otro de los aspectos relacionados con el desarrollo web está en los denominados gestores de contenidos. Un sistema gestor de contenidos se ha desarrollado para facilitar la administración de contenidos en todos sus aspectos: creación, mantenimiento, publicación y presentación. Se vuelve entonces a analizar la programación desde cero y los componentes ya realizados que permiten al desarrollador concentrarse en lo realmente nuevo de su sistema.

Sin embargo, los frameworks, IDEs y CMS que se han desarrollado están orientados al proceso de programación para el desarrollo de sistemas. Por ende, están pensados para apoyar al programador en la tarea de codificar un sistema. Este es un elemento que no es tenido en cuenta para la enseñanza de la programación.

Sin embargo, los procesos de implementación no son privativos de los lenguajes de programación aun cuando se desarrolla un sistema. Una base de datos en Access que responda a la necesidad de un cliente puede considerarse un software, sin embargo, puede hacerse sin ejecutar líneas de código. Contrariamente a este ejemplo existen muchas hojas de Excel en las cuales se pueden implementar modelos de procesos de informatización que se pueden apreciar como codificación de estos modelos. De las afirmaciones anteriores se puede inferir que la implementación puede traducirse como llevar a vías de ejecución el modelo usando un sistema informático. Esta definición permite generalizar los procesos de implementación reconocidos para la programación en otros procesos alejados de este como implementar un modelo de VoIP en una organización. También permite otros procesos de áreas alejadas de la programación introducirse en esta.

Como se apuntaba anteriormente, los procesos de informatización de las organizaciones transcurren desde el análisis de sus necesidades hasta que se satisfacen estas necesidades. Durante todos estos procesos se van construyendo diferentes modelos y éstos se van concretando en la medida del proceso de informatización que se realice. Estos procesos de informatización transcurren en forma de proyectos, lo cual se asume

como la forma fundamental de organización de la actividad informática.

Asumir que el proyecto es la forma fundamental de la organización de la actividad informática implica reconocer que es un proceso colaborativo en el cual intervienen un conjunto de personas. También que estas personas tienen determinadas labores que desempeñan en este proceso a las cuales se les denomina roles [3][4] aunque algunas de ellas pueden ocupar más de uno. También se reconoce que el desarrollarlo como proyecto implica un sistema de acciones con carácter de sistema que lleve a la culminación del proceso. Este sistema de acciones generalmente comienza con las especificaciones del cliente, posteriormente continúa con la modelación de los procesos de informatización, seguidamente la implementación del proceso y por último la validez de todo el proceso que se ha realizado.

Cuando en los proyectos de informatización no se requiere solamente de la producción de un nuevo sistema, sí se introducen los modelos, pero intervienen otras acciones posteriores a este. Esta afirmación amerita un análisis detallado. Existen proyectos de informatización en los cuales se desarrolla un sistema como parte del proceso, sin embargo, este sistema es solamente una acción dentro de otras acciones. En este caso, al ejecutarse el sistema de acciones modeladas, no se codifica en su totalidad, sino que es una parte de este; cuestión esta que modifica sustancialmente las concepciones de implementación ya analizadas. Otro caso es cuando no se realiza ninguna acción de codificación, pero se llevan a la práctica diferentes modelos obtenidos durante la marcha del proceso. Un ejemplo que ya ha sido tratado en este artículo es el de VoIP. En este caso se modela la arquitectura de la red a partir de las características de la pizarra telefónica y el conjunto de elementos a conectar en dependencia de los requisitos obtenidos. A partir de la obtención del modelo se comienza la implantación de la red configurada según los modelos y consecuentemente se hacen pruebas muy parecidas que en el caso. Es opinión del autor, que en cada uno de los casos analizados se mantienen las etapas genéricas de desarrollo de un software por lo cual se puede generalizar a los procesos de informatización en organizaciones.

## B. La implementación de procesos de informatización en el currículo del profesional informático

Al asumir que el currículo "... es un sistema integral que manifiesta relaciones de subordinación y coordinación entre sus niveles organizativos, es por ello que el perfil de egreso se constituye en el documento rector que expresa la intención formativa de la carrera" [5] es necesario destacar si la modelación se encuentra dentro del perfil de egreso de estos profesionales. Un análisis de este tipo lleva a un análisis comparativo de los currículos en las universidades de países de reconocido prestigio en la formación informática [6].

El profesional del área de informática debe incorporar la implementación en su actuación como uno de los requisitos esenciales de concreción de su actividad. En esta proyección y planificación de su actividad como futuro profesional se desprenden un conjunto de cualidades esenciales como la toma de decisiones en la proyección de procesos de informatización, la honestidad y responsabilidad al asumir los errores propios y del colectivo en la depuración de sistemas, entre otras. Ello implica que la implementación rebase a la habilidad.

Para varios autores las competencias pueden ser definidas como aprendizajes o logros complejos que integran aspectos cognitivos, procedimentales, actitudinales, habilidades, características de la personalidad y valores, que puestos en práctica en un determinado contexto, tendrán un impacto positivo en los resultados de la actividad desempeñada [7].

Para otro autor, las competencias son estructuras psicológicas integrativas, de nivel intermedio, que complementan o articulan las funciones de las estructuras principales de la personalidad ante situaciones que demandan un desempeño determinado como expresión del comportamiento de la persona en su contexto social y en un ambiente específico de acción [8]. Asumiendo la definición del último autor se toman sus tres dimensiones de análisis de las competencias.

La necesaria diferenciación de los procesos de implementación que cada estudiante realiza y que se estructura de manera individual posibilita la expresión de sus experiencias, conocimientos y

habilidades relacionadas con este proceso de llevar a vías de hecho los modelos realizados. Ello les permite integrar sus proyectos con el resto e ir aprendiendo de los demás colegas. Teniendo en cuenta estos elementos es que se aprecia en este artículo que la implementación es una competencia en el ingeniero informático y a continuación se analizará su estructura.

Por lo planteado hasta el momento, la implementación es una competencia del ingeniero informático y se develará su estructura obviando el sistema de conocimientos que ya ha sido abordado en el primer acápite de este artículo. Se pueden enunciar cuatro habilidades esenciales de un profesional informático relacionada con la implementación.

Una primera se denomina en este artículo interpretar los procesos y estructuras que se representan en el modelo utilizando el sistema de símbolos adecuados que le permite estructurar las representaciones que se han analizado hasta el momento.

La segunda se denomina comprender los modelos realizados por otros en los procesos de informatización y llevarlos a cabo según la concepción de los encargados de estos procesos: analistas y diseñadores. Para ello es importante retomar el proyecto, ahora como eje articulador de los procesos formativos en los ingenieros informáticos.

La tercera habilidad está relacionada con la selección de los medios, herramientas y tecnologías más adecuadas para la concreción del modelo en la solución de la problemática planteada al proyecto. Dentro de esta tercera habilidad, la selección de los frameworks, ides y cms, en caso que el proyecto los necesite, es una habilidad que es importante para la implementación de los sistemas.

Y la última y no menos importante está relacionada con la elaboración de estrategias de concreción de estos procesos en la práctica. La integración de estas cuatro habilidades en un sistema armónico conjuntamente con los conocimientos acerca de la implementación permitirá a los estudiantes conformar con éxito un proyecto. En un entorno de proyecto el estudiante desempeña los roles de su futuro profesional y va articulando



do los modos de actuación que desempeñará en el futuro, de tal manera que se va articulando dentro de su proyecto de vida la futura profesión que va a desempeñar.

Sin embargo, la educación de los valores en el proyecto es también importante a tener en cuenta en este artículo. En este mismo orden de ideas, se van conformando aquellos valores propios de la profesión como la responsabilidad, comprometido, honesto y humilde [9]. La responsabilidad es uno de los valores más importantes en el profesional informático por las características propias de la actividad, así como por el impacto social que tienen las tecnologías para la sociedad. En cualquiera de los roles que deba desempeñar debe ser responsable de sus actos y constituir un verdadero eje regulador de sus acciones puesto que de ellas depende las del resto del proyecto. Durante el desarrollo del proyecto la honestidad con los colegas en el proceso de implantación es primordial para entender las relaciones sociales que se establecen. Estas relaciones en las cuales el proyecto, el posicionamiento de la empresa y la confianza entre los integrantes juegan un papel fundamental.

La educación de estos valores debe basarse en el conjunto de vivencias que hacen comprender al sujeto su responsabilidad ante los demás integrantes del proyecto y la sociedad por el resultado del proyecto que van a obtener. Este proceso debe estar centrado en la importancia del rol que desempeña y el resultado de la actividad para la organización. En un ambiente de proyecto todos los roles son importantes. Juega un papel esencial la explicación detallada de los errores, así como la oportunidad de expresarlos y corregirlos sin constituir una oportunidad de castigo, a través del diálogo, la confrontación y la polémica constante y constructiva. También es importante la asignación de tareas de mayor complejidad y que involucren con el resto de los integrantes del proyecto. La integración de estos valores, en las configuraciones que se estructuran en la actividad informática, con el proyecto de vida hace que se incorporen de manera real al potencial regulador de la personalidad del profesional.

Para muchos autores la formación de habilidades en la informática se da en el momento de enseñar un sistema en particular [9] [10]. En este

artículo se asume una concepción sistémica propuesta por varios autores [11] [12] [13]. En esta concepción de la enseñanza de la informática se aborda el proceso como un todo integrado, en el cual se le presta especial atención a la concatenación de los conceptos y procedimientos informáticos que no se pueden formar en una única clase como en el caso que ocupa este artículo: la competencia implementar procesos. Por el carácter interdisciplinar y la complejidad de su estructura, su formación en el profesional informático debe abordarse desde una postura sistémica.

Para comprender la posición en este artículo sobre el desarrollo de la competencia implementar procesos de informatización es importante asumir diferentes posiciones. Existen hoy dos criterios divergentes en cuanto la formación informática y las disciplinas de programación e ingeniería de software. Algunos plantean que es preferible comenzar por la enseñanza de la programación y otros por la ingeniería del software. Cuando la enseñanza de la informática se estructura sobre la base del proyecto como eje formativo la ingeniería de software alcanza prevalencia pues es la proyección de lo que se quiere alcanzar.

Para este artículo la competencia implementar procesos de informatización constituye un eje central en dos roles de la actividad informática: programador y gestor de proyecto. Además, juega un papel esencial como concreción de los modelos obtenidos para las acciones de informatización de procesos. Por ende, la formación de competencia implementar procesos de informatización comienza en el segundo año de la carrera y culmina cuando el estudiante expresa su proceso de investigación en forma de memoria escrita en el cual integra todos los modelos estudiados en la carrera para describir el proyecto y los implementa. Ya el proceso de desarrollo de esta competencia corresponde a su ámbito laboral a partir de las diversas problemáticas que este profesional debe resolver en el ámbito organizacional.

Por tanto se asume en este artículo que la competencia depurar sistemas es una integración de recursos cognitivos, afectivos y autorreguladores relacionados con la implementación de procesos de informatización de organizaciones que se adquieren durante la formación profesional informática ligado a la práctica, en forma de proyectos,

que como actividad transformadora de las organizaciones en las cuales se encuentran y se expresan a través del desempeño.

De esta definición se asume tres dimensiones que se declaran a continuación:

#### 1. Cognitivos

- a. Amplio dominio de los conceptos asociados a la implementación de los modelos.
- b. Interpreta procesos utilizando el sistema de símbolos adecuados que le permite estructurar las representaciones adecuadas.
- c. Implementa utilizando el sistema de símbolos adecuados que le permite estructurar las representaciones adecuadas.
- d. Comprende los modelos realizados por otros en los procesos de informatización
- e. Ejecuta las acciones comprendidas en los modelos.
- f. Algoritmiza procesos para la concreción de los procesos en las organizaciones

#### 2. Autorreguladores

- a. Selecciona el tipo de implementación más adecuado para el proceso de informatización que se pretende representar.
- b. Actualiza los sistemas de símbolos más adecuados en dependencia del tipo de aplicación a desarrollar.
- c. Diseñar estrategias para la implementación de las acciones informatizadoras.
- d. Establecer mecanismos de retroalimentación en las acciones que implementa.
- e. Establece metas para la ejecución de las acciones contenidas en la implementación.
- f. Regula los procesos que han de ejecutarse para detectar las herramientas informáticas más adecuadas para concretar los procesos de informatización.

#### 3. Valores

- a. Asume con responsabilidad los procesos derivados de sus acciones en la dirección de los procesos.
- b. Asume con honestidad los errores cometidos durante el proceso de implementación en los procesos para su eliminación.
- c. Propicia la creación de un clima de diálogo y polémica que estimule la crítica oportuna.
- d. Institucionaliza el error como una oportunidad de aprendizaje para todo el equipo de implementadores.
- e. Exige el cumplimiento de los plazos acordados para la entrega en tiempo de los procesos y su representación adecuada.
- f. Asumir la implementación como la función fundamental del implementador en su relación social con el resto de los integrantes del equipo.
- g. Asume como parte de su actuación los dilemas éticos derivados de la responsabilidad del implementador.

### III. MÉTODO

#### A. Participantes y método

En la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Matanzas los estudiantes reciben tres asignaturas relacionadas con la Ingeniería del Software durante el tercero y el cuarto año de la carrera. Se toman como participantes los estudiantes de cuarto año de ingeniería informática del curso 2016 - 2017 con una matrícula de 23 pues se cierra el ciclo de formación de la competencia con la modelación de procesos de informatización que desarrollarán en su práctica laboral. Durante el cuarto año de la carrera los estudiantes deben finalizar un proyecto de software como un proceso de solución a una problemática de informatización en una empresa de software y se le denomina proyecto de práctica laboral. Este proyecto se discute al finalizar la práctica laboral.

## B. Métodos de investigación aplicados

Se aplicaron varios métodos de investigación.

**Encuesta a estudiantes de quinto año:** Se realizan 10 encuestas a los estudiantes del quinto año distribuidas en cuatro durante la asignatura de gestión de pruebas en el segundo semestre de cuarto año y en los 6 últimos cortes realizados. Esta distribución se realiza para contrastar los resultados obtenidos utilizando la triangulación de datos como se verá más adelante.

**Observaciones a los proyectos de los estudiantes:** Se realizan 10 observaciones a proyectos de los estudiantes de la misma manera que se aplican las encuestas y durante el mismo período, cuestión esta que permitirá la triangulación de los datos al concluir todas.

**Entrevistas a los profesores:** Se realizan entrevistas a los profesores al mismo tiempo que las encuestas a los estudiantes por las mismas razones ya expuestas. Ver figura 1.

Con relación a las primeras dos interrogantes del cuestionario, donde se pretende que los estudiantes demuestran que poseen conocimientos sobre pruebas y las habilidades más importantes relacionadas con la implementación se puede apreciar al inicio de la práctica la asociación de implementación con programación y sus procesos más importantes. La selección se produce como resultado de una percepción errónea de los procesos y herramientas más adecuadas para ello. Por ende, la cantidad de estudiantes que

poseen desarrollo de la competencia se incrementa a partir de los proyectos reales que deben desarrollar.

En correspondencia a las interrogantes número 3 y 4, referida a cuál es el criterio que ellos utilizan para la selección de las herramientas se observa una selección más adecuada, aunque perfeccionan la implementación durante su proyecto de tesis y las prácticas laborales del cuarto año.

En la pregunta 5 a los estudiantes si poseen vivencias relacionadas con la implementación y cómo los profesores han influido en este proceso; ellos refieren que hasta el momento solamente habían analizado la implementación como programación. El número de estudiantes que incorporan nuevas vivencias relacionadas con la implementación se incrementa durante el tiempo que dura la experiencia.

Las interrogantes de la entrevista a los profesores están relacionadas con las encuestas a los estudiantes pues se busca contrastar la opinión de los estudiantes con la de los profesores. Con relación a las dos primeras interrogantes del cuestionario, donde se pretende que los estudiantes demuestran que poseen conocimientos sobre las pruebas y las habilidades más importantes relacionadas, los profesores concuerdan con los resultados de los estudiantes, aunque existen pequeñas variaciones en la cantidad de estudiantes, siempre menor en algunos indicadores en el análisis de los profesores. Los profesores aprecian un crecimiento en la cantidad de estudiantes que poseen desarrollo de la competencia durante

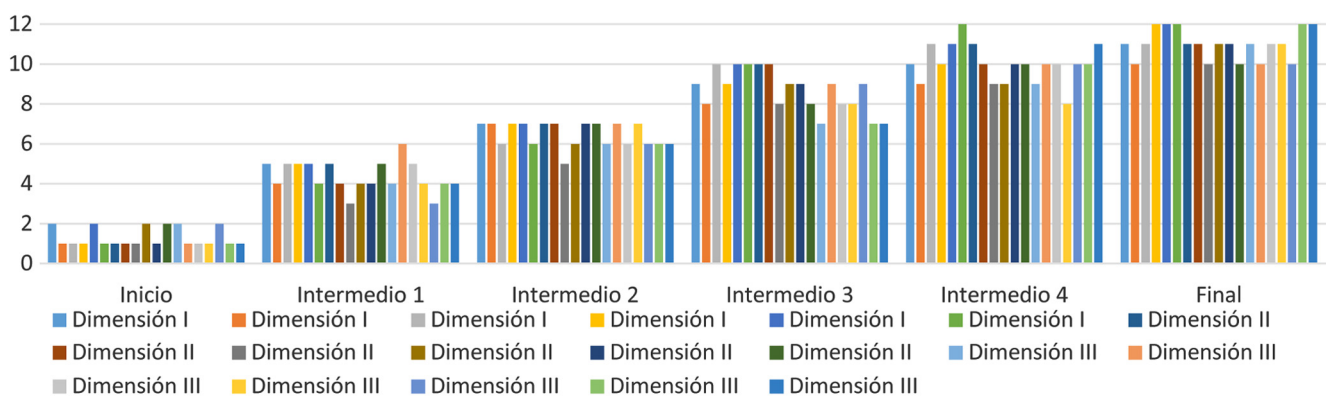


Fig. 1. Comportamiento de los indicadores de las tres dimensiones en la encuesta realizada a los estudiantes. Elaboración del autor.

el quinto año a partir de los proyectos reales que deben desarrollar. Ver figura 2.

La práctica laboral se organizó según las necesidades de cada organización sobre la base de la utilización de una metodología de desarrollo y que el producto fuera una aplicación web. Durante los cortes los estudiantes conocen que el aspecto fundamental que será medido es el correcto funcionamiento de la aplicación. En la ejecución de la observación se midieron los indicadores los indicadores de la variable dependiente que podían ser medibles con este instrumento. Durante la pri-

mera observación se constata un pobre desarrollo de los indicadores. Los valores obtenidos en el resto de los indicadores permiten inferir que no existe responsabilidad ni cumplimiento de los plazos en los procesos iniciales. Los resultados de cada una de las observaciones de la práctica laboral demuestran un incremento gradual en los valores de cada indicador, aunque se constata que los avances no se producen de igual manera en todos. Los indicadores de incremento más lento se observan en aquellos relacionados con los procesos del futuro como implementador y asumir esa función como un rol en su futuro desempeño. Ver figura 3.

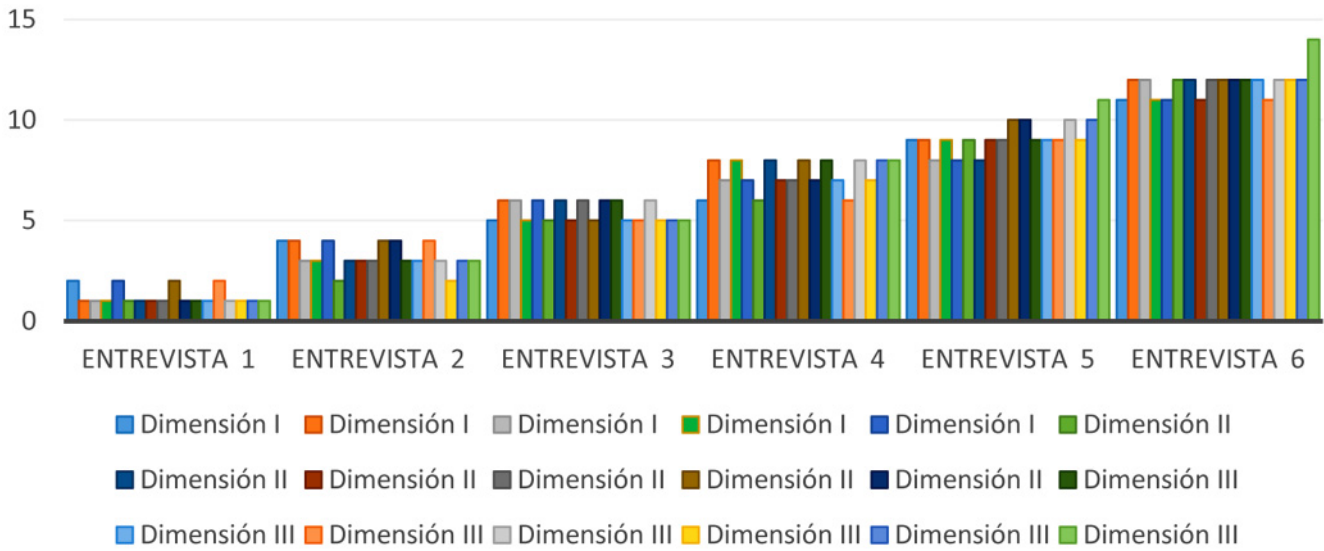


Fig. 2. Comportamiento de los indicadores de las tres dimensiones en entrevista realizada a los profesores. Elaboración del autor.

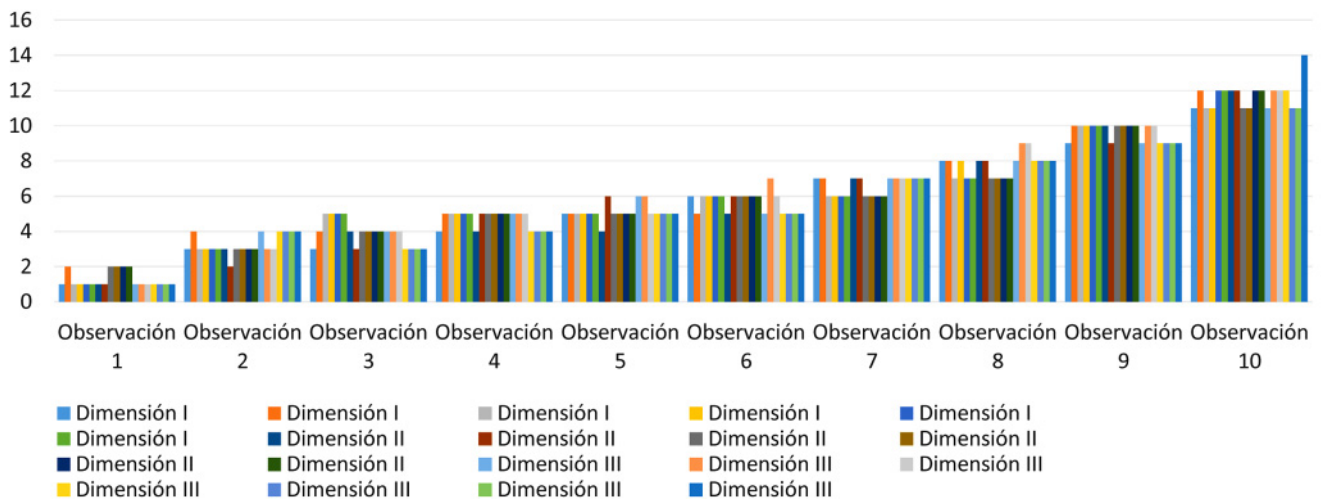


Fig. 3. Comportamiento de los indicadores de las tres dimensiones en las observaciones a las prácticas. Elaboración del autor.

## IV. DISCUSIÓN

Del análisis de las tablas y gráficas expresadas anteriormente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Resulta interesante que las opiniones de los estudiantes y los profesores coinciden en pocos estudiantes con desarrollo de los indicadores al inicio. Se aprecia en los estudiantes un espíritu crítico que les permite realizar los análisis correspondientes en el equipo de desarrollo al cual pertenecen. Este proceso permitió la formación de la competencia.

La vinculación a proyectos reales en el cual ellos se apropian de las formas de trabajo y pensamiento informático, de las formas de comunicación entre profesionales de esta ciencia, entre otros elementos declarados en la literatura al respecto contribuye al desarrollo de las competencias [11] [12][14].

La necesidad de la vinculación sistemática de los estudiantes a proyectos reales integradores que les permita elaborar proyecciones futuras acerca de su profesión y en los cuales ellos puedan integrar todos los conocimientos estudiados. Al mismo tiempo, los aplican a situaciones reales en los cuales aumenta el nivel de incertidumbre respecto a la existencia de una solución para ellos, lo cual incrementa los niveles de responsabilidad y honestidad con las soluciones propuestas. También permite que transcurra una mayor cantidad de tiempo en el cual los estudiantes se enfrenten a proyectos reales, lo que permite una mayor variabilidad de estos lo cual redundará en la experiencia que pueden adquirir los estudiantes y la variabilidad de modelos que deben representar.

## V. CONCLUSIONES

La competencia implementar procesos de informatización constituyen el resultado de la actividad modelar que se desarrolla en el proyecto informático y establece las pautas a seguir en el proceso de informatización que se quiere lograr y su concreción en la práctica del ingeniero informático. Estos procesos de implementación de procesos en la informatización de organizaciones constituyen un acercamiento en la actividad del

equipo de desarrollo y el cliente para satisfacer las necesidades de este último.

En el currículo del profesional informático la implementación de procesos de informatización en las organizaciones juega un papel esencial e integra varias de las disciplinas que se conciben en el proceso de formación de este profesional. Asumir la formación de esta competencia implica cambios en la concepción curricular para potenciar en el estudiante los modos de actuación del profesional informático.

Los métodos de investigación aplicados permiten analizar la evolución desfavorable de los indicadores que caracterizan las dimensiones del objeto de estudio. Cada uno de ellos fue arrojando el aumento de los estudiantes con esos indicadores, permitiendo afirmar que no existe un desarrollo de la competencia implementación de procesos de informatización en las organizaciones en estos estudiantes.

## REFERENCIAS

- [1] R. Barrera, A. Barrera, L. Hernández, "Algunas consideraciones en torno al desarrollo de habilidades profesionales del ingeniero informático y el rol de la comprensión de texto en la modelación de algoritmos computacionales", *Revista Mendive*, (50), 34 - 56. 2015.
- [2] Verdúa et al, "A distributed system for learning programming on-line", *Computers & Education*, 58(1), 1 - 10. 2012.
- [3] A. Díaz, "Evaluación de la propuesta de enseñanza de las áreas de lenguaje y matemáticas en la institución educativa San José del Pantano", *Panorama*, 9 (16), 25 - 39. 2015.
- [4] R. Pressman, *Software engineering: A practitioner's approach*. (Seventh Edition ed.), New York, McGraw-Hill. 2010.
- [5] M. Sahinoglu, *Cyber-risk informatics: Engineering evaluation with data science*, Washington, John Wiley & Sons. 2016.
- [6] W. González, "La intuición informática: un acercamiento a su estudio", *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 3 (5), 99 - 107. 2016.
- [7] D. Martín, "La formación docente universitaria en Cuba: Sus fundamentos desde una perspectiva desarrolladora del aprendizaje y la enseñanza", *Estudios Pedagógicos*, 41(1), 337-349. 2015.

- [8] J. Zilberstein, S. Olmedo, "Las estrategias de aprendizaje desde una didáctica desarrolladora", *Atenas*, 3(27), 34 - 56. 2014.
- [9] E. Méndez, A. González, M. Cardoso, "Modelo didáctico que contribuya a la interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la formación inicial de los profesores de Ciencias Naturales" *Órbita Científica*, 22(88), 56 - 67. 2016.
- [10] J. Gómez, "Caracterización de las prácticas evaluativas de los docentes de matemática de la institución educativa Los Palmitos, Sucre - Colombia", *Escenarios*, (13), 96 - 107. 2013.
- [11] W. González, "Creativity Development in Informatics Teaching Using the Project Focus", *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 3(1), 63-70. 2013.
- [12] W. González, "La modelación como competencia en la formación del profesional informático", *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 10(2), 59 - 71. 2016.
- [13] O. Mosquera, *El reconocimiento del concepto función en estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial*, Ciudad de la Habana, Edición Universitaria. 2011.
- [14] W. González, *Apuntes sobre Didáctica de la Informática*. Ciudad de la Habana, Editorial Universitaria. 2015.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# LA MATEMÁTICA, ESTRATEGIA PARA EL PENSAMIENTO CREATIVO

## *Mathematics, an strategy for the creative thought*

LUIS CARLOS TORRES SOLER<sup>1</sup>

*Recibido:16 de diciembre de 2017. Aceptado:30 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a37>

### RESUMEN

*La matemática es básica en el ámbito académico, en especial en carreras formales: ingeniería, física, matemática, entre otras. Su fundamento puede centrarse en desarrollar el razonamiento y la abstracción. Se emplea en la modelación de sistemas; cuando son dinámicos se emplean ecuaciones diferenciales con el fin de determinar futuros comportamientos. A partir de modificaciones al modelo, inferir qué puede suceder. Estas reflexiones surgen del proceso investigativo para la tesis del doctorado en Pensamiento complejo, creatividad y complejidad en el aula. Su propósito fue indagar características creativas que poseen docentes y estudiantes. Se empleó un enfoque cualitativo; se realizaron observaciones a los estudiantes en sus acciones para hallar solución a ejercicios planteados. Se observó el tipo de pensamiento a partir de qué preguntaban, cómo abordaban los ejercicios, qué operaciones realizaban. Ejercicios de índole formal que no tenían único método para hallar las respuestas que existían. No se enuncian los resultados completos del proceso con los estudiantes, solo aspectos que conducen a desarrollar su pensamiento creativo.*

**Palabras clave:** creatividad, educación, matemática, pensamiento.

### ABSTRACT

The math is basic in academia, especially in formal racing: engineering, physics, mathematics, among others. Its foundation can focus on developing reasoning and abstraction. It is used in the modeling of systems; when they are dynamic differential equations are used to determine future behaviors. Starting from modifications to the model, infer what can happen. These reflections arise from the research process for the PhD thesis in complex thinking, creativity and complexity in the classroom. Its purpose was to investigate creative features that have teachers and students. Used a qualitative approach; observations were made to students in their actions to find solution to raised exercises. There was the kind of thinking from what they asked, how concerned exercises, operations performed. Formal nature exercises that had no unique method to find answers that exist. The complete results of the process not set out with the students, only aspects that lead to develop your creative thinking.

**Keywords:** creativity, education, mathematical, thinking.

## I. INTRODUCCIÓN

EN ESTA, sociedad del conocimiento, ante la diversidad de dispositivos, mecanismos y herramientas que permiten acceder a la información en ese mar conocido como web, que ayudan a realizar diferentes tareas, incluso cognitivas, la educación debería cambiar y reducir dificultades en los procesos de aprendizaje: trabajar en equipo, impulsar el aprendizaje significativo y formar personas íntegras y competentes. Frente a los cambios que sur-

gen en el entorno, el Estado genera leyes y decretos en busca de mejora. Sin embargo, hay cambios que traen consigo limitaciones, pues se continúa en estadios de épocas pasadas donde el estudiante debe memorizar lo que el docente trasmite, considerando que este "tiene" amplia información y es un pedagogo.

La realización de tareas creativas se considera solo en áreas como arte, literatura y diseño, entre

<sup>1</sup> Matemático, MSc. Ingeniería de sistemas, MA. Ciencias de la educación. Doctor en Pensamiento complejo. Docente investigador. Docente de cátedra Universidad Nacional de Colombia. Correo Electrónico: lctorress@gmail.com

otras, pero no se proyectan en las formales: matemática, física, química, pues se tiene la creencia de que no aportan al desarrollo integral de la persona, mucho menos a disciplinarse pues allí existen solamente procesos lógicos, secuenciales, racionales, analíticos; en los que el estudiante debe "aprehenderse" fórmulas y métodos para solucionar los ejercicios; sin embargo, poco y nada se plantean problemas que ocurren en el entorno.

Los procesos que se establecen en la educación, en general, son aquellos que generan resultados positivos en otros contextos, sin tener en cuenta que para ello existe un andamiaje de construcción de esquemas mentales dinámicos y un pensamiento abierto y flexible desde los primeros años de escolaridad, por ello son exitosos. El ámbito escolar del país es muy diferente al de otros países; en general, las aulas están abarrotadas de estudiantes y, por tanto, no existe espacio ni tiempo para que el docente desarrolle el pensamiento y la creatividad de sus estudiantes, que solo es posible por acciones sistémicas y continuas que impulsen habilidades y capacidades de manera integral para comprender situaciones complejas en el entorno. Se requiere conciencia de que la matemática, contextualizada de manera creativa en el aula, es una fuente de energía para el desarrollo del pensamiento creativo, de la abstracción y la observación, entre otras muchas capacidades.

Y al tenerse la idea de que la creatividad requiere un pensamiento divergente, que se rompan esquemas lógicos y racionales, que se piense en innovación y novedad, que se planteen problemas y halle posibles soluciones por métodos no comunes; esto se considera no válido con la matemática, se insinúa que sería quitarle formalidad. Por ello quizás, en el aula de clases el docente no la impulsa, al contrario se entra en un formalismo en que muchos niños fracasan, le tienen pavor, se sienten frustrados para entender las concepciones, primero, porque deben seguir parámetros, que les genera sentimientos de inseguridad, dado que al hacerlo de otra forma, no se les permite. Entonces, decrece su motivación, y en ningún momento se hacen esfuerzos para mejorarla. Segundo, por el número de aprendices en el salón, el docente no les puede prestar la atención apropiada, así que no les enseña a aprender, a hallar errores y considerarlos punto de partida, lo que conduce a carecer de un método adecuado para estudiar. Es más

imprescindible la motivación del docente que la del alumno, porque el docente es un generador de emociones y dinámicas; un docente motivado impulsa a que los estudiantes se motiven más, a transmitir mejor el conocimiento, a aplicarlo de la mejor manera, a que el aula sea un espacio feliz.

Hoy día, en los procesos educativos se pueden incluir variadas herramientas para trabajar, aprender y aplicar; como teorías pedagógicas, psicológicas y filosóficas, además de ayudas que prestan las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en las que se encuentra material didáctico y software para realizar aplicaciones de los conceptos. Al tomar conciencia de su utilización en el aprendizaje, podría llegarse a una educación integral en la que el aprendiz desarrolla su creatividad, inteligencia y pensamiento, y ser una persona activa en el aula.

Para una sociedad creativa se debe iniciar por propiciar en el aula de clases espacios para el desarrollo del pensamiento, en especial estimulando al aprendiz desde los primeros años de vida escolar, buscando que se interese por ser más curioso, observador y reflexivo; además, ayudarle a aclarar las dudas, que se asombre ante los sucesos que ocurren y busque hallar soluciones a las diferentes situaciones de la mejor forma, como él desee.

Un docente que promueva la creatividad requiere mostrar distintas alternativas para transmitir los conocimientos, para hacer que los conceptos los vivencie el aprendiz en su entorno, que permita diferentes maneras de pensar, sentir y expresar, que pueda solucionar los ejercicios por los métodos deseados.

El artículo es reflexivo a pesar de ser motivado por un proceso investigativo; se expresan síntesis de los resultados, por tanto, para la contextualización global se presentan cuatro partes: (1) la creatividad y la matemática; (2) la creatividad en la educación; (3) metodología; y (4) resultados. Se plantean conclusiones como reflexiones adicionales, pues el proceso investigativo sigue.

## II. LA CREATIVIDAD Y LA MATEMÁTICA

La matemática es una ciencia formal y precisa, sus métodos se consideran predefinidos, es-



táticos y únicos, se formó a partir de axiomas; es fundamental para el desarrollo de muchas disciplinas, y mediante combinaciones, aunque sean pocas, amplía las capacidades de pensamiento. Inventar es discernir, es elegir. Los elementos matemáticos están dispuestos de forma que generan belleza, conduce a que una adecuada combinación satisface necesidades estéticas y es ayuda para el espíritu según la elección que se realice. Puesto que se acepta que en la matemática todo está bien estructurado, que no tiene cambios con el tiempo, el amor a la matemática debería ser grande, porque es bella y produce sensibilidad especial; desde los primeros años escolares debería el docente inculcar ese amor [1].

La creatividad sorprende, y con la matemática la sorpresa es mayor pues ayuda a esa iluminación súbita después de un arduo trabajo consciente para producir algún 'objeto', quizá novedoso, en busca de dejar huellas en donde se cree es menos evidente [2]. A menudo, para entender varios conceptos de la matemática, al igual que de la creatividad, no es posible en los primeros momentos del trabajo; se requiere reposo, que actué el inconsciente y al volver a trabajar, surgen facilidades para que las ideas fluyan. Podría trabajarse mucho y no hallar nada. La idea original surge en la mente [3], el concepto matemático requiere de interacción con otros y con el entorno concebirse lo mejor posible. Entonces, es similar al proceso creativo.

La educación en matemática debe ser creativa, y hoy día, ante la inclusión de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), con desarrollo de didácticas especiales para su enseñanza, se debería buscar que el rendimiento de los estudiantes en las asignaturas referentes mejore, aunque existe un amplio rechazo hacia ella [4]. En las pruebas PISA[2], Mensa, Saber, etc., se percibe que los estudiantes tienen bastantes deficiencias en matemática, aunque también en lectoescritura. Quizá porque el proceso de enseñanza sigue transmitiendo un contenido sin aplicación al entorno, sin una estrategia creativa que motive a los estudiantes, por lo que es fundamental promover la enseñanza creativa de la matemática [5].

La creatividad es energía importante para el pensamiento, conduciéndolo a realizar o ejecutar acciones fuera de lo común. La matemática se pue-

de aplicar en diferentes disciplinas para concebir situaciones en ellas. La creatividad es una capacidad o característica que lleva a producir ideas nuevas y originales, es una habilidad para ver detalles ocultos. El concepto de creatividad es bastante amplio y complejo, abarca varias dimensiones al igual diversos aspectos, por tanto, existen distintas maneras de concebir la creatividad: como una creatividad social y una creatividad personal [6]. Torrance indica que existen distintos niveles de manifestación de la creatividad: emergente, expresiva, inventiva, innovadora, productiva; igualmente se puede afirmar que son variados los niveles en la matemática; en básica secundaria sólo se conocen aspectos básicos [7].

En la bibliografía se halla que la creatividad puede concebirse como proceso, persona, producto y ambiente [8][9][10]. Estos elementos deben interrelacionarse en un continuo proceso durante diferentes actividades del diario vivir, en todos los ámbitos. En otras palabras, se requiere de un ambiente especial para que la persona realice un proceso acorde con miras a generar un producto creativo [11], resultando a la vez que la persona y proceso como el ambiente son creativos; para la matemática debe existir un ambiente que motive.

La matemática, una de las primeras ciencias, es amplia, posee diferentes ramas: aritmética, álgebra, geometría, cálculo, análisis, y para la concepción de los diferentes conceptos se requiere de interacción de otros, desde los más simples a los más complejos [12], además, motivación intrínseca, que puede perderse en los primeros años escolares por malas didácticas; es decir, el docente se encarga de infundir obstáculos, fundamentalmente porque la estrategia es la memorizar, que en primeros años están las tablas de multiplicar, sin incluirles historia de grandes matemáticos.

La creatividad se considera un fenómeno que se genera y alimenta por ambientes favorables y estimulantes para el desarrollo de las características y capacidades de las personas [9][13][14][15][16]. Entonces, nada mejor que el aula para realizar procesos educativos donde se impulse el desarrollo social y humano de la persona; pues no se debe considerar que la creatividad solo es de personas con talento; es decir, no se debe presentar como algo misterioso, como un don o una característica de unas personas excepcionales. Todas las personas

pueden ser creativas; todas las personas pueden ser magníficas para la matemática.

Boden [17], Csikzentmihalyi [18], De la Torre [19], González [20], Martínez [16], Mitjans [9], Puente [21], Romo [22], Sternberg y Lubart [23] y otros determinan que la creatividad conduce a mejorar el proceso de pensamiento y otras capacidades cognitivas; aunque para ello es necesario emplear diferentes técnicas y métodos que ayudan al entrenamiento del pensamiento, aunque debe ser un proceso continuo.

Por ejemplo, Sternberg (citado por Puente) afirma que para diferentes tareas se requiere creatividad; esto incluye las que involucran la matemática [21]. Sin embargo, para los procesos cognitivos se requieren componentes metacognitivos y de autorregulación, en particular en lo emocional y motivacional. La matemática ayuda a estructurar los procesos cognitivos, siempre y cuando no se trate de solo memorizar [24].

Boden, indica que la creatividad representa un aspecto de la inteligencia e involucra otras capacidades cognitivas, de un amplio conocimiento y del desarrollo de varias habilidades: observar, curiosar, recordar y cuestionar [17]. Se considera que igualmente para desarrollo de ciertos procesos en la matemática, además, de estas características, se requiere de creatividad.

Para Perkins (citado por Boden), la creatividad se basa en capacidades como la percepción, la memoria y la intuición de pensar cosas interesantes, hacer analogías y diferentes combinaciones [17]. Para la creatividad se requiere experticia, persistencia y esfuerzo durante un tiempo considerable; de manera similar para la matemática, en especial a no llevarse a cabo rutinas.

Sin embargo, Boden propone, entre otras cosas, la creatividad requiere de: (1) buen conocimiento; (2) métodos que lleven a una variedad de heurísticas (modos de pensar, hacer o actuar que tienen flexibilidad y permiten hallar distintas soluciones); (3) la toma de conciencia y de habilidades metacognitivas para explorar diferentes alternativas, con el fin de darse cuenta cuándo hay bloqueos; (4) tiempo necesario y un esfuerzo enorme para establecer la estructura mental que la potencie; no hay duda que para la matemática también [17].

Romo define la creatividad como: «La forma de pensar que lleva implícita siempre una querencia por algo, sea la música, la poesía o las matemáticas, a partir de motivación intrínseca, la perseverancia ante el fracaso, la independencia de juicio y hasta el desprecio a las glorias de haber hallado algo» [22].

Igualmente, la matemática, en sus diferentes aplicaciones se halla la música, la modelización de sistemas mediante diferentes tipos de ecuaciones, algunas polinómicas y otras diferenciales, con lo cual se puede concebir cómo y cuál es el comportamiento que se presenta, en especial, bajo la modificación de ciertos parámetros, para la cual se requiere de buena creatividad a fin de percibir más allá de lo que se observa.

### III. LA CREATIVIDAD EN LA EDUCACIÓN[3]

La escuela tradicional considera al aprendiz un ente que debe “aprehender” ciertas teorías para ser parte productiva en la sociedad. Hoy día, la globalización, de manera implícita determina que la educación no debe ser rutina, sino que debe darle a la persona la opción a que descubra, razone, critique e innove. Y esto porque exige mayor competitividad; por tanto, para sobresalir una persona ante los demás, debe mejorar sus capacidades [12]. La competitividad obliga, día tras día, a ser más eficiente, realizar mayor esfuerzo, reflexionar sobre diferentes cuestiones para evitar el fracaso en cualquier ámbito, aceptar distintos retos, abordar distintos problemas y generar soluciones creativas. Esto no es posible en todas las personas, pues hay las que tienen facilidad para una u otra acción mental, por ejemplo, gestionar conocimiento; otras tienen dificultades para aplicar sus capacidades, a pesar de hallarse en el mismo contexto; a algunas, se les dificulta la matemática, eso se cree, lo que le reduce su capacidad de abstracción, razonamiento, observación; además, por la falta de motivación hacia ella debe escoger carreras que no tengan en su pensum mucha matemática.

La globalización es un hecho en cada país; por tanto, ante las nuevas demandas debe surgir un nuevo modelo de educación en que la creatividad sea la base para construcción de las capacidades. Luego el docente debe ser creativo, que mire cuáles son las necesidades de esa sociedad compleja y

comprenda los problemas imprevistos hallándoles soluciones creativas; además, la matemática sea incluyente, no discrimine, ya que con ella se mejoran los procesos de pensamiento.

Al potenciarse la capacidad creativa en el aula, surgirán cambios, nuevas orientaciones, nuevos objetivos, y como esto debe ser a través de diferentes etapas, en cada una deben surgir nuevos componentes: contenidos más novedosos, estrategias mediadoras, ambientes para la reflexión y la crítica, dinámicas que lleven a construir diferentes interacciones, proceso de evaluación que considere lo que se es y se sabe hacer, distinto a obtener resultados prefijados [26].

Ante esto, es necesario formar al docente en creatividad con el fin de que él conceptúe qué metodología utilizar, cuál es su didáctica y estrategia y, sobre todo, establezca mejores actividades para el aprendizaje, la evaluación, ... La metodología que emplee es clave para desarrollar la creatividad, pues al emplear distintas estrategias y didácticas, se tiene la intención de ayudar a organizar lo que se adquiere, estableciendo diferentes relaciones para un pensamiento creativo, y con ello, desarrollo de habilidades cognitivas, destrezas y conocimientos.

Son varios los factores que inciden positiva y negativamente. Si el docente tiene mente creativa, cambia sus estrategias de manera continua, pues no sería un mero repetidor, reinventa formas de aprender la matemática, incorpora ejercicios extraños, deja huellas en el aprendiz, interacciona los conceptos de la matemática con el entorno y con otras asignaturas. Por ejemplo, en vez de entregarle a un aprendiz un ejercicio para que halle una solución, el aprendiz debe formularlo y luego plan-

tear una solución con un pensamiento abierto y flexible.

El docente debe partir de que toda persona tiene capacidad creativa, que no es una capacidad de pocos sino que está en cada uno, aunque en diferente grado; por tanto, el docente debe potenciarla mediante diferentes técnicas y métodos, en especial en su clase de matemática.

Educando de forma creativa, el docente puede conducir a diferentes cambios, a construir una sociedad que tenga iniciativa, visión futurista, y que pueda afrontar los retos que se presentan con miras a generar innovación [11]. Desarrollar la creatividad en los procesos educativos es de gran beneficio para cada aprendiz, además de que se construye un ambiente que propicia la reflexión y crítica. Y en cuanto a la matemática, le haya más gusto, mayor aplicación, la percibe más bella, por tanto, se reduce el rechazo y aumenta la facilidad para aprenderla.

La enseñanza en el aula debe impulsar el desarrollo, fomentar y estimular en los estudiantes ciertas capacidades y habilidades [27], a la vez que se creen condiciones necesarias para el desarrollo cognitivo, considerando, desde luego, que este se afianza con la práctica, el empleo de instrumentos y signos diferentes a los tradicionales.

La potenciación de la creatividad debe sustentarse en un proceso denominado creativo, y este lo han determinado varios investigadores Boden [17], González [20], Marín y De la Torre [28], Strom y Strom [29], quienes consideraron válidos los modelos que se emplean en los procesos creativos. Los tres de mayor referencia en la bibliografía se esbozan en la tabla I.

Tabla I. Posibles procesos creativos.

Dadamia (2001)[24]	Dewey, citado en Strom & Strom (2007)[29]	Wallas, citado en Marín & De la Torre (2003)[28]
1. Cognición	1. Formulación del problema.	1. Preparación (análisis del problema).
2. Concepción	2. Delimitación del problema.	2. Incubación (abandono del problema para su concepción).
3. Combustión	3. Posibles soluciones.	3. Iluminación (aparición de la solución).
4. Consumación	4. Análisis de las ideas.	4. Verificación de la solución.
5. Comunicación.	5. Prueba de la solución adecuada.	

El docente, facilitador del aprendizaje y potenciador de la capacidad creadora de sus estudiantes, en la escuela tradicional no lo hace, siendo que la realidad es otra y cada día son nuevas las demandas. Son pocos los docentes comprometidos con estimular la creatividad; en establecer estrategias nuevas, los que permiten que los estudiantes se salgan de parámetros, son pocos los que impulsan el pensamiento divergente, son pocos los que plantean ejercicios no comunes o problemas en el entorno. En general, el docente es trasmisor de temáticas, técnicas y métodos disciplinarios, que asigna variadas tareas y deberes, que muchas veces no tienen aplicación en el entorno y se hallan lejos de los intereses del aprendiz; lo que en lugar de generar motivación hacia la temática, más bien se convierte en aversión.

En esta sociedad del conocimiento, se requieren docentes creativos que estimulen la creatividad de sus estudiantes, construyan espacios para el aprendizaje significativo, que sean sensibles, flexibles, imaginativos, deseosos de no seguir por caminos recorridos, aceptar retos y emprender trabajos difíciles [26]. Sobre todo, como conducta habitual, experimentar, tomar riesgos, atreverse a cometer errores y dispuestos a reaprender de sus estudiantes.

Es claro que la educación debe cambiar, que la función del docente es ser agente estimulador a partir de las potencialidades del estudiante, en particular de la creatividad que es una capacidad innata, que requiere desarrollarse continuamente. Debe emplearse en la educación nuevas herramientas para la enseñanza-aprendizaje, nuevas estrategias didácticas y nuevos criterios para la evaluación.

Es decir, en este siglo XXI, en la sociedad del conocimiento, la educación debería preocuparse por construir ambientes educativos que propicien y fomenten la creatividad como parte integral del desarrollo humano, partiendo del hecho de que "Educar en la creatividad implica partir de la idea que esta no se enseña de manera directa, sino que se potencia" [13]. Mitjans afirma: "La creatividad tiene en su base una configuración compleja cuya expresión depende de múltiples y complejas interacciones del sujeto con el entorno" [9]. Teniendo en cuenta para ello que los ejercicios de índole formal, es decir, de la matemática: aritmética,

álgebra, geometría, cálculo, etc., pueden ser un medio para conducir al aprendiz a abstraer situaciones complejas; mucho mejor, con aplicación en el entorno o, por lo menos, se establezcan interrelaciones entre los conocimientos.

Betancourt afirma que los ambientes creativos constituyen un fenómeno psicosocial complejo que ayudan a que la persona se motive y ponga en acción diferentes habilidades y capacidades [13]. El ambiente tradicional en el aula puede ser cordial u hostil, frío o cálido, creativo o rígido, estático o dinámico; lo que puede fomentar o bloquear la creatividad. De la Torre afirma que la enseñanza creativa debe dirigirse al desarrollo de las habilidades cognitivas y metacognitivas [30]. Al propiciarse un pensar reflexivo y creativo en el aula de clases conduce a dominar y asimilar los contenidos transmitidos, a desarrollar distintas habilidades, entre las que están el observar, inferir, sintetizar, relacionar, interrogar, imaginar, etcétera. El proceso educativo debe llevar al estudiante a ser parte activa, indagadora y reflexiva en el aula y fuera de ella a fin que perciba aplicaciones en el entorno. Para potenciar la creatividad se requiere construir un ambiente con los componentes cognitivos, afectivos, intelectuales que ayudarían a generar ideas novedosas y de gran valor [31]. Una educación creativa lleva a la autorrealización, al reaprendizaje de conceptos y a rechazar actitudes inhibitorias, a tolerar la ambigüedad y la incertidumbre, a superar obstáculos, a desarrollar la confianza de sí mismo, a propiciar el trabajo en equipo, a romper las reglas establecidas y a desarrollar actitud responsable [32].

A pesar de que el currículo es estático, aunque debería ser flexible, se deben incluir diversas opciones pedagógicas y didácticas para tener en cuenta las múltiples capacidades de los estudiantes. El docente debe ser flexible, emplear variadas estrategias y posibilidades para hacer del currículo un medio cambiante e individualizado, de forma que exija la interrelación de conocimientos de las distintas asignaturas, en particular que los temas de la matemática se contextualicen en el entorno.

#### IV. METODOLOGÍA

El proceso seguido en la investigación fue observacional a las participaciones y acciones que

realizaban los estudiantes al buscar respuestas a ejercicios que podrían considerarse de matemática. El propósito se centró en determinar características creativas que poseen ellos; es decir, determinar el desarrollo del pensamiento creativo, si fuese posible. Se estableció un espacio en la clase de Teoría de Sistemas, denominado re-creativo; clase que tenía un horario de 6:15 p.m. a 9 p.m. Se observaba cambios, participación en clase, cuestionamientos que realizaban, los enfoques que consideraban y desde luego la novedad de las respuestas. Se tomó en consideración como muestra a 23 estudiantes inscritos en la asignatura, la cual corresponde al segundo semestre de Ingeniería de Sistemas.

El espacio-recreativo en la clase era de 7 p.m. a 7:30 p.m. En ese espacio los estudiantes hallarían respuesta a ejercicios planteados. La resolución o no de los ejercicios no influían en la nota de la asignatura. Se recomendó que en lo posible no emplearan borrador, esto con el fin de que el investigador, docente de la clase, pudiese determinar las falencias posibles en la contextualización del enunciado, o dificultades para abordar un proceso que condujera a hallar una solución. Ante las posibles falencias, se les indicó posibles causas y cuáles podrían ser las correcciones.

Todos los ejercicios, de índole formal, nueve sesiones durante un semestre, uno por sesión, en general no tenían una sola respuesta; además, no se tiene un método definido para hallar alguna posible respuesta. Eran formales, por la estructuración que debería hacerse en el pensamiento, aunque no corresponden a ninguna asignatura matemática en especial, pero todo ejercicio tiene varias respuestas y para llegar a alguna se necesita de establecer esquemas dinámicos con el propósito de que se enfoquen las mejores alternativas para lograr lo buscado [25].

## V. RESULTADOS

Varias son las inferencias que se extraen de las observaciones, donde algunas de las características creativas de los estudiantes son: abstracción, fluidez y capacidad de síntesis, aunque no se puede afirmar que sea algo general en todos; sin embargo, fueron más visibles en la medida que avanzó el proceso, sobre todo en las últimas tres sesiones.

Cada ejercicio, con carácter formal sin ser totalmente de índole matemático, conducía a planteamientos diferentes, esto con el fin de que no sigan una única línea; sin embargo, como cada clase es diferente dados los distintos comportamientos por factores tanto biológicos, psicológicos y sociológicos, por no nombrar otros, exige de cada docente adaptación a las nuevas situaciones que se presentan y, por tanto, tenga distinta disposición para establecer dinámicas y motivar a los estudiantes; pues de cierta forma, son diferentes los esquemas mentales que se estructuran en la formación, que pueden cambiar o no; además que en la universidad ya se consideran de un solo carácter en cada persona, pues no se puede considerar que lleguen a ser diferentes ya que los estudiantes provienen de diferentes instituciones educativas donde la formación les inculca ciertos parámetros de comportamiento en el aula de clases, son de distintos contextos sociales y también se puede percibir que por factores biológicos llegan a tener más o menos desarrolladas variadas capacidades naturales.

El pensamiento creativo de los estudiantes, del segundo semestre, aún sin afianzar, está latente, puesto que a medida que avanzó el semestre se motivaron a abordar los ejercicios planteados con mayor entereza. Hay que aclarar que de las nueve sesiones (9 ejercicios), solo hacia las últimas cuatro sesiones, el hallar una respuesta al ejercicio fue de cerca del 80 %, que en la última se llegó al 90 %, siendo que en las primeras clases solo fue del 20 % máximo. Es decir, el pensamiento creativo se desarrolló a medida que avanzó el semestre; además, que fueron gustando los ejercicios lógico-matemáticos, quizá porque no debían memorizar la aplicación de fórmulas o de métodos para lograr una respuesta, lo que condujo a que a medida que avanzaran las sesiones, mostraran cada vez mejores y diferentes ideas, como alternativas. A pesar de tratarse de ejercicios de tipo 'matemático', por lo menos incluían operaciones de aritmética, lo más necesario era la abstracción de los datos y condiciones del enunciado, que en la medida que avanzaba el semestre, los estudiantes contextualizaban con mayor facilidad los enunciados y, por tanto, ya no surgieron muchas preguntas sobre si faltaban datos o existía respuesta; hacían el esfuerzo por determinar nuevos enfoques.

Se puede inferir que la matemática es buena estrategia para el desarrollo del pensamiento

creativo; puesto que el 95 % de los estudiantes aprobó todas sus restantes asignaturas, incluso las correspondientes al área de matemáticas (cálculo diferencial o integral). Debe tenerse en cuenta que los ejercicios del espacio re-creativo no correspondieron nunca a alguna de las asignaturas de matemática que cursaban o habían cursado en su básica secundaria.

## VI. CONCLUSIONES

El trabajo de campo, observaciones en un espacio recreativo a cuáles son las formas para hallar solución a ejercicios lógicos/matemáticos, también exigía en la clase, responder a distintas preguntas que les surgía a los estudiantes; sin embargo, lo fundamental era determinar cómo abordaban los ejercicios y que respuestas novedosas u originales hallaban.

Se observó que el pensamiento creativo aumentó en su visión de las posibles soluciones. Se determinaron características de la creatividad, las cuales deben trabajarse continuamente y, así, fortalecer ese pensamiento para mayor fluidez y flexibilidad de pensamiento. La creatividad es algo natural de toda persona, pero debe potenciarse. Los procesos educativos son un gran espacio para desarrollar ese pensamiento abierto y flexible; para que se desarrollen capacidades y habilidades cognitivas, en particular con ejercicios matemáticos. Por tanto, la matemática sí ayuda a desarrollar el pensamiento creativo.

El desarrollo del pensamiento creativo requiere motivación y ejercicios matemáticos que no sigan la línea tradicional: una sola respuesta. Es necesario que las personas puedan considerar otros enfoques, que realicen búsquedas incansables para hallar la solución más adecuada; es decir, la instrucción matemática debería seguir líneas no tradicionales, es decir, dejar a un lado ejercicios repetitivos y sin aplicación al entorno; y aunque los empleados en esta investigación de manera directa no se aplicaron en el entorno, de manera indirecta llevó a que los estudiantes imaginaran, observaran, preguntaran y, desde luego, a que aprendieran de manera significativa. Por tanto, todos los docentes, en particular los del área de matemáticas, deben elaborar ejercicios en los cuales se aplique la lógica de cada persona y no aque-

lla que estipula el docente; esto fortalece la formación integral al desarrollarse diferentes habilidades y capacidades.

## RECOMENDACIONES

Varios puntos quedan inconclusos en el proceso investigativo: (1) a la par de la clase de Teoría de Sistemas, los estudiantes tienen otras asignaturas y en ellas el comportamiento de los docentes no ayuda a fortalecer el pensamiento creativo; (2) la abstracción de ejercicios (problemas) por los estudiantes es deficiente, en especial de índole matemático y, por tanto, se refleja el desinterés de ellos por esa área. Se considera necesario que, desde la educación básica primaria y secundaria, se motive a los aprendices, que se estimulen, que no les inhiban el desarrollo de capacidades latentes, buscando potenciar su pensamiento creativo, pensamiento sistémico, pensamiento complejo, pues en esa edad existe facilidad para darle mayor flexibilidad y fluidez para que generen ideas originales.

Es necesario establecer estrategias y didácticas que conduzcan a la interacción de los conceptos matemáticos con diferentes enfoques, que la matemática se emplee para el desarrollo de capacidades cognitivas, entre estas la creatividad; esto es planteando ejercicios y problemas que se relacionen con el entorno y con las demás asignaturas que cursan.

## REFERENCIAS

- [1] L. Dabdoub, *“La creatividad y el aprendizaje: Cómo lograr una enseñanza creativa”*. Limusa, México. 2009.
- [2] C. Núñez, *“Creatividad: El aura del futuro”*. Universidad de San Juan, Argentina. 2015.
- [3] C. A. Jiménez, *“Lúdica, cuerpo y creatividad: la nueva pedagogía para el siglo XXI”*. Cooperativa Editorial del Magisterio, Bogotá. 2001.
- [4] D. Bravo, *“Desarrollo de la creatividad en la escuela”*. 1a ed., CECC/SICA, no. 44, Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, San José, C.R. 2009.
- [5] F. Cuéllar y F. Chica, *“Ideas para construir un currículo creativo ambiental a partir de la acción comunicativa”*. Universidad de Santo Tomas, Bogotá. 2007.
- [6] É. Landau, *“El vivir creativo”*. Herber, Barcelona 1987.

- [7] P. Torrance, "Educación y capacidad creativa". Morova, Madrid. 1998.
- [8] F. Menchén, "La creatividad en el aula. Perspectiva teórico-práctica". En *Creatividad y Sociedad*, no. 12, septiembre. 2008.
- [9] A. Mitjans, "Cómo desarrollar la creatividad en la escuela". 3a reimp., Editorial de la Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. 2012.
- [10] P. Velasco, "Psicología y creatividad: una revisión histórica". Fondo Editorial de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 2007.
- [11] L. C. Torres, "Creatividad en el aula". Colección 150 años de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, UnEditorial, Bogotá. 2011.
- [12] O. Klimenko, La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. En: *Ediciones Universidad de La Sabana*, v.11, fasc.2. 2008. Disponible en: <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/740/1717>, [03/04/2017].
- [13] J. Betancourt, Condiciones necesarias para propiciar atmósferas creativas. En *Revista Psicología Científica*, 9 (27). 2007. Disponible en: <http://www.psicologiacientifica.com/atmosferas-creativas-propiciar/>, [25/05/2017].
- [14] F. Chibas, "Creatividad y cultura: Incógnitas y respuestas". Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba. 2001.
- [15] A. González, "Cómo propiciar la creatividad". Editorial Ciencias Sociales, La Habana, Cuba. 1994.
- [16] M. Martínez, "Calidad educacional. Actividad pedagógica y la creatividad". Editorial Academia, La Habana, Cuba. 1998.
- [17] M. Boden, "La mente creativa. Mitos y mecanismos". Gedisa, Barcelona. 1994.
- [18] M. Csikzentmihalyi, "Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención". Editorial Paidós, Barcelona. 1998.
- [19] S. De la Torre, "Dialogando con la creatividad. De la identificación a la creatividad paradójica". Octaedro Ediciones, España, Barcelona. 2003.
- [20] C. González, *Creatividad en el escenario educativo colombiano. Pedagogía y currículum*. 2007. Disponible en: <http://educacion.jalisco.gob.mx/consulta/educar/10/10carlos.html>, [20/03/2017]
- [21] A. Puente, "El cerebro creador. ¿Qué hacer para que el cerebro sea más eficaz?". Alianza Editorial, Madrid, España. 1999.
- [22] M. Romo, "Psicología de la creatividad". Paidós, Madrid, España. 1997.
- [23] R. Sternberg T. Lubart, "La creatividad en una cultura conformista. Un desafío a las masas". Paidós, Madrid, España. 1997.
- [24] O. Dadamia, "Educación y creatividad". Magisterio del Rio de la Plata, Argentina. 2001.
- [25] C. Maker y O. Muammar, "Development of Creativity: The Influence of Traditional and Non-traditional Pedagogy". En: *Learning and Individual Differences*, 18 (4): 402-417. 2008.
- [26] L. C. Torres, "Creatividad y complejidad en el aula. Estudio de las características creativas en docentes y estudiantes". Tesis de doctorado. Doctorado en pensamiento Complejo. Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, México D.F. 2017.
- [27] A. Orantes, *Apuntes de psicología de la instrucción. Un enfoque analítico*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, Caracas. 2003.
- [28] R. Marín y S. De La Torre, *Manual de la creatividad. Aplicaciones educativas*. 1a reimp., Ediciones Vicens Vives, Barcelona. 2003.
- [29] R. Strom y P. Strom, "Changing the Rules: Education for Creative Thinking". En: *The Journal of Creative Behavior*, vol. 36, no. 3, p.183-200. Creative Education Foundation. 2002.
- [30] S. De La Torre, *Creatividad aplicada. Recursos para una formación creativa*. Escuela Española, Madrid. 1995.
- [31] L. Gómez y J. C. Macedo, "El currículo creativo como alternativa de cambio en el sistema educativo". En *Investigación Educativa*, vol. 12, no. 22, p.29-37, julio-diciembre. 2008. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/inv\\_educativa/2008\\_n22/a03v12n22.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/inv_educativa/2008_n22/a03v12n22.pdf), [12/06/2017].
- [32] N. Larraz, *Desarrollo de las habilidades creativas y metacognitivas en la educación secundaria obligatoria*. Dykinson, Madrid. 2015.







<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# GENERACIÓN LLAVES DE CIFRADO A PARTIR DE PATRONES BIOMÉTRICOS HUMANOS (CASO ESTUDIO: FIRMA Y VOZ)

*The production of encryption keys stemming from human biometric patterns (case study: Signature and voice)*

MARÍA FERNANDA CUBIDES LOZANO<sup>1</sup>, JUAN DAVID PRIETO RODRÍGUEZ<sup>2</sup>, VIOLETA SUAREZ HURTADO<sup>3</sup>

*Recibido:03 de diciembre de 2017. Aceptado:28 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a38>

## RESUMEN

La Biometría es una disciplina de fuerte desarrollo y amplia influencia en las más diversas actividades humanas; como tal las líneas de investigación teórica y aplicada se han multiplicado en los años recientes [1]. Gracias a la biometría se genera una mayor confiabilidad al momento de ingresar a un sitio o servicio por medio de esta autenticación, al implementar una llave de cifrado basado en patrones biométricos se busca preservar los principios básicos de la seguridad de la información. Este artículo presenta el desarrollo de llaves de cifrado a partir de patrones biométricos como lo son la firma y la voz, haciendo que las personas sean portadoras de las contraseñas sin que las conozcan.

**Palabras clave:** Biometría, Cifrado, MATLAB, contraseña, firma, voz, entropía.

## ABSTRACT

Biometrics is a discipline of strong development and wide influence in the most diverse human activities; as a result, the lines of theoretical and applied research have multiplied in the latest years [1]. Thanks to biometrics, when entering a site or service through this kind of authentication there is greater reliability. By implementing an encryption key based on biometric patterns, the goal is to preserve the basic principles of information security. This article presents the creation of encryption keys based on biometric patterns such as the signature and the voice, making people carry passwords without knowing them.

**Keywords:** Biometrics, Encryption, MATLAB, password, signature, voice, entropy.

## I. INTRODUCCIÓN

DEBIDO A que la sociedad cada día está conectada electrónicamente, se generan problemas de seguridad, en cuanto a transacciones bancarias, transacciones compra y compra, robo

de información, pérdida de privacidad, mal manejo de la información, falsificaciones entre otros, debido a esto se ha implementado el uso la biometría para la identificación en diversos sitios.

- 1 Estudiante de último semestre de Tecnología en Redes de computadores y Seguridad Informática de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, miembro del semillero de Investigación SERMOV y asistente de investigación del proyecto de Generación de llaves de cifrado a partir de patrones biométricos humanos que puedan ser implementadas en redes de datos que presten servicios sociales a la comunidad.
- 2 Miembro IEEE; Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones Universidad San Martín especialista en Seguridad Universidad Piloto, profesor de planta de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Líder del semillero SERMOV e investigador principal del proyecto de Investigación Generación de llaves de cifrado a partir de patrones biométricos humanos que puedan ser implementadas en redes de datos que preste servicios sociales a la comunidad. Correo electrónico: [juan.prieto@uniminuto.edu](mailto:juan.prieto@uniminuto.edu)
- 3 Miembro IEEE; Ingeniera en Sistemas Pontificia Universidad Javeriana, Aspirante Master en Computer Science University of Houston, profesora de planta de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Líder del grupo de estudio adscrito al semillero SERMOV. Correo electrónico: [visuarez@uniminuto.edu](mailto:visuarez@uniminuto.edu)

La cifra de delitos informáticos en el país va en aumento. Tanto que Colombia es actualmente, el tercer país en Latinoamérica donde más se cometen [2].

La delincuencia informática mundial tiene un costo de 114 mil millones de dólares anuales, se determinó que más de dos tercios de los adultos en línea (69%) han sido víctimas de la ciberdelincuencia alguna vez en la vida. Cada segundo, 14 adultos son víctimas de un crimen cibernético, lo que deja como resultado más de un millón de víctimas del cibercrimen todos los días [3].

La biometría dominara tanto los aspectos de la economía como nuestra vida diaria ya que el uso de está en cuanto a verificación de autenticidad es un gran avance para no ser blanco fácil de los ciberdelincuentes, que al momento de robar las contraseñas pueden acceder a todos los datos y realizar una suplantación para poder realizar compras, ventas, retiros entre otros hablando del ámbito financiero.

En cuanto al robo de contraseñas de redes sociales o correos electrónicos lo hacen con el fin de generar insultos, amenazas, acoso, chantaje, videos que ridiculizan, fotografías que desprestigian, con el objetivo de destruir su honor en acciones que afectan su intimidad [4].

## II. MARCO DE REFERENCIA

**Contraseña:** Cadena de caracteres alfanuméricos de longitud arbitraria, usada como herramienta básica de autenticación de identidad [5].

**Biometría:** Biometría es una ciencia que analiza las distancias y posiciones entre las partes del cuerpo para poder identificar o clasificar a las personas. La palabra biometría deriva del griego **bios** (que quiere decir vida) y **metría** (que quiere decir medida). Los rasgos biométricos son medidas extraídas del cuerpo humano vivo. Y, además, todos los rasgos biométricos son una combinación de anatomía y de comportamiento [6].

Para ser utilizadas como elementos de identificación deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a. *Universalidad:* Todas las personas tienen o presentan una característica.
- b. *Singularidad:* Dos personas cualesquiera son distinguibles una de la otra en base de sus características.
- c. *Estabilidad:* La característica tiene que ser lo suficientemente estable a lo largo del tiempo y en condiciones ambientales diversas.
- d. *Cuantificable:* La característica tiene que ser medible cuantitativamente.
- e. *Aceptabilidad:* El nivel de aceptación de la característica por parte de las personas debe ser suficiente como para ser considerada parte del sistema de identificación biométrico.
- f. *Rendimiento:* El nivel de exactitud requerido debe ser elevado para que la característica sea aceptable.
- g. *Usurpación:* Permite establecer el nivel al que el sistema es capaz de resistir a técnicas fraudulentas.

En función de las características se dividen en dos áreas:

- *Biometría Estática:* Es el estudio de las características físicas del ser humano. Por ejemplo la huella dactilar, características de la cara, iris, retina, ojo, etc [7].
- *Biometría dinámica:* Estudia las características de la conducta del ser humano. Por ejemplo firma, tecleo, gestos, voz, movimientos corporales [7].

**Biometría voz:** Los sistemas de reconocimiento del locutor tienen por objeto discriminar locutores a partir de características diferenciadoras obtenidas mediante el análisis y el tratamiento de la señal de voz. El estudio de los mecanismos de producción de ésta se incluye dentro de disciplinas tales como la acústica de cavidades, la anatomía humana, la física de los fluidos o la propagación de las ondas acústicas [8].

**Biometría Firma:** La firma manuscrita es el medio más cotidiano que se usa para la verificación de la identidad de una persona, ya sea para indicar la autoría de un documento por una persona en particular, o para la certificación de la conformidad de una persona en cualquier tipo de transacción. Por ello, a la firma se le considera como una característica biométrica confiable para la identificación de una persona o para la verificación de su personalidad; sin embargo, la frecuencia de los intentos de falsificación de la firma en la actualidad es relativamente grande.

**Cifrado por bloques:** La información a cifrar se divide en bloques de longitud fija (8,16,... bytes) y luego se aplica el algoritmo de cifrado a cada bloque utilizando una clave secreta. Ejemplos: DES, AES.

Existen distintos modos de operación dependiendo de cómo se mezcla la clave con la información a cifrar:

- *Modo ECB (Electronic Codebook):* El texto se divide en bloques y cada bloque es cifrado en forma independiente utilizando la clave. Tiene la desventaja que puede revelar patrones en los datos.
- *Modo CBC (CBC):* El texto se divide en bloques y cada bloque es mezclado con la cifra del bloque previo, luego es cifrado utilizando la clave.
- *Modos CFB (Cipher FeedBack) y OFB (Output FeedBack) [9].*

### III. METODOLOGÍA

El algoritmo general está compuesto por la implementación de otros, para realizar el procesamiento digital de la firma, extracción de la voz y generación llave de cifrado a partir de patrones biométricos de la voz y la firma. Ver Fig. 1.

#### A. Digitalización de la imagen

Por medio de Scanner es posible realizar la digitalización de las firmas, seguido de esto se cargan las imágenes a MATLAB. Ver Fig. 2.

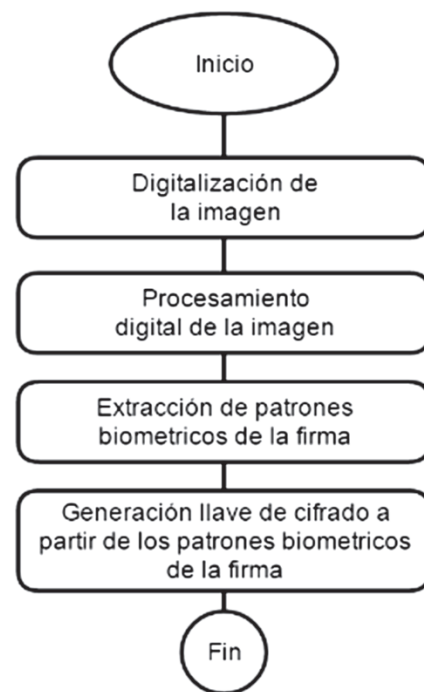


Fig. 1. Algoritmo general propuesto para la firma.



Fig. 2. Firma digitalizada y cargada en MATLAB.

#### B. Procesamiento Digital de la Imagen

Para la extracción de patrones biométricos se usó la función RGB2Gray y Binarización para minimizar el ruido propio de la imagen como se muestra en la Fig. 3. Para la generación de llave, se usa el resultado de la Binarización de la imagen para obtener debidamente los patrones biométricos.

#### C. Extracción de Patrones Biométricos

La imagen resultante después de binarizar es una matriz binaria donde negro es la representación de un cero lógico y blanco por un uno.



Fig. 3. Firma Binarizada.

Por lo tanto se extrae la posición de que un 1 ocupa en la matriz, almacenando en dos vectores  $i, j$  para usar en la llave de cifrado.

#### D. Extracción Muestras aleatorias

Por medio de la función Randi de MATLAB se extraen 16 valores aleatorios en cada vector  $i, j$  para así poder generar la llave de cifrado de 128 bits.

#### E. Generación llave de cifrado a partir de patrones biométricos

Se realiza una operación lógica "OR" con los 16 valores aleatorios de cada vector generado por medio de la función Randi de MATLAB. Ver Fig. 4.

##### 1. Grabación de voz

Por medio del software MATLAB es posible grabar voz con el fin de extraer los patrones biométricos para generar la llave de cifrado. Ver Fig. 5.

##### 2. Transformada de Fourier

$$g(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-i\xi x} dx \quad (1)$$

Por medio de MATLAB la transformada de Fourier de  $x(n)$  Ecuación 1. se calcula con el comando `fft(x)` gracias a esa transformada es posible extraer los patrones biométricos para generar la llave de cifrado. Ver Fig. 6.

##### 3. Extracción patrones biométricos

Gracias a la transformada de Fourier se pueden extraer los 16 valores puntuales ya que

detecta cada minucia de la grabación de voz para poder generar la llave de cifrado.

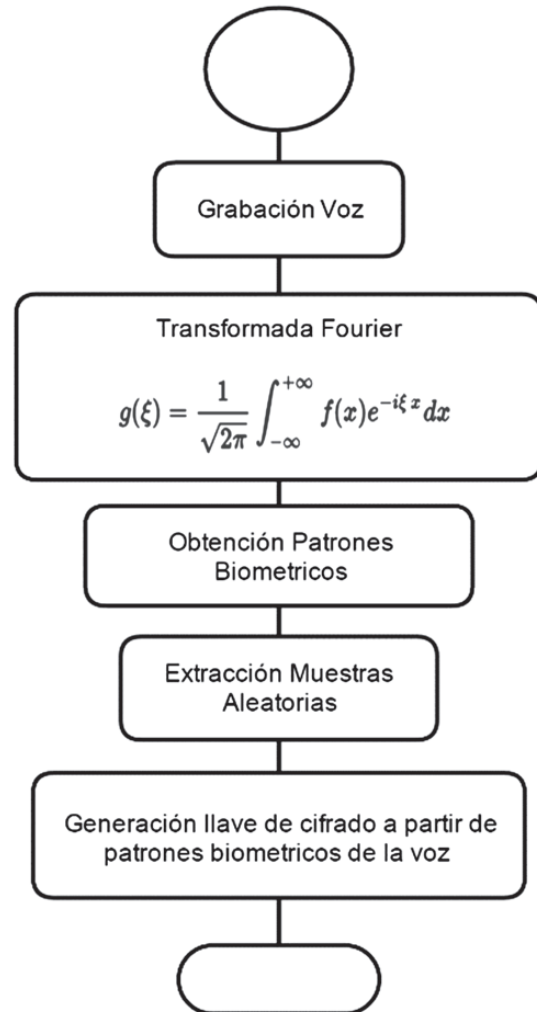


Fig. 4. Algoritmo general propuesto para la voz.

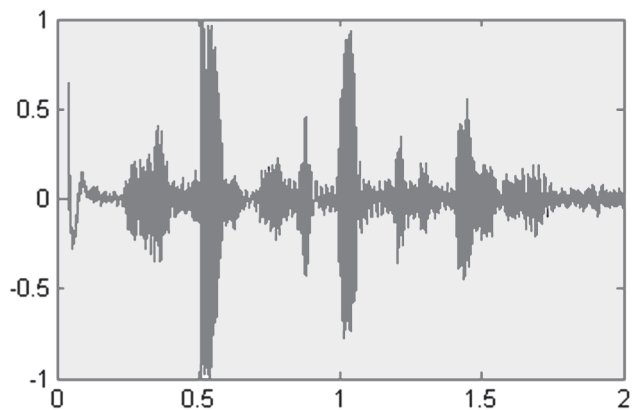


Fig. 5. Grabación de voz.

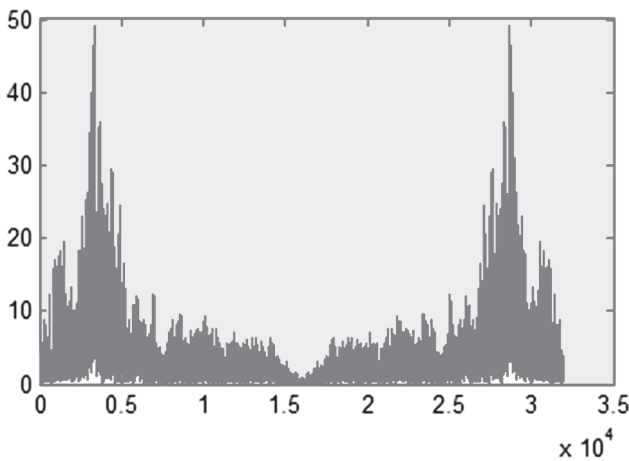


Fig. 6. Valor absoluto de la grabación de voz transformada.

#### 4. Extracción muestras aleatorias

Por medio de la función Randi de MATLAB se extraen 16 valores aleatorios del vector  $z$  que se generó de la transformada de Fourier, para así poder generar la llave parcial.

#### 5. Generación llave de cifrado a partir de patrones biométricos

Se generó el vector  $z$ , el cual se almacena ya que es la llave parcial y será utilizado más adelante para la generación de llave de cifrado de 128 bits.

A continuación se muestra el algoritmo propuesto de manera completa en la fig. 7.

#### 6. Extracción Muestras Aleatorias

##### *Función Randi MATLAB:*

$X = \text{randi}(\text{imax})$  devuelve un número entero pseudoaleatorio escalar entre 1 y imax [10].

Gracias a la función Randi de MATLAB descrita anteriormente se extraen los 3 vectores cada uno con 16 números aleatorios para poder generar la llave de 128 bits.

#### 7. Concatenación vectores patrones biométricos firma y voz

Se realiza una operación lógica "OR" con los 16 valores resultantes de la llave de cifrado de la firma y los 16 valores de la llave parcial de la voz.

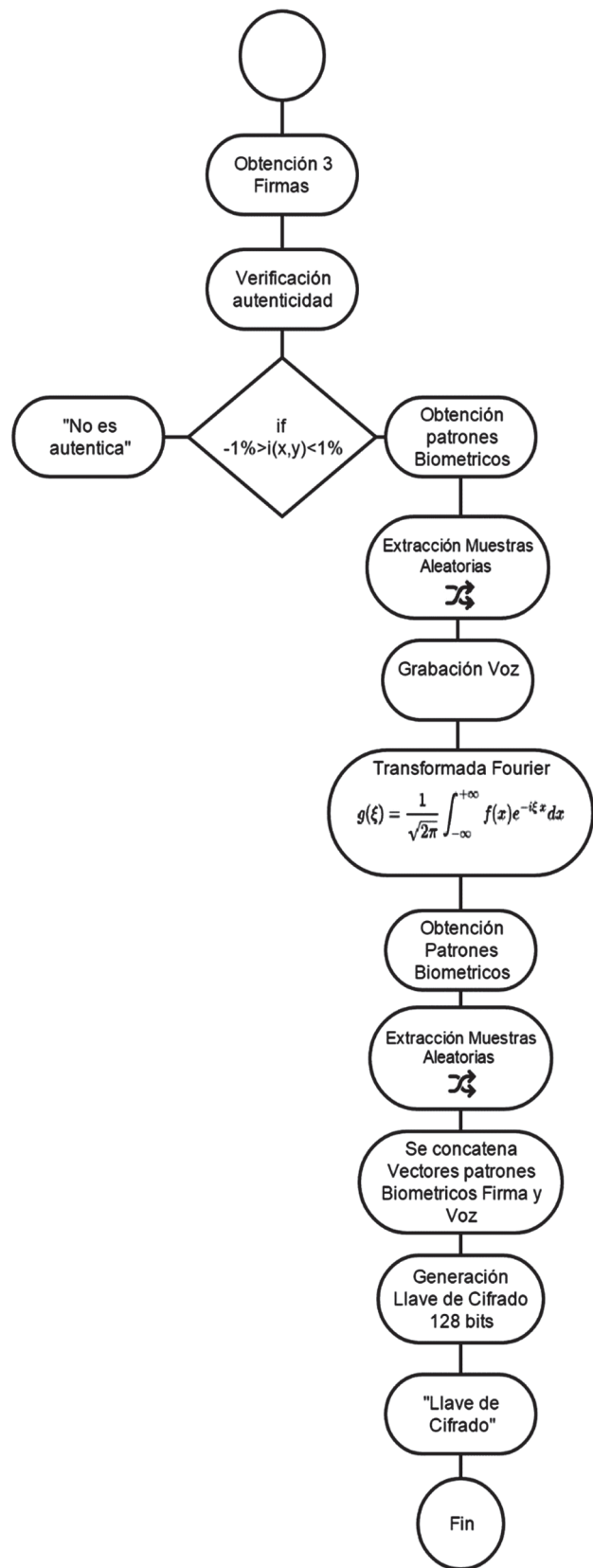


Fig. 7. Algoritmo propuesto generación llave de cifrado.

### 8. Generación llave de cifrado de 128 bits

Se tomaron 16 valores aleatorios de cada vector y se realizó las operaciones lógicas OR para generar la llave de cifrado ya que a esto equivale la clave de 128 bits.

16 bytes pueden representar 16 caracteres de nuestro abecedario u otros símbolos según la codificación (UTF, Base64, etc) que se use [11].

Una clave de 128 bits tiene:

340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768. 211.456 posibles combinaciones. Son más de 340 millones de mil millones de mil millones de mil millones de combinaciones [11]. Ver Fig. 8.

## IV. CARACTERÍSTICAS DE LA LLAVE DE CIFRADO

El algoritmo planteado en este proyecto de investigación busca ofrecer una solución a los problemas de seguridad que tiene una llave de cifrado, haciendo que una persona sea la portadora de su llave sin que la conozca propiamente.

Una vez binarizadas las imágenes es posible realizar la comparación entre las 3 firmas y así se verifica la autenticidad que tiene un porcentaje de error de solo el 1%, en cuanto a la voz es posible tomar cada minucia gracias a la transformada de Fourier.

A continuación se muestran las gráficas de 3 pruebas de llave de cifrado, en la figura 9, 10 y 11.

## V. CONCLUSIONES

La seguridad en los métodos de identificación de todas las personas se ha convertido en una prioridad en la sociedad en que vivimos, a partir de patrones biométricos es posible diseñar o implementar una llave de cifrado de 128 bits para poder preservar los principios básicos de la seguridad de la información.

La biometría es una herramienta fuerte para la verificación y autenticación de personas a partir de sus rasgos entre los que se pueden citar, la firma, la voz, la huella, el iris, etc, ya sea para transacciones, entrada a diferentes zonas, entre otros.

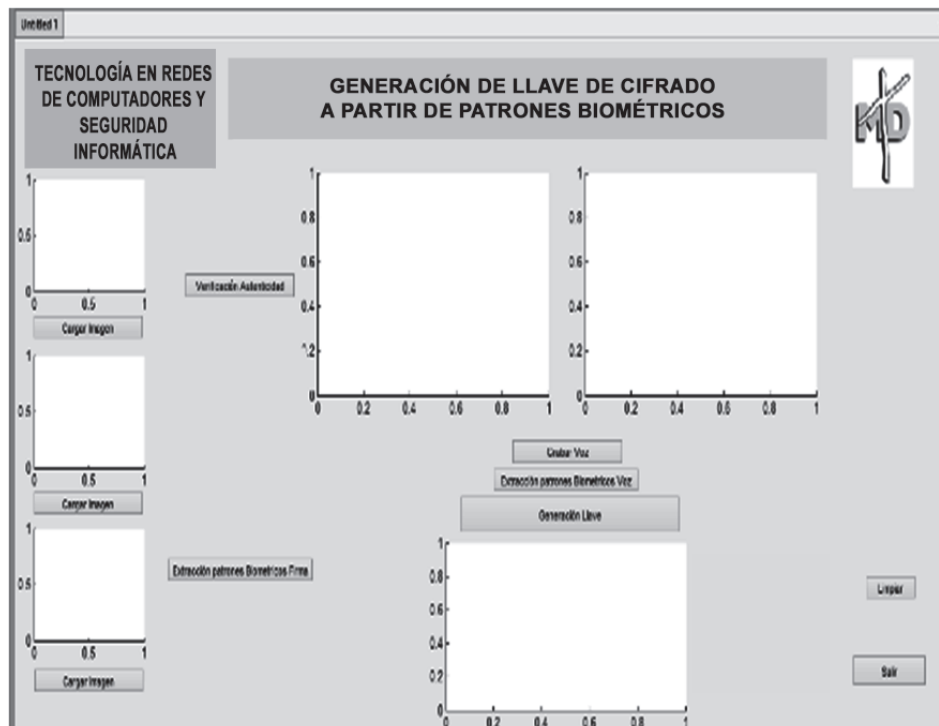


Fig. 8. Interfaz gráfica Generador de llaves de cifrado.

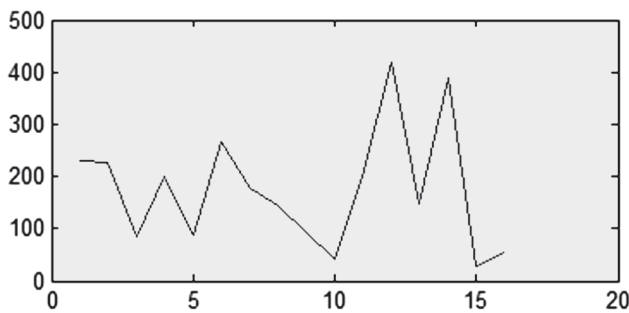


Fig. 9. Llave de cifrado muestra 1.

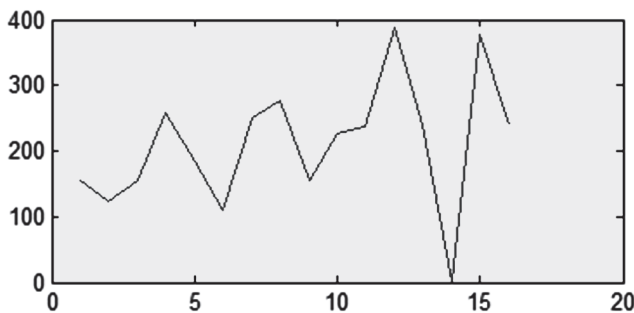


Fig. 10. Llave de cifrado muestra 2.

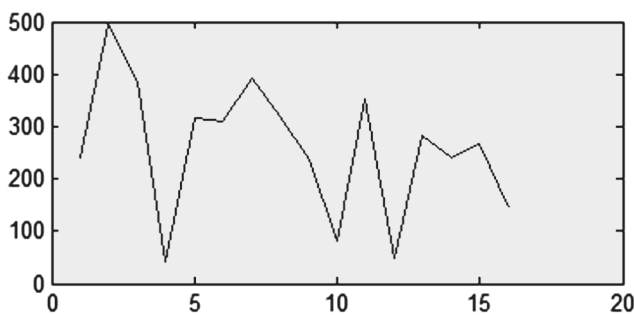


Fig. 11. Llave de cifrado muestra 3.

La firma es una de las técnicas de biometría más utilizada para verificar la autenticidad de la persona, en este proyecto se implementó una comparación entre las mismas, teniendo solo un 1% de error, para garantizar el principio de autenticidad.

La transformada de Fourier es de gran importancia al momento de obtener los patrones biométricos de la voz ya que se toma cada minucia de la grabación de voz y de estas minucias se tomaron los valores absolutos.

Se genera una llave de cifrado de 128 bits equivalente a 16 bytes ya que tiene 340.282.366.920.

938.463.463.374.607.431.768.211.456 posibles combinaciones y es más difícil de romper el algoritmo criptográfico a través de un ataque de fuerza bruta para probar todas las claves posibles; no se usó una clave de 256 bits ya que por razones de velocidad en cuanto más larga la clave más tarda en decodificar y el principal objetivo de la criptografía es proteger información con claves simples, pero que sigan siendo seguras.

## VI. REFERENCIAS

- [1] S. F. Juárez y M. M. Ojeda, "Bios metria". Universidad Veracruzana. Boca del Rio, Veracruz, México. 2009.
- [2] Colprensa y Redacción de El País. En Colombia las cifras de delitos informáticos van en aumento. El País. (31 de Diciembre de 2012).
- [3] M. B. Miguez, "Ciberdelincuencia un mal que afecta a la sociedad actual". 2014.
- [4] L. López & L. Antonio, "El Cyberbullying en estudiantes del nivel medio superior en México". In Documento presentado en X Congreso Nacional De Investigación Educativa. México: Area (Vol. 17). 2008.
- [5] A. Martínez-Ballesté, A. Solanas & J. Castellá-Roca (s.f.). Docplayer.es. Obtenido de <http://docplayer.es/5454649-Identificacion-autenticacion-y-control-de-acceso.html>
- [6] F. Serratosa, "La biometría para la identificación de las personas". Universitat Oberta de Catalunya, 8-20. 2008.
- [7] J. C. L. Pró Concepción, "Tecnologías Biométricas aplicadas a la seguridad en las organizaciones". Revista de investigación de Sistemas e informatica. 2009.
- [8] D. Suárez & E. C. Herrera, "La firma como un método biométrico de identificación". Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Computación. 2008.
- [9] A. Pousa, "Algoritmo de cifrado simétrico AES" (Doctoral dissertation, Facultad de Informática). 2011.
- [10] MathWorks. (s.f.). Randi. Obtenido de <https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/randi.html>
- [11] A. Preukschat, ¿Qué significa un bit, tamaño y longitud en una clave criptográfica? (IX). 20 de Enero de 2014). Obtenido de <https://www.oroynfinanzas.com/2014/01/que-significa-bit-tamano-longitud-clave-criptografica/>







<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# PROMETEO<sup>1</sup>

## SISTEMA AUTÓNOMO PARA EL MANEJO DE UNA TORRE VERTICAL DE PARQUEADEROS

### *Autonomous system for the handling of vertical tower in parking lots*

CRISTIAN EDUARDO PUERCHAMBUD LADINO<sup>2</sup>, JUAN DAVID HENAO ARIZA<sup>3</sup>

*Recibido: 27 de noviembre de 2017. Aceptado: 12 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a39>

#### RESUMEN

Se desarrolló un modelo para dar solución a una problemática de la vida cotidiana: el control y manejo de un parqueadero. Servicio que se ha caracterizado en algunos casos como deficiente y que no cuenta con las características tales como: seguridad, comodidad y rapidez, para hacer de este servicio el mejor. Siendo dichas características nuestros objetivos a seguir, se optó por la idea de una torre vertical de parqueaderos, que mediante la aplicación de conocimientos básicos de la electrónica y la programación orientada a objetos se automatizarán los diferentes procesos que toman lugar usualmente en un parqueadero, y que estos sean totalmente autónomos. La operatividad armónica de los componentes electrónicos a usar y la comunicación entre estos con un software de control recae sobre Arduino UNO, el cual se encarga de controlar y procesar la información recibida desde el software de control, todo esto para mejorar la calidad del servicio y de vida de los seres humanos que hacen parte de la vida urbana.

**Palabras clave:** parqueadero, automatización, autónomo, electrónica, programación, Arduino.

#### ABSTRACT

A model was developed to solve a problem of daily life: the control and management of a parking lot. A service that has been characterized in some cases as the poor and that does not have the characteristics of stories such as: safety, comfort and efficiency, to make this service the best. These characteristics being our objectives to be followed, we opted for the idea of a vertical parking tower, which through the application of basic knowledge of electronics and object-oriented programming will automate the different processes that usually take place in a parking lot, and that these are totally autonomous. The harmonic operation of the electronic components to be used and the communication between them with a control software falls on Arduino UNO, which is in charge of controlling and the information received from the control software, all this to improve the quality of service and life of the human beings that are part of urban life.

**Keywords:** parking lot, automation, autonomous, electronics, programming, Arduino.

## INTRODUCCIÓN

EL PRESENTE trabajo surgió en el marco del desarrollo de un proyecto final para la asignatura de Programación Orientada a Objetos de cuarto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana; parte de la

resolución de un problema real: el control y el manejo de un parqueadero de forma eficiente, mediante herramientas que nos brinda el campo de la electrónica y la programación.

Para resolver el problema, se diseñó un modelo para la automatización de los diferentes

- 
- 1 Resultados del proyecto final de la asignatura Programación Orientada a Objetos, orientada por el Docente investigador Jose Alejandro Franco Calderón del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Bogotá D.C.
  - 2 Cristian Eduardo Puerchambud Ladino, estudiante de quinto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana, Bogotá D.C., Interés en la Inteligencia Artificial. (Correo electrónico: croxx343@gmail.com).
  - 3 Juan Heno, estudiante de quinto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana, Bogotá D.C. Correo electrónico: hyugaheno@hotmail.com

procesos que se tienen usualmente en un parqueadero y son eventualmente ejecutados por un operario o por un conductor. En ese sentido, la parte operativa, la hemos diseñado a partir del control de un Sistema motorizado y un Sistema de información.

La parte de mando del modelo fue diseñada en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de NetBeans bajo el lenguaje de programación JAVA, conjunto a una parte de mando desarrollada en Arduino dándole como resultado un sistema automatizado y autónomo. Por otro lado, se diseñó una base de datos para el almacenamiento de la información que los parqueaderos generan (placas de los vehículos, horas de ingreso y de salida, precio a pagar, etc.), lo cual permite un registro detallado de cada automóvil que utilizará el servicio, lo que podría ser consultado en cualquier momento por medio del software de control.

Al dar respuesta al problema identificado, no solo se pensó en la parte técnica, también se pensaron aspectos comerciales y por esta razón se ha diseñado un Logotipo de lo que puede ser el producto y servicio completo. Ver Fig. 1.



Fig. 1. Logotipo.

La Fig. 1 muestra el logo de Prometeo que contiene un poliedro en la parte superior, el cual está compuesto por varios pentágonos, cada cara o cada pentágono de este poliedro hace referencia como tal a las diferentes áreas de conocimiento que se abarcaron para el desarrollo del proyecto, entre las cuales se pueden recalcar: los diferentes tipos de programación, la electrónica (tanto digital como analógica), la física y la Ingeniería en su misma expresión, entre otras áreas de conocimien-

to. Estas áreas conforman el poliedro y este representa la idea culminada y totalmente realizada del proyecto.

El nombre Prometeo, hace alusión al titán de la mitología griega, fue principalmente caracterizado por ser amigo y protector del hombre, por el amor que tenía hacia la humanidad, lo que lo conllevó a robar y entregar el fuego de los dioses a los hombres, por lo que se ganó la adulación de la humanidad. Dicho fuego fue una herramienta para la evolución de la humanidad, lo cual fue el mismo propósito para el desarrollo de este proyecto, que, por medio de la creación de un sistema autónomo y la automatización, se pudiera crear una herramienta dirigida totalmente para la sociedad, para mejorar la calidad de vida de las personas que fueran participes como usuarios de la herramienta que desarrollamos.

Se utilizó el color azul ya que evoca tranquilidad al observador, la tonalidad oscura del color azul añora lealtad y confianza. Dicho color es usado por compañías de alta fidelidad tecnológica.

## I. MARCO TEÓRICO

Actualmente existen diversas soluciones automatizadas para parqueaderos de diferentes topologías, así mismo existen diferentes tipos de control electrónico; hoy en día, se tiene comercialmente implementaciones microcontroladas, bajo sistemas SCADA, mediante FPGA, entre otros dispositivos electrónicos programables.

Existen diversas aplicaciones de control de motores tanto DC como AC para ascensores de carga [1], y este mismo principio se emplea en la aplicación de torres verticales para parqueaderos, bajo la misma idea de funcionamiento, se abordó la solución para implementar un sistema microcontrolado y una interfaz de usuario que permitiera la interacción con todo el sistema.

Desde los aspectos más básicos para la implementación, es importante definir cada elemento utilizado para poder llevar a cabo la materialización del prototipo funcional.

Los elementos utilizados desde la etapa electrónica fueron:

## A. Protoboard

La Protoboard es una herramienta cuya principal función es la prueba de circuitos electrónicos, la ventaja que maneja esta misma respecto a su función es que es sencillo armar dichos circuitos sin tener que realizarlos con soldaduras. Si el circuito que se está realizando para su respectiva prueba no funciona de manera correcta, se puede modificar para lograr el resultado que se quiere sin afectar los elementos que componen la Protoboard. Esta tiene gran variedad de orificios donde se insertan los terminales de los elementos que conforman el circuito [2]. Ver Fig. 2.



Fig. 2. Protoboard

## B. Cable para protoboard o Cable Punte

El cable puente o cable para protoboard es un cable con un conector en cada punta y los mismos son usados para prototipos de circuitos y se usa para conectar entre si los componentes en una placa de pruebas o protoboard. Los cables se fijan a los orificios previstos de la protoboard para conectar los terminales al circuito que se está desarrollando en la placa de pruebas, una de las grandes ventajas de estos cables que no tienen que ser soldados en los orificios donde cumplirán su función [3]. Ver Fig. 3.

## C. Circuito Integrado L293D

Este circuito se usa para controlar pequeños motores y actuadores de corriente directa, el cir-



Fig. 3. Cable puente

cuito se ve muy a menudo en robótica para lo mencionado anteriormente, controlar pequeños motores y actuadores de corriente directa. Este circuito incluye en su interior 4 drivers y la máxima corriente que puede soportar el L293D es de 4.5 volts a 36 volts. Las entradas que posee dicho circuito son compatibles con TTL y esto aborda una gran ventaja dado que pueden manejarse con la mayoría de microprocesadores y circuitos lógicos del mercado a disponibilidad [4]. Ver Fig. 4.

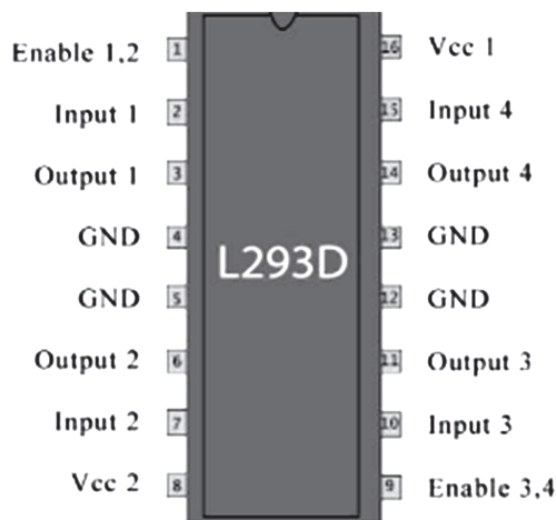


Fig. 4. Circuito Integrado L293D

La función principal de este circuito integrado es simplificar una función eléctrica encapsulándolo en uno sólo, es decir todo un circuito eléctrico en uno, que a pesar de su pequeño tamaño se puede controlar el giro de dos motores al mismo tiempo.

## D. Resistencia electrónica o Resistor

Componente electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito eléctrico[5]. Ver Fig. 5.



Fig. 5. Símbolo de la resistencia eléctrica en un circuito.

La función principal de la resistencia consiste en oponerse al paso de la corriente y así mismo, proteger los componentes electrónicos para así de esta manera lograr evitar daños.

### E. Cargador de 5 voltios (fuente de energía)

Para alimentar los componentes electrónicos implementados se usó un cargador de 5 voltios, en general los cargadores contienen un transformador que convierte la corriente alterna de la red eléctrica comercial de 110VAC, en una o varias tensiones continuas, usadas para alimentar circuitos electrónicos, el proceso de transformación está dado por 4 etapas [6] [7]:

1. Transformador: Proporciona una tensión alterna sinodal, disminuye la amplitud de la tensión alterna, mantiene la frecuencia y proporciona aislamiento galvánico.
2. Rectificador: Proporciona una señal pulsante, compuesta de una señal continua y rizada.
3. Filtro: Proporciona una señal continua, reduce el rizado de la tensión, aísla la componente alterna de la continua y asegura un comportamiento lineal.
4. Regulador: Mantiene un valor de tensión estable.

### F. Circuito electrónico

Un circuito eléctrico es un arreglo que permite el flujo completo de corriente eléctrica bajo la influencia de un voltaje. Un circuito eléctrico típicamente está compuesto por conductores y cables conectados a ciertos elementos de circuito como aparatos y resistencias. Si se conecta el polo positivo de una fuente eléctrica al polo negativo, se crea un circuito. Entonces la carga se convierte en ener-

gía eléctrica cuando los polos se conectan, permitiendo el flujo continuo de energía cinética [8]. Ver Fig. 6.

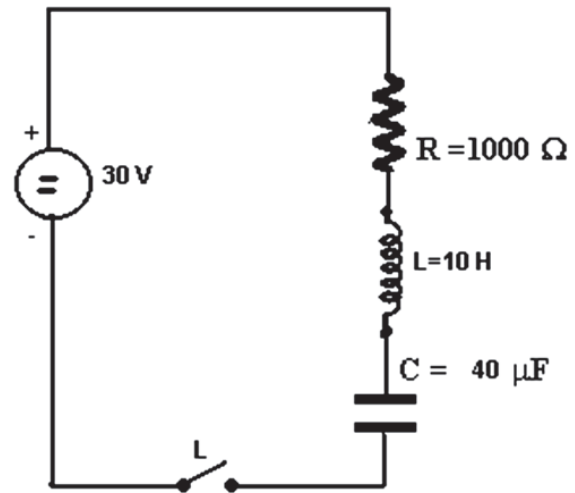


Fig. 6. Ejemplo Circuito Electrónico.

### G. LED (light-emitting diode)

Un diodo emisor de luz es una fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales. Se trata de un diodo de unión p-n, que emite luz cuando está activado [9].

### H. LED RGB

Componente electrónico cuya característica principal es tener dos o más colores según el número de conexiones que tenga a diferencia de un led común que posee solo uno, al variar la intensidad de corriente de cada led se producen diferentes colores. El voltaje de funcionamiento de cada uno de los colores es aproximadamente 2.1V para el color rojo y 3.3V para los colores verde y azul [10]. Ver Fig. 7.

### I. Corriente Continua

La corriente continua se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo. A diferencia de la corriente alterna, en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma direc-

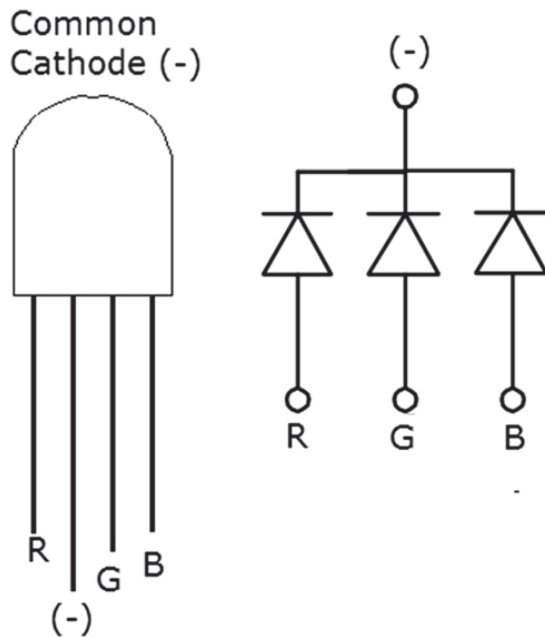


Fig. 7. Circuito y esquema del LED RGB.

ción. También se dice corriente continua cuando los electrones se mueven siempre en el mismo sentido, el flujo se denomina corriente continua y va (por convenio) del polo positivo al negativo [11]. Ver Fig. 8.



Fig. 8. Grafica Voltaje vs Tiempo Corriente Continua.

Los elementos utilizados desde la etapa mecánica fueron:

### J. Polea

Mecanismo para mover o levantar cosas pesadas que consiste en una rueda suspendida, que gira alrededor de un eje, con un canal o garganta en su

borde por donde se hace pasar una cuerda o cadena. Esta máquina simple se usa para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso u objeto [12]. Ver Fig. 9.

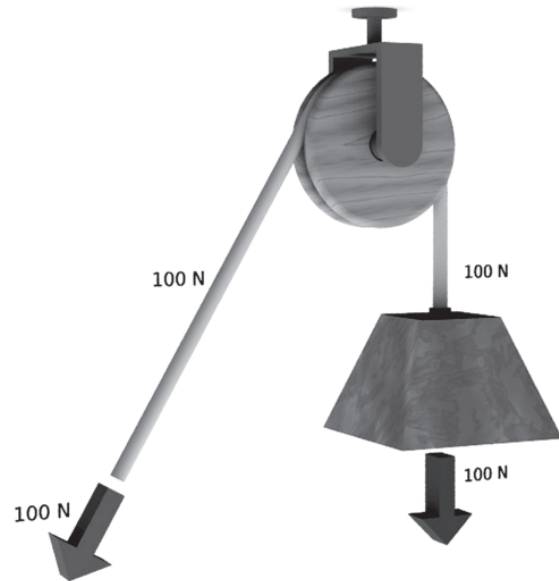


Fig. 9. Polea simple fija.

### K. Conversión movimiento circular a lineal

Para la conversión de movimiento circular a lineal se usan mecanismos que cumplan con la tarea anteriormente mencionada, en los mecanismos encargados de la transformación el movimiento que tiene el elemento de entrada será diferente del tipo de movimiento que va a tener el elemento al momento de la transformación, es decir, el tipo de movimiento se transforma en otro distinto, de ahí el nombre de mecanismo de transformación [13].

#### Piñón - Cremallera

Este mecanismo convierte el movimiento circular del piñón a movimiento lineal mediante una cremallera dentada. Este mecanismo es reversible, es decir, el movimiento rectilíneo de la cremallera se puede convertir en un movimiento circular por parte del piñón. En el primer caso, el piñón al girar y estar engranado a la cremallera, empuja a ésta, provocando su desplazamiento lineal. Este mecanismo de conversión de usa frecuentemente

para tareas de precisión, como lo son instrumentos ópticos, mecanismos de cerraduras, etc. [13]. Ver Fig. 10.

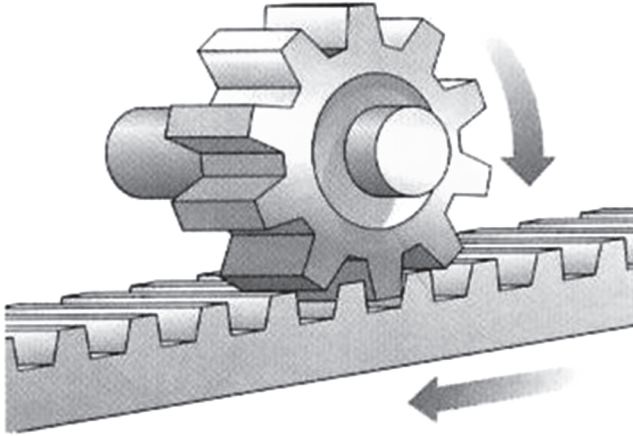


Fig. 10. Mecanismo de Piñón - Cremallera.

#### L. Motor DC (Corriente Continua)

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, esto genera un movimiento rotatorio gracias a un campo magnético. Este tipo de motor tiene dos partes, el estator quien da soporte mecánico y contiene los polos del mismo y el rotor que es generalmente de forma cilíndrica y es alimentado con corriente directa [14].

#### M. Motor Reductor

El motor reductor se compone básicamente de un motor y engranajes que proporcionan un torque mayor al que ofrece un motor de corriente continua, esto quiere decir, que con este motor se obtiene una mayor fuerza, lo que es ideal para trabajos que requieren el movimiento de objetos pesados o similares, aun así, tiene otras aplicaciones como combinar o cambiar las velocidades de giro, por ejemplo: [15] [16].

- Reloj.
- Cajas de cambios de un automóvil.
- Batidoras Industriales.

Los elementos utilizados desde la etapa de software fueron:

#### N. Arduino Genuino (software)

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles. Sus principales funciones es crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores, control de luces, motores y otros elementos electrónicos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language [17].

Arduino cumple la función de ser el puente entre los elementos electrónicos y el mundo virtual y de esta manera poder programar los dispositivos para que funcionen de la manera deseada.

#### O. NetBeans IDE (software)

NetBeans es un programa diseñado para el desarrollo integrado libre, dirigido principalmente para el lenguaje de programación Java. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. La plataforma NetBeans crece periódicamente gracias a los aportes de una comunidad que crece constantemente, implementando nuevas funcionalidades y facilidades para los usuarios que se dedican a programar y diseñar aplicaciones en la plataforma. El NetBeans IDE soporta el desarrollo de todos los tipos de aplicación Java (J2SE, web, EJB y aplicaciones móviles). Entre sus características se encuentra un sistema de proyectos basado en Ant, control de versiones y refactoring [18].

Mediante esta plataforma y con el lenguaje Java orientado a objetos se pretende comunicar Arduino; tanto el software como el dispositivo, y demás elementos electrónicos usados para el desarrollo del proyecto en una interfaz gráfica debidamente programada para su completo funcionamiento.

#### P. JAVA (lenguaje de programación)

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible [19].

#### Q. XAMPP (software)

Es un servidor web de plataforma, software libre, que consiste principalmente en el sistema de

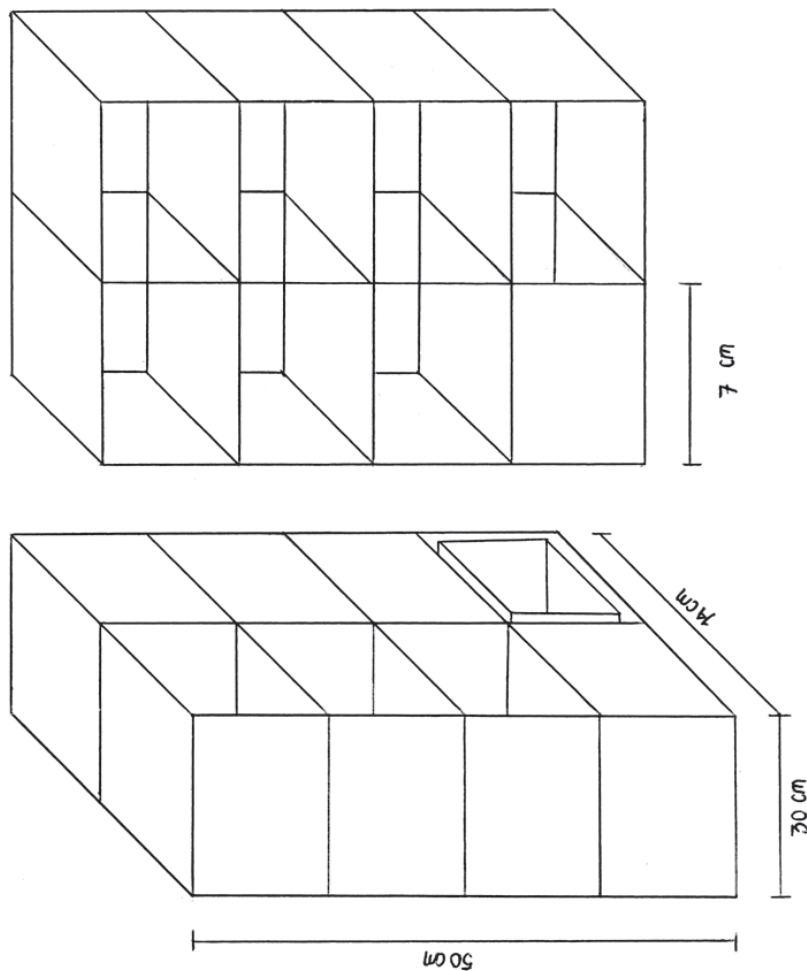


Fig. 11. Plano - Estructura de la plataforma.

gestión de bases de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script PHP y Perl [20].

## II. CONSTRUCCION DEL MODELO

Como primera etapa de la construcción del parqueadero, se realizaron bosquejos de toda la estructura, para así de esta manera, entender su funcionamiento básico. Ver Fig. 11.

La estructura principal, Fig. 12, cuenta con cuatro pisos a la parte derecha y la parte izquierda se encuentra el espacio donde tomaría lugar el ascensor. Ver Fig. 12.

Para la construcción del ascensor también se usó palos de balsa, pero esta vez de un tamaño más

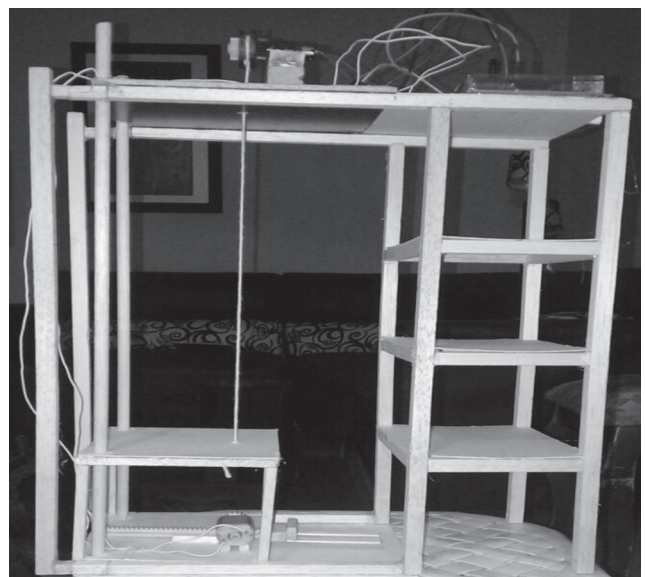


Fig. 12. Estructura Básica del parqueadero.

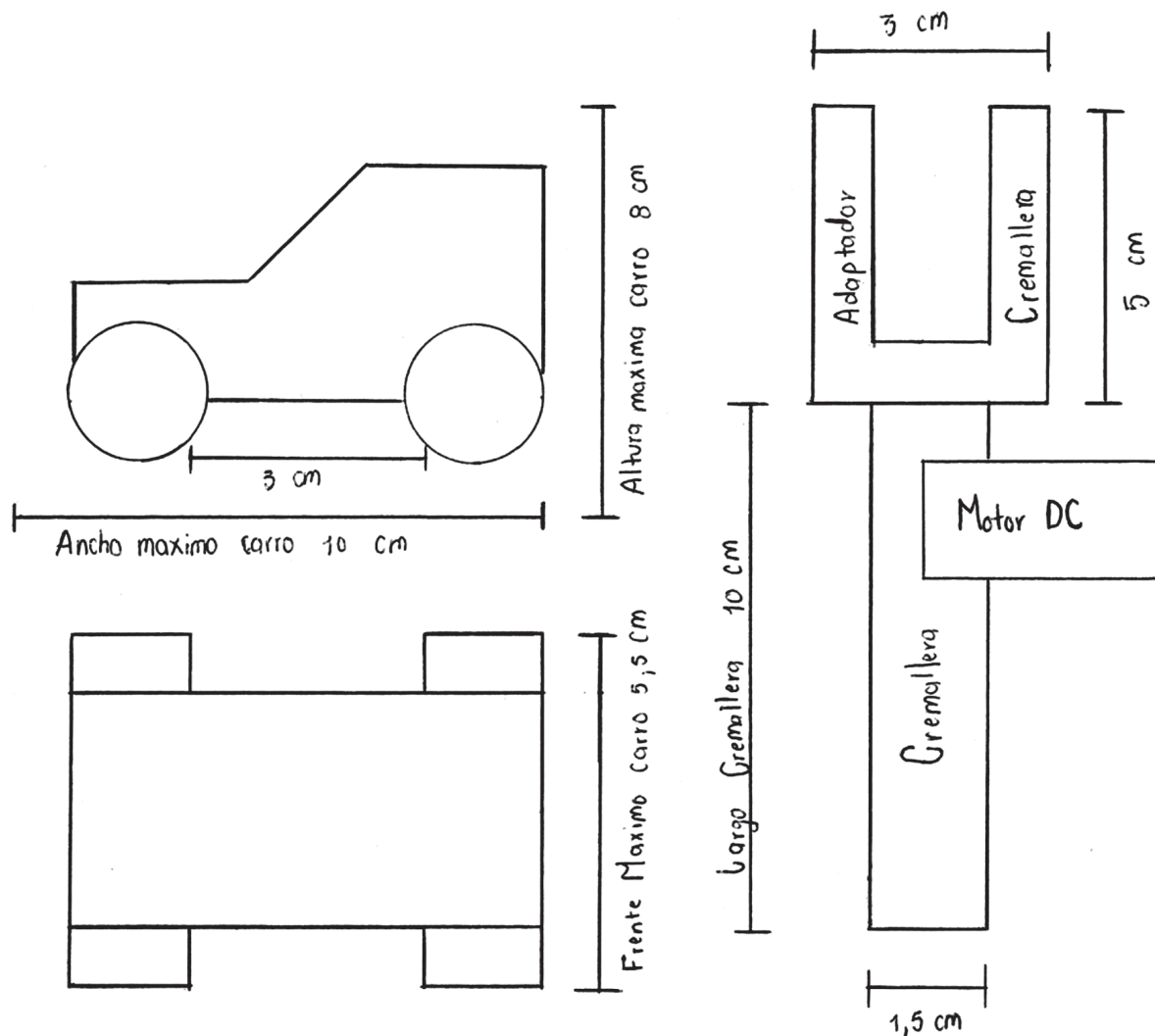


Fig. 13. Plano - Estructura de la plataforma.

pequeño, se le dio un piso al ascensor para así ubicar el mecanismo piñón - cremalleraconjunto al motor DC para así conformar la plataforma, como se observa en el bosquejo de la Fig. 13.

La plataforma tendrá la función de sostener, introducir y sacar respectivamente los automóviles. En la parte superior del edificio se ubicó una tabla de madera con un agujero en su centro, por donde pasaría el hilo (en este caso se utilizó pita) que sostendría el ascensor desde su techo, y está siendo recogida por una polea que fue añadida al piñón del motor reductor para así poder subir y bajar el ascensor. Ver Fig. 14 y 15.

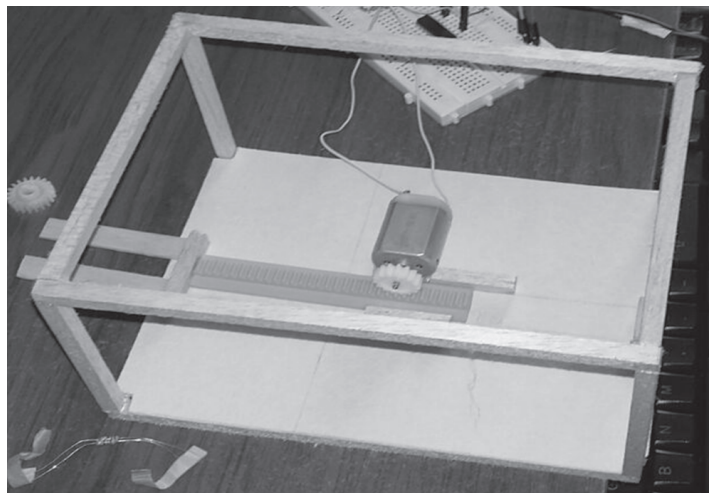


Fig. 14. Estructura de la plataforma.



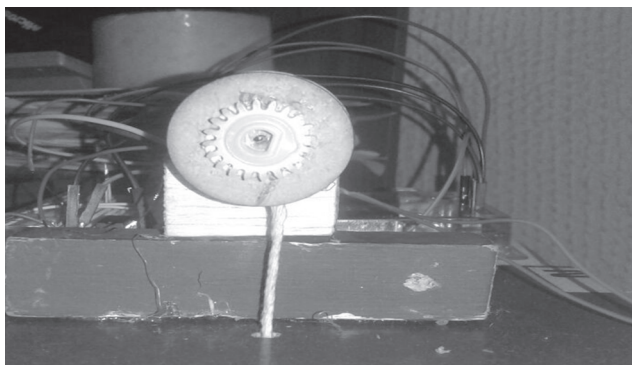


Fig. 15. Sistema de polea.

Al momento de insertar el ascensor a la estructura principal, se encontraron ciertas limitaciones para la fluidez del movimiento del ascensor, este chocaba con las vigas de la maqueta y no subía ni bajaba en línea recta, esta tenía un movimiento desbalanceado lo que lo hacía atascarse en los diferentes pisos del edificio. Como solución a los anteriores obstáculos se amplió la sección del edificio en donde toma lugar el ascensor, además se construyó un sistema de rieles para el ascensor, para que el movimiento de este fuera fluido. Ver Fig. 16.

Los pisos del parqueadero se taparon con cartón paja, de igual manera con las paredes, tapando cara frontal totalmente, y la cara posterior se forro con acetato para que se pudiera ver cómo funcionaba el mecanismo que subía el automóvil y lo acomodaba. Para tapar el techo donde se encuentra la protoboard y el arduino se diseñó una caja con palos de balsa y cartón paja.

Los pisos de las diferentes plazas fueron hechos con cartón paja al igual que las paredes externas del edificio, con este material tapamos la cara frontal y sus dos lados, la cara posterior se forro con acetato, material que, por su transparencia, se es capaz de observar el funcionamiento interno de los diferentes mecanismos que conforman el edificio. En la parte superior del edificio, se ubicó la protoboard y el Arduino con sus diferentes conexiones de una manera que no fuera a afectar el funcionamiento del motor reductor. Ya dejando fija la posición de los anteriores elementos, se procedió a realizar el cableado de LED RGB, para que este no afectara de manera visual del parqueadero se optó por pegar de manera organizada los cables a través de la columna del centro del edificio.



Fig. 16. Sistema de rieles.

Como etapa final, se trabajó en la estética del edificio, se trabajó con pinturas de color gris y azul para hacer alusión al logo del mismo parqueadero, se pegó el logo en la cara posterior del edificio conjunto a dos etiquetas más (una diciendo cual es la entrada del edificio y la otra señalando que el LED RGB es un aviso visual "si hay cupo" en el parqueadero). Ver Fig. 17.

### III. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EDIFICIO Y FUNCIONAMIENTO

Las características generales del prototipo son:

- Altura: 50 cm
- Base: 30 cm
- Ancho: 14 cm
- Número de pisos: 4
- Cantidad de plazas: 3

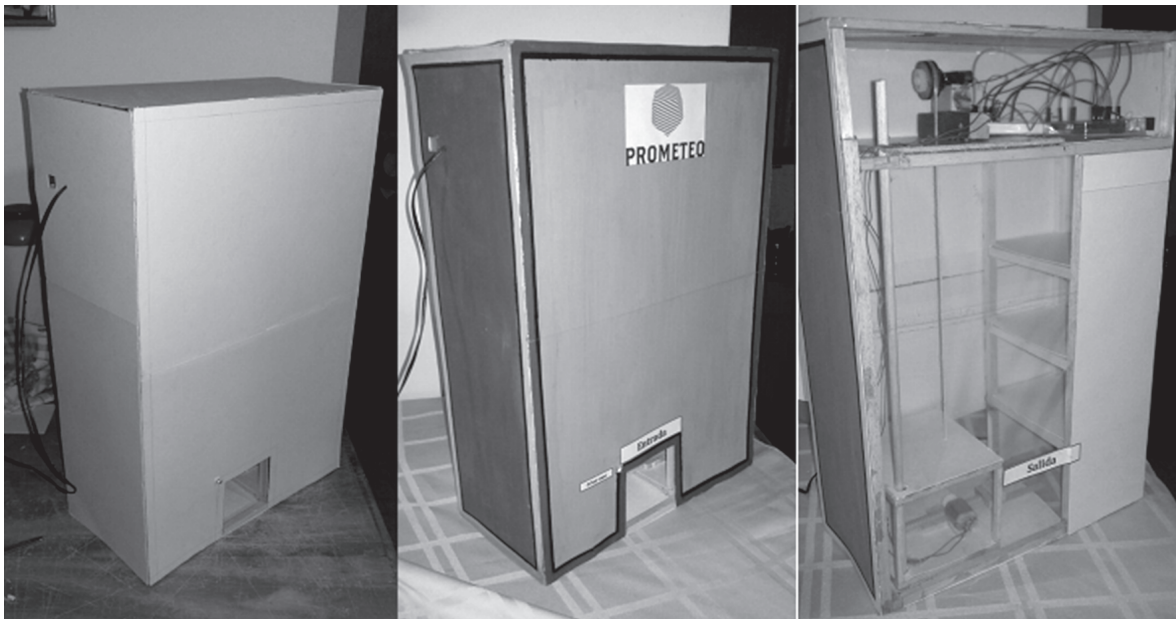


Fig. 17. Etapas de diseño del edificio.

El principio de funcionamiento se basa en tres fases específicas: Integración de Arduino, NetBeans y el acondicionamiento de los diferentes componentes electrónicos.

En la plataforma de Arduino se programan los dispositivos electrónicos, que en este caso son: Motor DC, Motor reductor, LED RGB, y el circuito integrado L293D mediante la tarjeta física Arduino Uno, que cumple la función de enviar las ordenes a dichos componentes.

Las funciones que cada componente electrónico cumple en el modelo desarrollado:

- Motor DC: Mediante el mecanismo de conversión de movimiento circular a líneas Piñón – Cremallera, asume la tarea de empujar y retroceder la plataforma donde está alojado el carro. Dicho mecanismo es el que se encarga de acomodar los automóviles en las plazas. Debido a que este motor maneja una velocidad muy alta y por consecuencia impulsaba la plataforma muy rápido y además con bastante fuerza, se le programo con la misma lógica del funcionamiento de un reloj, es decir que avanzara paso por paso, de esta manera la fuerza y la velocidad iba a disminuir y serían las justas para impulsar la plataforma.

Se adecuo el sentido de giro del motor para obtener los resultados: si giraba en sentido horario empujaría la plataforma y por consiguiente si giraba en sentido anti horario haría retroceder la plataforma. Terminada la secuencia del motor DC este llegaba a su posición inicial, dicha secuencia es la misma para todos los pisos a la hora de introducir o sacar el automóvil de la plaza.

- Motor Reductor: Este motor trabaja en conjunto con el mecanismo de la polea, y se encarga de subir el ascensor a los pisos del parqueadero; se eligió este tipo de motor debido a la facilidad para programarlo y por su fuerza, ya que el motor de corriente directa no generaba el torque necesario para subirlo (el motor reductor tiene la capacidad de alzar 1 kg). Su respectivo sentido de giro era el siguiente: subir el ascensor (sentido horario) y bajar el ascensor (sentido anti horario).

La programación como tal funciona de la siguiente manera, para cada piso se requiere cierta cantidad de tiempo, una vez el ascensor ha llegado al piso deseado se debe parar el motor reductor, este se apaga durante unos segundos para esperar que el motor de corriente continua cumpla su función y regrese la plataforma a su posición inicial, cumpli-

do esto el motor reductor se prende y regresa el ascensor a su posición inicial. Esta secuencia se repite para todos los pisos la única variación es el tiempo de subida y de bajada. Ver Fig. 18.

En el proceso de subir el ascensor y meter la plataforma (ingresar un automóvil) en el instante donde el motor DC haya empujado la cremallera hasta el punto de ingresar por completo el automóvil a su respectiva plaza, se enciende el motor reductor durante unos cuantos milisegundos hacia la izquierda para que la polea bajara el ascensor un poco y asentar el automóvil en el suelo de la plaza, y por consiguiente la plataforma pueda retroceder con plena libertad.

Para el proceso de subir el ascensor, sacar el automóvil y bajar el ascensor a su posición inicial, se ubica la plataforma por debajo del automóvil, se enciende el motor reductor en sentido horario para subir un poco el ascensor, para así alzar el automóvil, habiendo hecho lo anterior, se retrocede de la plataforma y se retorna el ascensor a su posición inicial.

- Circuito integrado L293D: Se encargará de invertir el giro de los motores cuando se le ordene mediante la programación en Arduino.
- LED RGB: Este elemento se encarga de dar un aviso visual al usuario si el parqueadero está lleno o desocupado, si al menos hay un parqueadero vacío alumbrara de color verde y si todos están llenos alumbrara de color rojo.

Todo lo anteriormente mencionado esta conectado a la protoboard y Arduino mediante los cables puente para que funcione de manera correcta. Arduino UNO es alimentado mediante la entrada USB al computador y los demás dispositivos serán alimentados con el cargador de 5 voltios. Ver Fig. 19.

- Arduino Genuino: Se encargará de subir a la memoria del mismo Arduino UNO el algoritmo con el cual se tendrá control sobre los demás componentes electrónicos y a el pro-

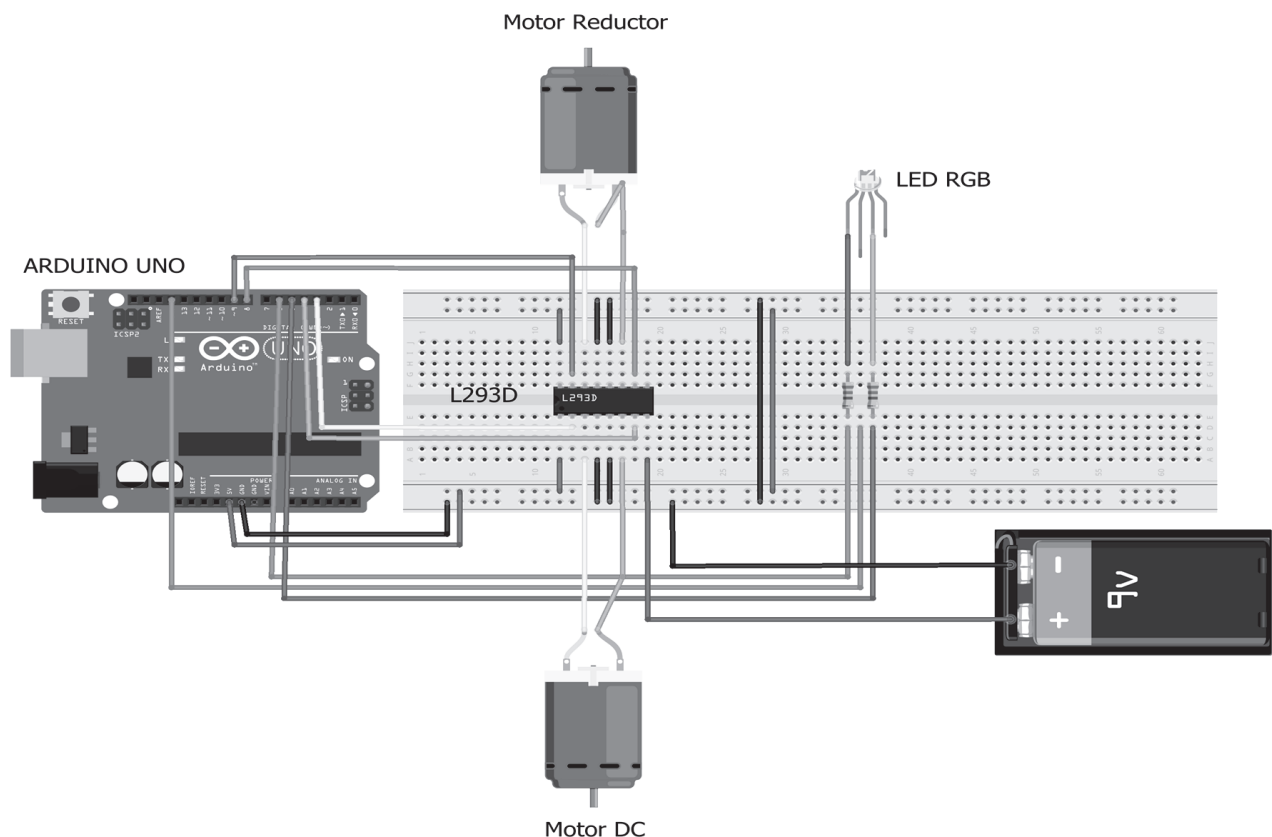


Fig. 18. Circuito del modelo.

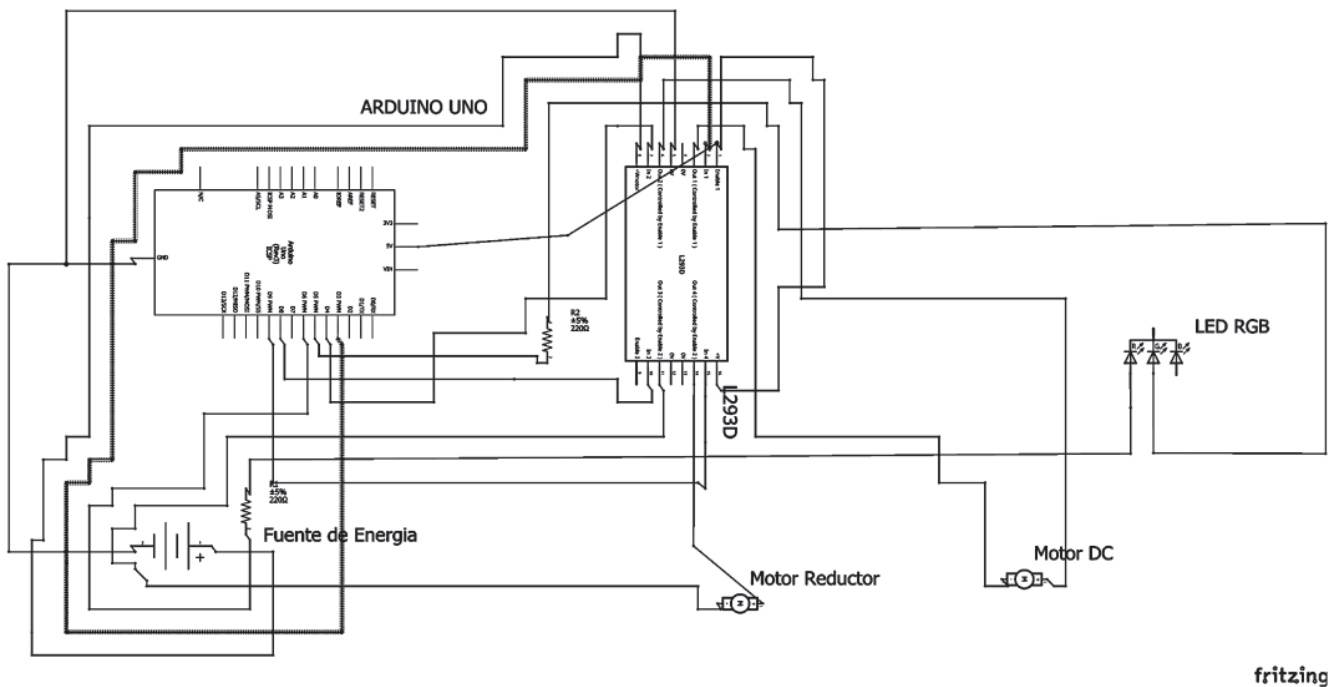


Fig. 19. Esquema del circuito del modelo.

cesamiento de la información que se le es enviada desde el Software de control para que la funcionalidad de estos elementos sea el deseado.

- NetBeans: Mediante el lenguaje de programación Java, la librería de comunicación de Arduino PanamaHitek, el diseño de una interfaz gráfica y la conexión a una base de datos, se busca que funcione de manera correcta el parqueadero autónomo. De manera más concreta, NetBeans se encargará de establecer la conexión entre Arduino y esta plataforma.

Principalmente se maneja un login con un usuario y una contraseña para la simulación de un administrador de la torre de parqueaderos, se verifica que el usuario y la contraseña sean correctos, si no, no permitirá la visualización de la interfaz gráfica del parqueadero y poner a prueba el funcionamiento.

La interfaz gráfica que se desarrolló permite la visualización del estado del parqueadero, existen cuatro paneles los cuales tienen las siguientes funcionalidades: el primer panel es donde se ingresa la placa del carro que está entrando al parqueadero, en esta parte estamos simulando

una visión artificial la cual se encargaría de capturar la placa del carro e ingresarla en el sistema, en el segundo panel se puede observar el estado de las plazas, si estas están desocupadas los paneles estarán de color verde, si la plaza está ocupada esta tendrá un color rojo, en el tercer panel existe una tabla y un botón, en la tabla se puede visualizar información de los automóviles que están en ese momento adentro del parqueadero (placa, hora de ingreso, y entre otros datos lo que el usuario tendrá que pagar por usar este servicio, este valor se va actualizando por cada segundo que pasa el automóvil adentro del parqueadero) y el botón el cual tienen la etiqueta "Registro Detallado" cumple la función que al ser presionado muestra toda la información que ha sido ingresada a la base de datos, este registro se considera más detallado por el hecho de manejar una fecha más detallada de tanto la hora y salida del automóvil, el tercer panel es donde el usuario cuando quiera recoger su respectivo automóvil ingresa la clave (clave que es autogenerada por el software de control) la cual se puede visualizar por unos segundos en el panel de ingresar la placa del carro, se verifica la clave y se procede a buscar el automóvil al que se le asigne dicha clave, si existe un automóvil con esa misma clave, se procede a almacenar la información del auto en la base de datos. por último, el quinto panel es don-

de generamos un tiquete al usuario, donde se puede visualizar información tal como, la fecha de la generación del tiquete, hora y salida del automóvil, la placa de dicho automóvil, entre otras.

La primera parte lógica del software de control es la siguiente, cada vez que se pulsa el botón ingresar placa, se verifica si hay plazas disponibles, si la primera está disponible se ubica el carro en dicha plaza, si esta estuviera ocupada, el software pasa a la siguiente plaza y verifica si esta está disponible y así sucesivamente. El software al encontrar una plaza disponible, visualmente en el segundo panel cambia el estado de la plaza a ocupada por lo tanto obtendrá un color rojo, después se iniciará un hilo o Thread que ira aumentando un contador por cada segundo que pasa, este contador simboliza lo que el usuario tendrá que pagar.

El parqueadero maneja una tarifa de \$120 por minuto, lo que equivaldría \$2 por cada segundo que pasa el automóvil desde que se ingresó la placa de este mismo en el sistema. Se manejan ciertas validaciones en esta parte, tales como que la placa ingresada no sea una cadena de caracteres vacía o que si no hay plazas disponibles la placa ingresado no se ingresaría en el sistema, ya verificado lo anterior, se le manda un dato al Arduino, por ejemplo, si la primera plaza se encuentra desocupada, se le manda un número "1", que al procesarlo Arduino iniciaría la secuencia de subir al automóvil a la primera plaza.

La segunda parte lógica es la siguiente, a cada usuario se le asigna una clave autogenerada y sin repeticiones, que aparece solo durante 5 segundos cuando se ingresó la placa adecuadamente, de esta manera si la clave es errónea en el botón "Verificar clave" no podrá sacar el carro hasta que no la ingrese de manera correcta, para el caso de Arduino no se enviará ningún dato hasta que esta verificación se haya completado.

La primera parte funcional mecánica-electrónica en la interfaz gráfica se encuentra en el botón "Ingresar placa", posteriormente NetBeans establece la conexión con Arduino, se envía un dato dependiendo del piso al que se va a acomodar el automóvil, Arduino lo procesa y se ejecuta el bloque de código respecto al dato que fue enviado y se encienden los mecanismos para empezar con el

proceso de inserción del automóvil, una vez que se ejecuta este bloque, Arduino retornara ese mismo dato para verificar que se procesó de manera correcta.

Cada vez que la visión artificial ingrese una placa, de manera autónoma, el programa verificara que espacios se encuentran disponibles, si es que lo hay, y acomodara el automóvil respectivamente.

La segunda parte funcional en la interfaz gráfica se encuentra en el botón "Verificar clave", luego de ello NetBeans establece la conexión con Arduino y se envía el dato respectivo al piso en el cual se encuentra el automóvil a sacar, se ejecuta el bloque de código y se encienden los mecanismos para empezar con el proceso retiro del automóvil, una vez que se ejecuta este bloque, Arduino retornara ese mismo dato para verificar que se procesó de manera correcta.

Cada vez que los clientes ingresen la clave, de manera autónoma, el programa verificará en que espacio se encuentra el automóvil y procederá a iniciar la secuencia de retiro.

Mediante todos los procedimientos anteriores fue la forma de automatiza y hacer autónoma una torre de parqueaderos vertical, por lo general el mismo propietario del automóvil es el que tiene que buscar por si solo un espacio libre en todo el parqueadero y parquear el carro por medio de sus facultades. Con este tipo de diseño, la persona simplemente se encarga de ingresar el automóvil hasta la plataforma, revisar cuál es su clave para así mismo reclamar su carro a futuro y poder retirarse, proceso que solo le toma aproximadamente dos minutos o menos, y usualmente las personas gastan más de diez minutos buscando un espacio libre en los parqueaderos en donde aparcar sus automóviles, situación que puede generar estrés a la persona, desde el no encontrar un espacio libre hasta el tiempo que gasta haciendo lo anterior. Cabe recalcar que este tipo de diseño ofrece una mayor seguridad y comodidad para el usuario, al usar una plataforma precisa para acomodar los carros y respectivamente bajar los carros garantizamos completa integridad del automóvil, además que el usuario no tiene la necesidad de disponer las llaves del automóvil a algún operario del parqueadero (que en este caso no aplica, ya que no manejamos en algún parte la fuerza física o mental

de algún operario). Como el propietario del automóvil no tiene que conducir aún más para estacionar su carro, se está contribuyendo a la reducción de Monóxido de Carbono (CO) en un 100% ya que en todo el proceso de acomodar el automóvil o bajarlo este estará apagado, lo que ayudaría al usuario en el ahorro de combustible.

#### IV. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del prototipo se aplicaron los conceptos vistos en la asignatura y se aplicaron otros de asignaturas como electrónica básica y física.

Se puede apreciar que en la implementación de un sistema de parqueadero automatizado, se obtiene una reducción de costos, en cuanto operarios, no hay necesidad de usar demasiada luz artificial y adicionalmente se puede tener una reducción de accidentes.

Se reduce el tiempo de parqueo en un 86%.

Se reduce el consumo de combustible, aproximadamente el usuario se está ahorrando 0.0085 lt de gasolina (lo que gasta un automóvil en 100 mts conducidos).

Se reduce la producción de Monóxido de carbono (CO).

Al implementar este tipo de modelo se establece que se aumenta la calidad de vida del usuario, desde evitarle estrés al usuario hasta garantizarle la integridad del automóvil. Es seguro tanto para el usuario como para el automóvil.

#### V. REFERENCIAS

- [1] J. A. Franco y M. F. Rodríguez, Ascensor ATV71 controlado por codesys. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, Vol 2 N° 4, Corporación Universitaria Republicana, 2015.
- [2] Circuitos Electrónicos, ¿Qué es un protoboard? [En línea]. 2016. Disponible en: <http://www.circuitos-electronicos.org/2007/10/el-protoboard-tableta-de-experimentacion.html>
- [3] Wikipedia, Cable Puente [En línea]. 2016. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_puente](https://es.wikipedia.org/wiki/Cable_puente)
- [4] SIGMA Ltda., Tarjeta L293D [En línea]. Disponible en: [www.sigmaelectronica.net](http://www.sigmaelectronica.net)
- [5] Wikipedia, Resistor [En línea], 2016. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Resistor>
- [6] Concepto de Fuente de Alimentación [En línea]. Disponible en: <http://concepto.de/fuente-de-alimentacion/>
- [7] ddtorres. Transformadores [En línea]. Disponible en: <https://ddtorres.webs.ull.es/Docencia/Instalaciones/Electrifica/Tema%203.htm>
- [8] Wikipedia, Circuito [En línea], 2017. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito>
- [9] Wikipedia, Led [En línea], 2017. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>
- [10] Electrónica Teoría y Práctica, Como funciona un LED RGB [En línea]. Disponible en: <http://electronica-teoriaypractica.com/como-funciona-un-led-rgb/>
- [11] Wikipedia, Corriente Continua [En línea], 2017. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_continua)
- [12] Aprendamos Tecnología, Mecanismo de transformación del movimiento [En línea]. Disponible en: <https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transformacion-del-movimiento/>
- [13] Aprendamos Tecnología, Mecanismo de transformación del movimiento: Piñon - Cremallera [En línea]. Disponible en: <https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transformacion-del-movimiento/>
- [14] D. Lenis, Motoredutores [En línea]. 2017. Disponible en: <https://prezi.com/zlba2hdi1jqg/motor-reductores/>
- [15] Potencia Electromecánica, Calculo de un motor reductor [En línea], 2017. Disponible en: <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>
- [16] Wikipedia, Motor Corriente Continua. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua)
- [17] Arduino, Que es Arduino [En línea], 2017. Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- [18] Wikipedia, NetBeans [En línea], 2017. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/NetBeans>
- [19] ICTEA, JAVA [En línea]. 2016. Disponible en: <http://www.ictea.com/cs/knowledgebase.php?action=displayarticle&id=8790>
- [20] Wikipedia, XAMPP [En línea]. 2017. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/XAMPP>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ECOOPSOS EPS

## *Business practice at ECOOPSOS EPS*

CRISTIAN ALEXIS YANGUMA TORRES<sup>1</sup>

*Recibido:12 de diciembre de 2017. Aceptado:28 de diciembre de 2017*

*DOI:http://dx.doi.org/ 10.21017/rimci.2018.v5.n9.a40*

### RESUMEN

El presente artículo muestra el proceso técnico realizado en la empresa Ecoopsos ESS EPS como opción de grado para optar por el título de ingeniería de sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. A continuación, se describirá desde los objetivos planteados al inicio del ejercicio laboral hasta los logros obtenidos en el proceso y fin de la práctica empresarial.

**Palabras clave:** Práctica empresarial, bases de datos, programación.

### ABSTRACT

El presente artículo muestra el proceso técnico realizado en la empresa Ecoopsos ESS EPS como opción de grado para optar por el título de ingeniería de sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. A continuación, se describirá desde los objetivos planteados al inicio del ejercicio laboral hasta los logros obtenidos en el proceso y fin de la práctica empresarial.

**Keywords:** Business practice, databases, programming.

## I. INTRODUCCIÓN

ELEGIR LA opción de práctica empresarial, permite al estudiante adquirir experiencia en diversos campos en los que se puede desenvolver teniendo como ventaja no solo la adquisición de nuevos conocimientos sino también estar inmerso en el ambiente laboral y enfrentar todo tipo de variables del entorno.

La empresa en la que se realiza la práctica es Ecoopsos ESS EPS, es una entidad promotora de salud del régimen subsidiado y autorizada por la superintendencia nacional de salud, empresa la cual crea, administra y mantiene sus propias aplicaciones de software usadas principalmente por los funcionarios pertenecientes a la misma entidad, llevando a cabo la administración de documentos de afiliados a la entidad.

La práctica estuvo enfocada en realizar modificaciones para las aplicaciones manejadas en la em-

presa y usadas por los empleados, además del manejo de base de datos y conocimiento práctico en Business Intelligence, para visualización de documentos en un formato especial usado por la empresa; para lo cual las consultas se hacían utilizando el servidor principal de la compañía corriendo múltiples procedimientos obteniendo los datos específicos de múltiples tablas los cuales conformaban el documento.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

Apoyar a la empresa Ecoopsos en el Departamento de Informática y Telecomunicaciones de la oficina nacional, más específicamente, ejecutando proyectos de desarrollo y mantenimiento de software para administración y operación de los procesos de régimen contributivo y subsidiado.

<sup>1</sup> Estudiante de décimo semestre de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Correo Electrónico: [c\\_alexis\\_95@hotmail.com](mailto:c_alexis_95@hotmail.com)

## B. Objetivos específicos

1. Analizar, diseñar y desarrollar el software que sea asignado de acuerdo con las directrices impartidas por el coordinador de desarrollo de sistemas, haciendo un completo control al manual de procesos y procedimientos.
2. Realizar el mantenimiento a las aplicaciones de acuerdo con los requerimientos realizados por las diferentes áreas y las directrices del coordinador de desarrollo.
3. Desarrollar la implantación, actualización y capacitación a usuarios en el manejo de un nuevo software.
4. Apoyar la elaboración de los manuales de las aplicaciones, tanto en la parte técnica como en la orientación de los usuarios.
5. Cumplir estrictamente el proceso estipulado en el manual de procesos y procedimientos para el desarrollo y mantenimiento de software.

## III. FUNCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El departamento de informática es el encargado tanto de las aplicaciones como del mantenimiento de las unidades que se encuentran en la empresa en cualquiera de sus múltiples sedes además de los licenciamientos de los programas. La empresa requiere que se cumplan múltiples objetivos para el puesto laboral, tales como:

- Mantener una efectiva, proactiva y real participación de los asociados y usuarios de los servicios de la entidad, en el direccionamiento, administración, control social, vigilancia, evaluación y seguimiento de la gestión empresarial; para lo cual, facilitará su desarrollo profesional y su crecimiento personal y estimulara su concurso y compromiso en el desarrollo empresarial al interior y exterior de esta; para que puedan proyectarse y progresar con ella como una verdadera empresa social que no pierde su esencia solidaria y comunitaria al ampliar su participación en el mercado, sino que por el con-

trario proyecta su modelo en otros escenarios y contribuye a la construcción del tejido social para el país [1].

- Garantizar a los afiliados el acceso a un Plan de Beneficios de Salud, financiando con recursos públicos de la Seguridad Social que asegure el derecho a la salud, desarrolló un Modelo de Atención ajustado a las necesidades en salud y las expectativas de los usuarios, a las exigencias de la normatividad vigente y a un desarrollo empresarial que tome decisiones adecuadas y oportunas acerca de la cantidad y calidad de los servicios en salud de los afiliados, a partir de una evaluación sistemática de variables epidemiológicas y demográficas, de la capacidad de respuesta e infraestructura instalada de la red hospitalaria y de las condiciones jurídicas de la seguridad social; con acciones costo efectivas en la inversión y en el uso eficiente de los recursos, contribuyendo a minimizar el impacto negativo de los factores de riesgo que inciden en las condiciones de salud de la población afiliada [1].
- Asegurar una administración transparente, idónea, eficiente y efectiva de los recursos recaudados por la gestión empresarial que garantice un crecimiento organizacional sostenido en el tiempo, bajo condiciones de calidad y competitividad en el mercado, que permita un incremento ético y progresivo de la solvencia económica y patrimonial de la entidad; de forma que responda adecuadamente con sus compromisos económicos; optimice los recursos humanos, técnicos, tecnológicos, físicos de conocimiento y de infraestructura disponibles y desarrolle las capacidades humanas, técnicas y profesionales de la personas que conforman la entidad, en la búsqueda de la excelencia empresarial y social [1].
- Desarrollar sistemática e integralmente la organización empresarial bajo los parámetros de un sistema de gestión de calidad orientado a la satisfacción de los usuarios y clientes en general y a la excelencia empresarial, empleando modernas técnicas y tecnologías para estandarizar, implementar, evaluar, hacer seguimiento y controlar los procesos



que adelanta; sobre la base de un sistema de información confiable y seguro con capacidad para almacenar, procesar, analizar, generar y garantizar un oportuno flujo de información a nivel inter institucional e interinstitucional, de forma que la entidad sea, altamente competitiva en el mercado del aseguramiento en salud y orientada al mejoramiento continuo en las diferentes instancias y niveles de gestión [1].

### A. Inducción, manuales de proceso y procedimientos

Para comenzar con la práctica se hizo una revisión del manual de procesos y procedimientos

el cual es de uso general para cualquier tipo de solicitud sin importar el área como lo muestra la Fig. 1.

El anterior proceso es usado en general antes de cualquier asignación de modificación por correo, el jefe directo permite hacer copia de un programa determinado usado en la empresa para entender los procesos y procedimientos programados en Visual Basic además de conexiones a base de datos, en el transcurso de las primeras dos semanas en la empresa se realiza una inducción respectiva a los nuevos empleados respecto a los intereses de la misma, misión, visión, creación, sedes disponibles, historia, áreas de trabajo, etcétera.

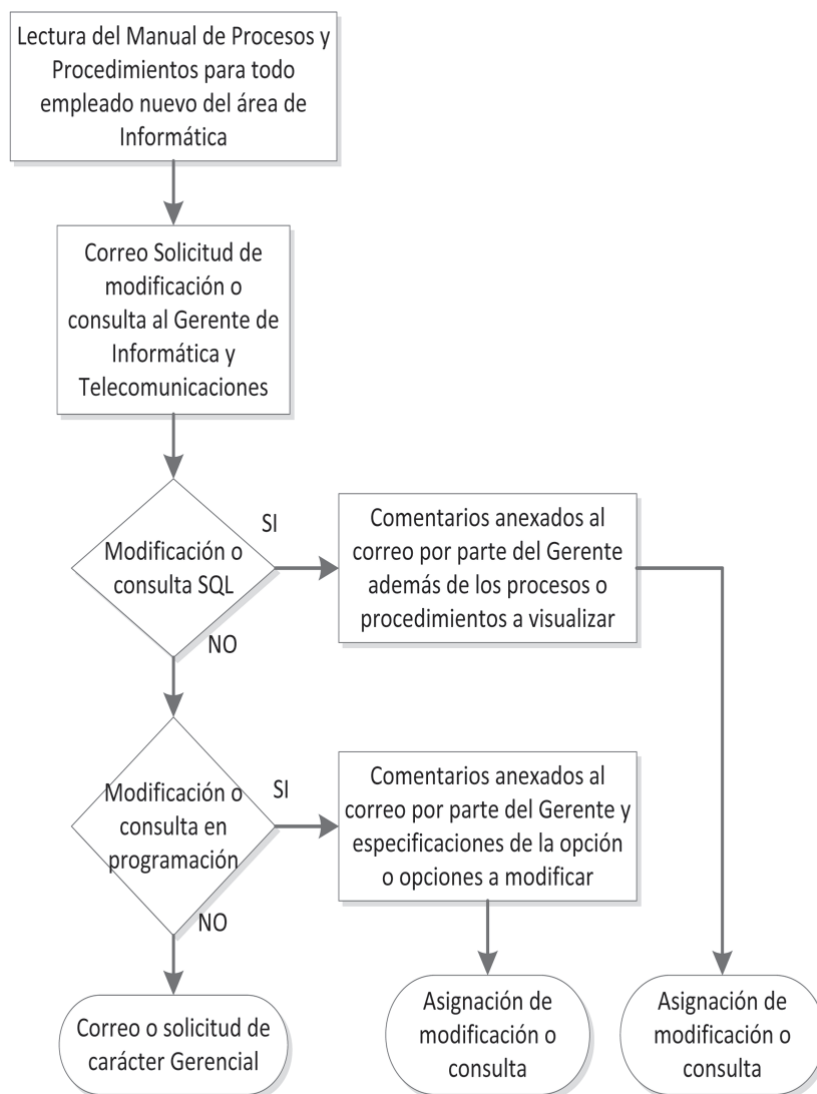


Fig.1. Estructura asignación de tareas. Fuente: El Autor.

Por parte del área se permite que el practicante se familiarice con los múltiples programas usados (Visual Basic, Asp.Net, SQL Server) además de permitir la investigación en múltiples plataformas virtuales siempre y cuando estén permitidas además de no evadir los protocolos de seguridad en redes sociales o páginas de ocio.

La empresa modifica y administra sus propios programas, por ende, tiene sus propios manuales de procesos y procedimientos, para cada uno de los departamentos de la empresa, estos se encuentran en una dirección IP dentro del canal dedicado que tiene la misma para la comunicación entre las múltiples sedes de la compañía.

El departamento de informática solo cuenta con una sede en Bogotá donde se atienden todos los problemas relacionados a inconvenientes con la plataforma, siguiendo un manual de la empresa, de Proceso y Procedimientos de desarrollo de sistemas de información: desarrollo de software, mantenimiento de aplicación, datos y estadísticas de gestión.

## B. Solicitud de modificación

Cada modificación o consulta se solicita por correo al jefe de área en donde se especifica las acciones a realizar, después el jefe de área evalúa el correo y anexa sus propios comentarios en un correo que posteriormente enviara, asignando el caso al área de desarrollo de sistemas de información explícitamente a los ingenieros analistas o en su caso al practicante.

Posteriormente en una reunión entre el gerente del área de informática y telecomunicaciones, las personas o la persona solicitante de la modificación, el cual es un empleado de cualquiera de las demás áreas de la empresa desde los gerentes, coordinadores hasta auxiliares que especifican el requerimiento a solucionar, esto varía entre hacer una modificación de un código o un programa de la empresa hasta realizar una consulta en base de datos y enviar los resultados en un documento Excel, o solicitar una modificación a un determinado programa, dicha reunión puede estar presente el practicante o no puede según lo determine el jefe de área.

Por ejemplo, cómo se puede ver en Fig. 2, se recibe un correo de solicitud por parte del gerente

de informática y telecomunicaciones, el cual es el encargado de asignar los respectivos casos entre funcionarios del departamento de sistemas, el tipo de solicitud debe ser analizada por parte del funcionario al que se le asignó la tarea, en el mismo mensaje tendrán apuntes y/o observaciones por parte del jefe de área o del área solicitante, luego se procede a comprobar si es necesario el uso de las múltiples herramientas que ofrece el sistema operativo Windows para cumplir el requerimiento tales como el uso de Skype, TeamViewer, escritorio remoto, entre otras, además de que la empresa permite el uso de la línea privada para un mejor entendimiento del requerimiento, para ello de ser necesario se permite planear reuniones entre ambas partes (la solicitante del requerimiento y encargado de cumplir el requerimiento).

Una vez especificado cual es el requerimiento por cumplir se hacen copias de las fuentes, el manual de procedimientos claramente indica que nunca se deben hacer modificaciones directamente sobre las fuentes de programa ya que son usadas por toda la entidad en general no solo por un usuario, esto para el caso de futuras solicitudes que impliquen modificaciones en las aplicaciones.

Una vez determinada la modificación sobre la solicitud se debe proceder con la copia del aplicativo en la opción asignada, para verificar los datos referentes a los programas, estas son algunas de las opciones de los programas para un usuario:

BD\ADMINISTRATIVA

- Tabla PROGRAMAS
- Tabla PROGRAMASUSUARIOS
- Tabla RC-DIT-010
- Tabla OPCIONESPROGRAMA

Al igual se puede revisar el tipo de documentación que requiere una aplicación en proceso de modificación.

BD\ADMINISTRATIVA

Tabla TIPOS RC

```
Script = "SELECT * FROM
ADMINISTRATIVA.dbo.TIPOSRC WHERE
MANTENIMIENTO = '1'"
```

La sentencia anteriormente descrita arrojará los múltiples documentos a entregar en caso de que

2017-6-16

FW: SOLICITUD CAMBIOS APLICATIVO MEDICAMENTOS

FW: SOLICITUD CAMBIOS APLICATIVO MEDICAMENTOS  
De: Irincon@ecoopsos.com.co  
Enviado: Mon, Jun 12, 2017 a la(s) 2:00 pm  
Para: Cristian Alexis Yanguma Torres  
CC: Henderson Velasco Sierra

img-0.png (626 KB)

---Mensaje original---

De: "Irarango@ecoopsos.com.co" <Irarango@ecoopsos.com.co>  
Enviado: Monday, June 12, 2017 12:19pm  
Para: "Luis Hernando Rincon Moya" <Irincon@ecoopsos.com.co>  
Asunto: SOLICITUD CAMBIOS APLICATIVO MEDICAMENTOS

Cordial saludo:

De acuerdo a la reunión sostenida con su despacho, a continuación me permito solicitar realizar los siguientes cambios en el aplicativo de medicamentos:

1-Capturar la fecha de remisión de la Orden de Pedido a proveedor, con el fin de evitar sobre carga en el correo gestionmedicamentos@ecoopsos.com.co, por acumulación de soportes que ya se encuentran digitalizados en el sistema.

2. Habilitar en el aplicativo de medicamentos, específicamente en el módulo "ingreso de fórmulas para afiliados" la opción de cargar fórmulas de prescripción de medicamentos cuya vigencia sea para 3,4, o 6 meses, es de aclarar que la periodicidad de estas fórmulas siempre es mensual.

De acuerdo a lo comentado con el Depto de Informática se debe habilitar la opción, de capturar la cantidad de entregas y de acuerdo a la cantidad digitada, el sistema debe cargar de manera automática dentro de la matriz de medicamentos tantas veces como entregas sean cargadas, este cargue debe aparecer por cada medicamento y registrar el saldo de cada entrega es decir si "se registran en cantidad 3" el reporte debe cargar de manera automática 3 radicados de acuerdo a las fechas registrando 1/3,2/3,3/3, es de aclarar que estas fechas deben quedar automatizadas en el sistema.

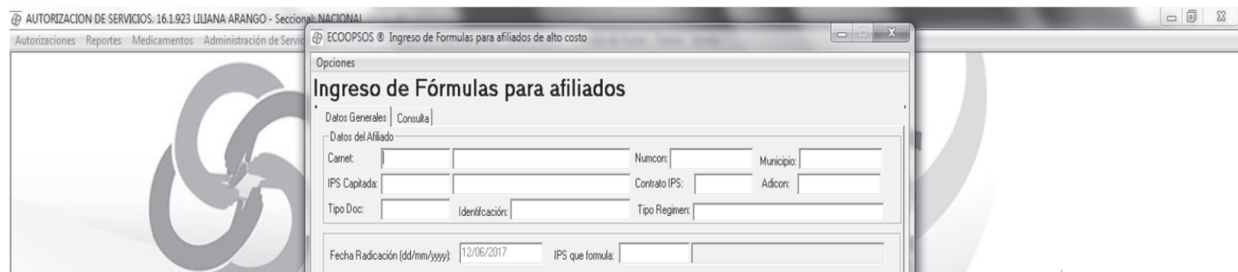


Fig. 2. Correo de solicitud para modificación por parte del jefe de Área. Fuente: El Autor.

las modificaciones afecten campos en la base de datos y además afectan la interface del usuario final para los manuales de usuario.

La empresa cuenta con múltiples servidores, los cuales están conectados para soporte y apoyo entre ellos en caso de una falla.

- SRVECOOPBD01: Base de datos servidor principal.
- SRVECOOPSBD02: Base de datos servidor de pruebas.

### C. Pruebas, creación de objetos y publicación

Como se puede observar en la Fig. 3 las solicitudes son manejadas dependiendo del contenido que se encuentre en el correo por parte del jefe de área, aunque por lo general solo se clasifica en tres

aspectos manejo de base de datos, modificación de programas y mantenimiento de aplicaciones.

Las solicitudes que llegan al departamento de informática principalmente están dirigidas a modificar uno o más aspectos de las aplicaciones usadas en la empresa, pero previamente programados en herramientas como:

- Visual Basic 6.0
- SQL
- Business Intelligence
- ASP.Net

Se procura realizar la modificación en el menor tiempo posible para los funcionarios solicitantes, cada una de las 4 opciones anteriores se ve reflejada haciendo conexión con las bases de datos, rea-

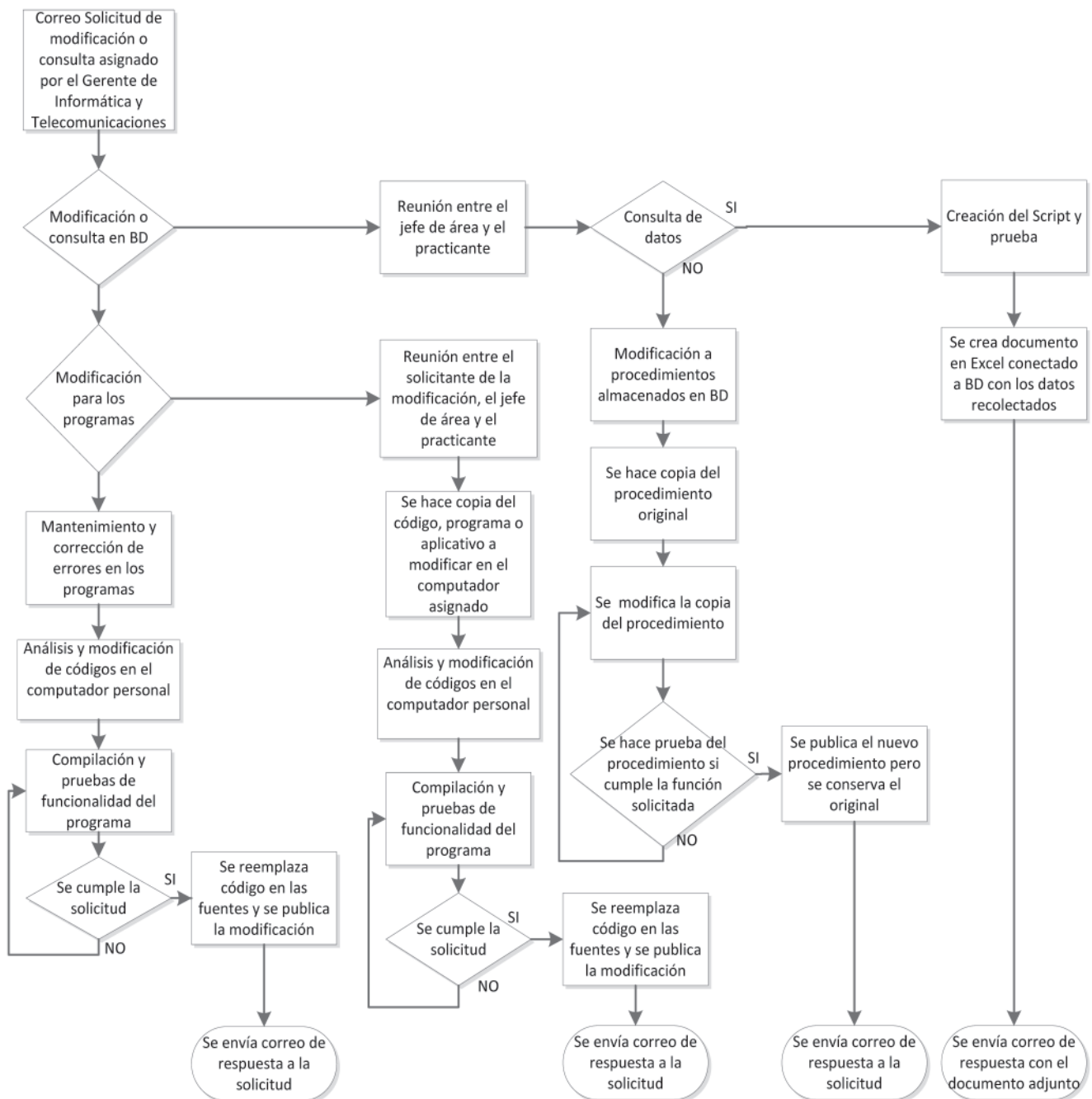


Fig.3. Protocolo para correo asignado. Fuente: El Autor.

lizando consultas, ingresando datos, actualizando tablas, entre otras cosas.

En la Fig. 4 muestra una parte de los códigos modificados a lo largo de la practica además se usa ese tipo de imágenes para la documentación de modificaciones en las fuentes señalando los nuevos procesos o nuevas líneas de código, en al-

gunos casos se usa ese tipo de imágenes para la respectiva documentación de la empresa.

Dependiendo de la magnitud del cambio se solicitará toda la documentación pertinente de la tabla TIPOSRC, lo contrario solo se solicitará parte de la documentación. Una vez realizadas las modificaciones propuestas, se procede a realizar las

```
xlSheet.Range("F3:L3").Select
xlSheet.Range("L3").Activate
xlApp.Selection.Font.Bold = True
xlSheet.Range("F3").Select
If bandera = 2 Then
xlSheet.Application.ActiveCell.FormulaR1C1 = "REPORTE CONSOLIDADO FICHA FACTOR DE RIESGO"
  If chkvisita = 1 Then
    xlSheet.Range("A5").Select
    xlSheet.Application.ActiveCell.FormulaR1C1 = "Fecha de Visita del periodo: " & MaskFecIni.Text & " hasta : " & MaskFecFin.Text & ""
  End If
  If chkdigita = 1 Then
    xlSheet.Range("A5").Select
    xlSheet.Application.ActiveCell.FormulaR1C1 = "Fecha de Digitación del periodo: " & MaskFecIni.Text & " hasta : " & MaskFecFin.Text & ""
  End If
End If
If bandera = 3 Then
xlSheet.Application.ActiveCell.FormulaR1C1 = "REPORTE AFILIADOS DISCAPACITADOS"
End If
If bandera = 4 Then
xlSheet.Application.ActiveCell.FormulaR1C1 = "REPORTE AFILIADOS CON RIESGO DE CANCER DE PIEL"
End If
xlSheet.Range("F3:J3").Select
xlSheet.Range("J3").Activate
With xlApp.Selection.Font
```

Fig. 4. Código modificado para la solicitud. Fuente: El Autor.

pruebas por parte del encargado de las modificaciones, si se encuentra satisfactoria la prueba interna se procede a hacer una reunión y una prueba con respecto a las modificaciones solicitadas en vista de que el funcionario usa y conoce más la aplicación, al realizar esto se concluye las pruebas internas y de usuario.

Si el usuario considera que las funciones cumplen con lo que él solicitó, se debe firmar un acta de entrega donde indique que se ha dado por cumplido el requerimiento. El proceso aún no ha terminado, ya que solo se realizan las modificaciones sobre la copia personal de la aplicación, una vez firmada el acta se procede a reemplazar los formularios y campos en específico en los códigos fuente y luego ejecutaos para corroborar su correcto funcionamiento; en caso de que sean modificaciones sobre el servidor de la empresa o alguna de las tablas relacionadas, se debe realizar un documento en solicitud para la creación de objetos.

Aplicando los registros de calidad del manual para:

- RC-DIT-018: Creación de Objetos BD para creación modificación de tablas, vistas, procedimientos almacenados, con los respectivos scripts.
- RC-DIT-012: Levantamiento de información y actas, se guardan las actas de prueba realizadas por el departamento a las fuentes o por los usuarios, también se guardan en la carpeta de cada programa.

- RC-DIT-010: Este se hace automático con la publicación mediante bitácora.
- RC-DIT-022: Acta de Pruebas Internas, se hace verificación sobre las funciones que cumple y debe cumplir el programa usando estándares de la empresa.
- RC-DIT-014: Acta de entrega, esta acta se enfoca en la funcionalidad del programa vista a través del usuario incluyendo imágenes del programa modificado sin mostrar el código.
- RC-DIT-014: Acta de Pruebas Internas, a diferencia del RC anterior este se enfoca en la funcionalidad del programa vista desde la programación incluyendo imágenes del código modificado.
- Acta Manual de Usuario: En caso de alguna modificación visual que haya afectado el funcionamiento de la aplicación incluyendo nuevos campos se debe realizar la actualización en los manuales de usuario.

Una vez se tenga la documentación y se actualizan las fuentes, se debe proceder en la dirección IP 192.168.1.22\Fuentes Programas\Bitácora a hacer la respectiva publicación del programa después de las pruebas de usuario, al hacer esto la modificación se refleja en cada computador que esté enlazado a la red interna, al igual se envía un correo de respuesta con la solicitud tramitada si pasados los 5 días no hay correo que contenga errores de la aplicación o algo que se haya pasado por alto al realizar las pruebas, se dará por terminada la solicitud.

Por último, se debe guardar la documentación tanto en el computador de la compañía como en la base de datos, para esto se debe ingresar al programa "Aplicación de documentos digitales" con esto los documentos están resguardados en el servidor principal de la compañía, agregándole imagen del correo de solicitud y correo de entrega.

#### IV. RESULTADOS

El área de gerencia informática y telecomunicaciones es la encargada de solucionar cualquier inconveniente enfocado a hardware y software, también es el área encargada del control de las aplicaciones y accesos a las mismas.

La práctica empresarial con duración de 6 meses se enfocó generalmente en la programación de los aplicativos manejados por la entidad, al igual que aplicación de soporte técnico en caso de fallos de código y errores de compilación, también se presentaron ocasiones en donde se requería consultas los datos encontrados se entregaron creando una conexión a base de datos desde un documento Excel, además modificaciones de procedimientos hasta creación para reemplazar los antiguos por motivos como cambios de políticas de la empresa o por cumplimiento para la ley de salud.

En el transcurso de 6 meses de práctica se manejaron un total de 10 solicitudes, 5 de estas fueron asignadas con un número de solicitud en el servidor principal, las 10 solicitudes tuvieron las siguientes especificaciones:

##### 1. *Tecnología: Visual Basic, SQL*

Descripción: En la opción tablas - eliminar/modificar fórmula de medicamento, se debe crear un permiso especial para los medicamentos solicitados por CTC y se permita anular esa fórmula, el permiso especial solo será asignado a una persona en la empresa.

##### 2. *Tecnología: Visual Basic, SQL y Business Intelligence*

Descripción: En el acta de entrega de medicamentos presenta múltiples errores entre los cuales

se requiere que se organiza el nombre y cargo del personal que solicita la impresión además de traer la información de la cantidad entregada, laboratorio y observaciones, además se debe ligar el acta de entrega a la matriz de información de medicamentos indicando la fecha en que el promotor imprime el acta en el sistema.

##### 3. *Tecnología: Visual Basic y SQL*

Descripción: Teniendo en cuenta que existen varios órdenes de pedido que se encuentran ligadas a varios ID por lo que se pueden generar varias órdenes de pedido para diferentes usuarios por eso se requiere crear una opción donde se solicite documentación ya sea por orden de pedido o por ID.

##### 4. *Tecnología: Visual Basic y SQL*

Descripción: Habilitar en el aplicativo de medicamentos específicamente en el módulo "ingreso de fórmulas para afiliados" la opción de cargar fórmulas de prescripción de medicamentos cuya vigencia sea para 1 a 6 meses aclarando que el periodo de estas fórmulas siempre es mensual.

##### 5. *Tecnología: Visual Basic y SQL*

Descripción: Se requiere la adición de un nuevo campo alfanumérico en el módulo "PIEFI-Captura PIEFI Grupo Focal: Potenciales Afiliados Piefi Avanzado" para cargar la dirección del afiliado seguido del teléfono.

##### 6. *Tecnología: SQL*

Descripción: Se requiere una revisión en la opción "Archivo Plano Sismed" debido a que los códigos se duplican y no se está teniendo en cuenta que se debe notificar un solo código teniendo en cuenta la factura mínima y máxima, así como el valor.

##### 7. *Tecnología: Visual Basic y SQL*

Descripción: En el módulo "Eliminar fórmulas de medicamentos" se requiere un campo donde se pueda diferenciar un registro del otro, ya que al momento de anular por mal cargue, no es posible anularlos.

### 8. Tecnología: Visual Basic y SQL

Descripción: Se solicita que en el programa “Fichas Factores de Riesgo”, en la opción reporte general, se modifique la vista inicial y permita dos opciones para filtrar el reporte por fecha de la visita o fecha de digitación.

### 9. Tecnología: SQL

Descripción: Se requiere del aplicativo “Cooperativa” en el módulo llamado inventario institucional, se solicita generar un consolidado de la información cargada en el módulo, ya que no existe la opción que permita hacerlo.

### 10. Tecnología: ASP.Net y SQL

Descripción: En la aplicación Web de la empresa en el menú “Gestión Estratégica- Asesoría Jurídica- Reporte Tutelas- Informe Matriz de Tutelas” se requiere la creación de tres filtros y con cada filtro debe traer datos específicos del servidor principal y generar un documento en Excel que permita visualizar los datos recogidos.

### 11. Tecnología: SQL

Descripción: Se requiere el ingreso de nuevos afiliados en vista que no se ven reflejados en el servidor principal y los afiliados debe ser tener que actualizar datos a medida que se soliciten.

### 12. Tecnología: Visual Basic y SQL

Descripción: La resolución 2064 del 2017 deroga a la resolución 1683 del 2015 con la que se venía reportando mensualmente las “negaciones del NO POS” en la plataforma PIS de salud y Protección Social, es por ello necesario ampliar los campos a diligenciar en el momento de las negaciones, pues así lo exige la norma.

### 13. Tecnología: ASP.Net y SQL

Descripción: La página Web de Ecoopsos maneja un periodo de tiempo para las actas creadas por CTC, cuando las dos fechas del acta no concuerdan se solicita al departamento de sistemas modificar una de las fechas manualmente mediante un Script, sin embargo, el Gerente de Informática y Telecomunicaciones considera que es una media ambigua por lo que asigna la creación de un nuevo campo en el menú de la página Web el cual permita que los empleados modifiquen la fecha por su propia cuenta.

Lo anterior escrito también se representará en una serie de imágenes las Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 y Fig. 8 donde se hace una descripción de lo solicitado en cada uno de los casos tratados en la práctica además de las respectivas referencias consultadas para cada caso, por otro lado, en la Fig. 9 se puede visualizar la relación entre tecnologías usadas según el número de casos atendido.

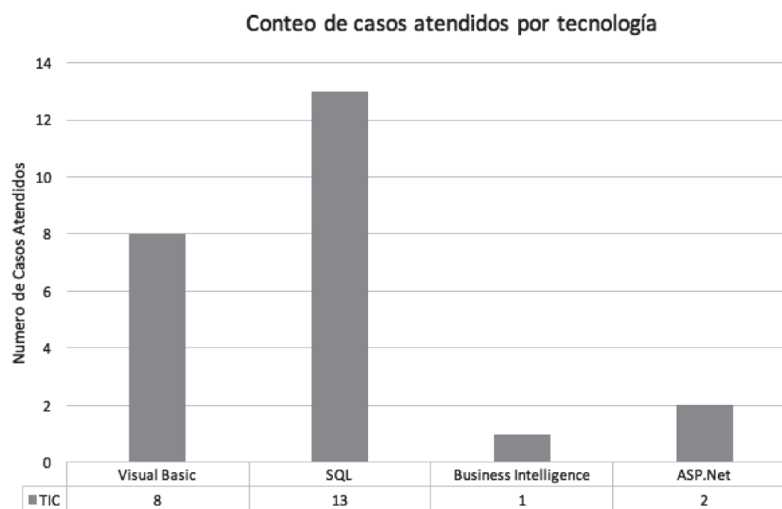


Fig. 5. Gráfico de casos atendidos y relación de tecnologías usadas según el caso. Fuente: El Autor.

Número de Solicitud	Tecnología	Descripción
4	Visual Basic y SQL	Habilitar en el aplicativo de medicamentos específicamente en el módulo “ingreso de fórmulas para afiliados” la opción de cargar fórmulas de prescripción de medicamentos cuya vigencia sea para 1 a 6 meses aclarando que el periodo de estas fórmulas siempre es mensual.
5	Visual Basic y SQL	Se requiere la adición de un nuevo campo alfanumérico en le modulo “PIEFI-Captura PIEFI Grupo Focal: Potenciales Afiliados Piefi Avanzado” para cargar la dirección del afiliado seguido del teléfono.
6	SQL	Se requiere una revisión en la opción “Archivo Plano Sismed” en razón de que los códigos se duplican y no se está teniendo en cuenta que se debe notificar un solo código teniendo en cuenta la factura mínima y máxima, así como el valor.
7	Visual Basic y SQL	En el módulo “Eliminar fórmulas de medicamentos” se requiere un campo donde se pueda diferenciar un registro del otro, ya que al momento de anular por mal cargue, no es posible anularlos.

Fig. 6. Casos atendidos (Parte 1). Fuente: El autor.

Número de Solicitud	Tecnología	Descripción
8	Visual Basic y SQL	Se solicita que en el programa “Fichas Factores de Riesgo”, en la opción reporte general, se modifique la vista inicial y permita dos opciones para filtrar el reporte por fecha de la visita o fecha de digitación.
9	SQL	Se requiere del aplicativo “Cooperativa” en el módulo llamado inventario institucional, se solicita generar un consolidado de la información cargada en el módulo, ya que no existe la opción que permita hacerlo.
10	ASP.Net y SQL	En la aplicación Web de la empresa en el menú “Gestión Estratégica- Asesoría Jurídica- Reporte Tutelas- Informe Matriz de Tutelas” se requiere la creación de tres filtros y con cada filtro debe traer datos específicos del servidor principal y generar un documento en Excel que permita visualizar los datos recogidos.
11	SQL	Se requiere el ingreso de nuevos afiliados en vista que no se ven reflejados en el servidor principal y los afiliados debe ser tener que actualizar datos a medida que se soliciten.

Fig. 7. Casos atendidos (Parte 2). Fuente: El autor.



Número de Solicitud	Tecnología	Descripción
1	Visual Basic, SQL	En la opción tablas – eliminar/modificar formula de medicamento, se debe crear un permiso especial para los medicamentos solicitados por CTC y se permita anular esa fórmula, el permiso especial solo será asignado a una persona en la empresa.
2	Visual Basic, SQL y Business Intelligence	En el acta de entrega de medicamentos presenta múltiples errores entre los cuales se requiere que se organice el nombre y cargo del personal que solicita la impresión además de traer la información de la cantidad entregada, laboratorio y observaciones, además se debe ligar el acta de entrega a la matriz de información de medicamentos indicando la fecha en que el promotor imprime el acta en el sistema.
3	Visual Basic y SQL	Teniendo en cuenta que existen varias órdenes de pedido que se encuentran ligadas a varios ID por lo que se pueden generar varias órdenes de pedido para diferentes usuarios por eso se requiere crear una opción donde se solicite documentación ya sea por orden de pedido o por ID.

Fig. 8. Casos atendidos [Parte 3]. Fuente: El autor.

Número de Solicitud	Tecnología	Descripción
12	Visual Basic y SQL	La resolución 2064 del 2017 deroga a la resolución 1683 del 2015 con la que se venía reportando mensualmente las “negaciones del NO POS” en la plataforma PIS de salud y Protección Social, es por ello necesario ampliar los campos a diligenciar en el momento de las negaciones, pues así lo exige la norma.
13	ASP.Net y SQL	La página Web de Ecoopsos maneja un periodo de tiempo para las actas creadas por CTC, cuando las dos fechas del acta no concuerdan se solicita al departamento de sistemas modificar una de las fechas manualmente mediante un Script, sin embargo, el Gerente de Informática y Telecomunicaciones considera que es una media ambigua por lo que asigna la creación de un nuevo campo en el menú de la página Web el cual permita que los empleados modifiquen la fecha por su propia cuenta.

Fig. 9. Casos atendidos [Parte 4]. Fuente: El autor.

## V. CONCLUSIONES

Al ingresar a la empresa, contaba con una mínima experiencia en temas de programación, además contaba con un conocimiento básico en manejo de base datos entre otras herramientas; con el paso del tiempo, los retos laborales me impulsaron a indagar por mi cuenta sobre los temas técnicos que iba necesitando para resolver los problemas técnicos.

Adicionalmente, la práctica empresarial me proporciono un espacio en donde resolvía problemas reales pero al mismo tiempo tenía un acompañamiento de todo el equipo técnico para apropiarse de las herramientas y capacitarme en las plataformas que iba requiriendo.

El aprendizaje adquirido durante la práctica esta enfocado al manejo y mantenimiento de aplicaciones, correcciones de código, optimización de procedimientos y apoyo a labores de específicas de programación.

En ese sentido, los conocimientos adquiridos fueron integrales, de tal manera que adquirí competencias técnicas en diferentes herramientas, y también me desenvolví en un ambiente de trabajo en equipo, brindandome habilidades de comunicación y entendimiento con el personal.

En conclusion, el proceso de formación en la universidad provee herramientas que son satisfactorias en el mundo laboral sin embargo hay muchas otras que solo se obtienen a través de la experiencia, como lo fue en el caso de solicitudes a la medida, documentación de modificaciones, documentación de subsistemas y documentación de códigos ingresados, convirtiéndose en una experiencia agradable por el entorno laboral y la colaboración del personal del área de informática.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Ecoopsos. (noviembre de 2017). *Ecoopsos ESS EPS-S*. Obtenido de [www.ecoopsos.com.co/index.php/plataforma-corporativa](http://www.ecoopsos.com.co/index.php/plataforma-corporativa)



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN ENTERA NO LINEAL EN UN AMBIENTE JOB-SHOP Y MÁQUINAS EN SERIE Y PARALELO

## *A whole non-linear programming mathematical model within a job-shop environment along with serial and parallel machines*

CESAR AUGUSTO PINEDA PEREZ<sup>1</sup>

*Recibido: 14 de Diciembre de 2017 Aceptado: 28 de Diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a41>

### RESUMEN

Este artículo presenta un modelo de programación matemática no lineal entera mixta para resolver un problema de programación de máquinas en serie y en paralelo en un entorno Job-Shop. El modelo PNLEM determina el makespan, la secuencia y la ruta de ejecución de los trabajos en las diferentes máquinas.

**Palabras clave:** Calendario, Job Shop, Makespan

### ABSTRACT

This article presents a mathematical programming model of mixed whole nonlinear programming to solve a problem of scheduling of machines in series and in parallel in a job shop environment. The PNLEM model determines the makespan, the sequence and route of execution of the works in the different machines.

**Keywords:** Scheduling, Job Shop, Makespan.

## I. INTRODUCCIÓN

LAS INDUSTRIAS manufactureras se ven enfrentadas con problemas de programación de trabajos en máquinas en serie y en paralelo, específicamente lo que se denomina problemas de Scheduling[2]. Estos problemas se vuelven más complejos si se aumenta el número de máquinas ya sea en serie y/o en paralelo. Esta situación plantea la necesidad de que las empresas utilicen técnicas y/o algoritmos (heurísticas, metaheurísticas o de programación matemática), con el objeto de obtener la mejor secuencia de ejecución de los trabajos programados y asimismo obtener el menor tiempo posible de ejecución de todos los trabajos (makespan).

En el escenario de la competitividad, en un mundo globalizado, las obligaciones empresariales de

cumplir las fechas de entrega y responder oportunamente a los pedidos, genera en las empresas industriales la necesidad de implementar técnicas que redunden en beneficios (el mejor scheduling en sus diferentes propósitos u objetivos).

Estas acciones inducen a que las organizaciones sean cada vez más inteligentes, es decir, utilicen todos los medios tecnológicos, técnicas de optimización, gestión de operaciones, en fin, para que la empresa sea más competitiva y económicamente sostenible. Estas necesidades son aún más imperativas si se considera la limitación de los recursos (energía, combustible, electricidad, factor humano, factor maquina). La minimización del uso de los recursos genera menores costos de producción.

Adicional a lo anterior, la gestión comercial de las empresas tienen por objetivo primario obtener

<sup>1</sup> Magíster en Ingeniería Industrial, Especialista en Ingeniería de Producción e Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital. Docente investigador del Grupo O.C.A de la Corporación Universitaria Republicana. Correo Electrónico: cesarpinedaperez@yahoo.es

<sup>2</sup> Se debería explorar los modelos no lineales de forma más extensiva en los problemas de scheduling y asimismo disponer de un compilador adecuado para resolver estos modelos.

ganancias y este beneficio se podrá incrementar si se obtiene una óptima secuencia de ejecución de los trabajos en las diferentes máquinas a un menor tiempo de ejecución total (makespan) [1][2][3][4].

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el propósito de este artículo es abordar un problema particular de scheduling de máquinas en serie y en paralelo en un ambiente Job-shop, cuyo tratamiento será a través de la programación matemática

Los problemas de Scheduling en la programación de máquinas en paralelo y no paralelas, consiste en procesar una serie de trabajos en un número de máquinas en serie y en paralelo.

Uno de los objetivos más comunes es la minimización del makespan. En particular, cada trabajo tiene que ser procesado por exactamente una máquina, y los tiempos de procesamiento no tienen que ser los mismos para todas las máquinas ya sean en serie o en paralelo. Dentro de los problemas combinatorios, este problema se ha denominado matemáticamente NP-Hard.

La versión más simple con dos máquinas paralelas idénticas ya se demostró ser NP-Hard por Lenstra, Rinnooy Kan y Brucker [5][6][7]. La literatura respecto a este tema está referido en libros como Pinedo, Sule, o a revisiones de los problemas de programación paralelos de máquina como Allahverdi y Kravchenko y Werner [8][9][10][11].

## II. MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático de programación no lineal entera mixta determina el Makespan y las rutas óptimas de ejecución de los trabajos. La formulación del modelo es el siguiente:

### A. Índices

i tipo de maquina	$i = 1, 2, \dots, I$
j tipo de trabajo	$j = 1, 2, \dots, J$
k maquinas en paralelo	$k = 1, 2, \dots, K$
L restricciones disyuntivas	$L = 1, 2, \dots, w$

### B. Parámetros

$t_{ij}$  = Tiempo de elaboración del trabajo j en la máquina tipo i

### C. Variables de decisión

$X_{ij}$  : Tiempo de inicio del trabajo tipo "j", en la máquina "i", donde,  $i = 1, 2, \dots, m$  y  $j = 1, 2, \dots, n$

MS: Máximo tiempo de flujo "Makespan"

$B_{ij}$  : Variable binaria que expresa la condición de comenzar una orden de trabajo primero con respecto a otra que se puede elaborar al mismo tiempo.

$V_L$ : Variable binaria que expresa la condición de activar o desactivar una restricción disyuntiva.

### D. Modelo Matemático PNLEM

Minimizar  $z = MS$

Sujeto a:

#### 1. Restricciones de secuencia

$r, s \in$  conjunto de máquinas I  
 r maquina única  
 s maquina única  
 r precede a s

$$X_{rj} + t_{rj} \leq X_{sj}$$

$r, s \in$  conjunto de máquinas I  
 r maquina única  
 s maquina paralela idéntica  
 r precede a s o s precede a r (job-shop)  
 k maquinas en paralelo  
 r precede a s

$$(X_{rj} + t_{rj} - X_{s1,j})(1 - B_{s2,j} - B_{s3,j} - \dots - B_{sn,j}) \leq 0 \text{ para cada } j$$

S precede a r

$$(X_{s1,j} + t_{s1,j} - X_{rj})(1 - B_{s2,j} - B_{s3,j} - \dots - B_{sn,j}) \leq 0 \text{ para cada } j$$

$$(X_{sn,j} + t_{sn,j} - X_{rj})(1 - B_{s1,j} - B_{s2,j} - \dots - B_{sn-1,j}) \leq 0 \text{ para cada } j$$

#### 2. Restricciones de interferencia

$P, q \in$  conjunto de trabajos J  
 $r, s \in$  conjunto de máquinas I

Si r es maquina única

$$X_{rp} + t_{rp} \leq X_{rq} + V_L M, \text{ para cada } i, \text{ para cada } L$$

$$X_{rq} + t_{rq} \leq X_{rp} + (1 - V_L) M, \text{ para cada } i, \text{ para cada } L$$

Si s es maquina paralela idéntica y k maquinas en paralelo

$$(X_{s1,p} + t_{s1,p} - X_{s1,q} - V_L M)(B_{s1,p} * B_{s1,q}) \leq 0 \text{ para cada } S_k \in I \quad \text{Para cada } L$$

$$(X_{s1,q} + t_{s1,q} - X_{s1,p} - (1-V_L)M)(B_{s1,p} * B_{s1,q}) \leq 0 \text{ para cada } S_k \in I \quad \text{Para cada } L$$

$$(X_{sn,p} + t_{sn,p} - X_{sn,q} - V_L M)(B_{sn,p} * B_{sn,q}) \leq 0 \text{ para cada } S_k \in I \quad \text{Para cada } L$$

$$(X_{sn,q} + t_{sn,q} - X_{sn,p} - (1-V_L)M)(B_{sn,p} * B_{sn,q}) \leq 0 \text{ para cada } S_k \in I \quad \text{Para cada } L$$

**3. Asignación de trabajo j en maquina i de acuerdo al job-shop**

$$B_{ij} = 1, \text{ para cada } j \text{ (si se ejecuta trabajo } j \text{ en maquina } i)$$

$$B_{ij} = 0, \text{ para cada } j \text{ (si no se ejecuta trabajo } j \text{ en maquina } i)$$

**4. Trabajo j no se ejecuta en maquina paralela  $S_k \in I$**

$$B_{sk,j} = 0, \text{ para cada } j$$

**5. Restricción de makespan**

$$g \in I$$

g es la maquina donde se realiza la última operación de la secuencia del trabajo tipo j

$$X_{gj} + t_{gj} \leq MS$$

**6. Restricción de binarias totales para las maquinas en paralelo**

$$\sum_{k=1} B_{sk,j} = 1, \text{ para cada } j, \text{ para cada } s$$

**III. APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO**

Una empresa manufacturera tipo taller (Job - Shop) recibe 4 órdenes de producción para ser procesadas en su planta, la misma tiene 4 máquinas i de las cuales, la maquina 3 tiene 2 tipos y trabajan en paralelo, la tabla es la siguiente:

**Tabla I.** Relación de máquinas, tipo y secuencia.

Maquinas	J1		J2		J3		J4	
	t(ij)	Secuencia	t(ij)	Secuencia	t(ij)	Secuencia	t(ij)	Secuencia
M1	8	1	6	1				
M2	4	2			7	1	3	3
M3A	5	3	7	2	8	2	5	1
M3B	5	3	7	2	8	2	5	1
M4			3	3	2	3	9	2

La corrida de este modelo se hace con el programa GAMS, compilador CONNUE. Los resultados obtenidos se visualizan en la Tabla II.

Se observa que la máquina 3 es usada alternativamente por la secuencia 3 y 4 rebajando el makespan en serie de 26 a 23. Fig. 1.

Tabla II. Corrida con el programa GAMS.

Máquina i	Orden j	X	t	B(i, j)	Termino
1	1	6	8	1	14
1	2	0	6	1	6
2	1	14	4	1	18
2	3	2	7	1	9
2	4	20	3	1	23
3A	1	18	5	1	23
3A	2	11	7	1	18
3A	3	-	8	0	-
3A	4	-	5	0	-
3B	1	-	5	0	-
3B	2	-	7	0	-
3B	3	9	8	0	17
3B	4	4	5	0	9
4	2	20	3	1	23
4	3	18	2	1	20
4	4	9	9	1	19

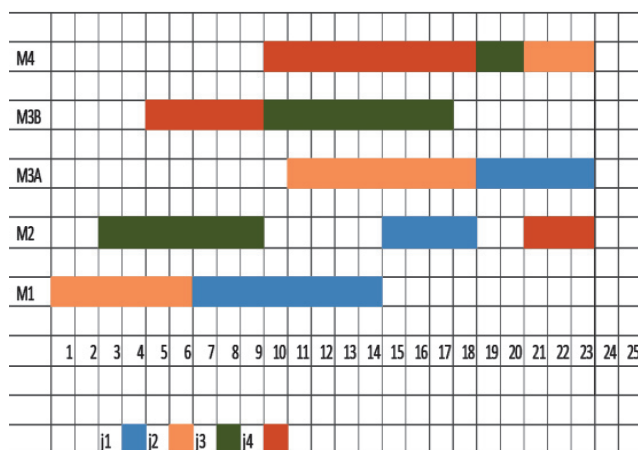


Fig. 1. Diagrama GANTT.

#### IV. CONCLUSIONES

Este modelo de programación no lineal entera mixta es altamente NP-HARD. A medida que aumentan las máquinas en paralelo y las máquinas

en serie, el modelo es aún más complejo y se convierte en un modelo NP-HARD duro. Por lo tanto, es necesario, utilizar software científico para compilar y correr el modelo.

#### REFERENCIAS

- [1] A. P. Gnetis, P. Detti, et al., «Scheduling non-preemptive jobs on parallel machines subject to exponential unrecoverable interruptions», *Computers & Operations Research* 79: 109-118. 2017.
- [2] A. C. Beezão, J. F. Cordeau, et al., «Scheduling identical parallel machines with tooling constraints», *European Journal of Operational Research* 257(3): 834-844. 2017.
- [3] A. Cataldo, A. Perizzato, et al., «Production scheduling of parallel machines with model predictive control», *Control Engineering Practice* 42: 28-40. 2015.
- [4] B. C. Choi, M. J. Park, «Two-agent parallel machine scheduling with a restricted number of overlapped reserved tasks», *European Journal of Operational Research* 260(2): 514-519. 2017.
- [5] L. Epstein and E. Kleiman, «Scheduling selfish jobs on multidimensional parallel machines», *Theoretical Computer Science* 694: 42-59. 2017.
- [6] L. Fanjul-Peyro, F. Perea, et al. «Models and matheuristics for the unrelated parallel machine scheduling problem with additional resources», *European Journal of Operational Research* 260(2): 482-493. 2017.
- [7] A. Gara-Ali, G. Finke, et al. «Parallel-machine scheduling with maintenance: Praising the assignment problem», *European Journal of Operational Research* 252(1): 90-97. 2016.
- [8] P. Györgyi, «A PTAS for a resource scheduling problem with arbitrary number of parallel machines». *Operations Research Letters* 45(6): 604-609. 2017.
- [9] P. Györgyi and T. Kis, «Approximation schemes for parallel machine scheduling with non-renewable resources», *European Journal of Operational Research* 258(1): 113-123. 2017.
- [10] D. Jiang and J. Tan. «Scheduling with job rejection and nonsimultaneous machine available time on unrelated parallel machines.» *Theoretical Computer Science* 616: 94-99. 2016.
- [11] Y. Jiang, T. Li, et al. «Kinematic error modeling and identification of the over-constrained parallel kinematic machine.» *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 49: 105-119. 2018.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PARA LA LECTURA CRÍTICA EN LA FORMACIÓN INVESTIGATIVA EN UN GRUPO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

*Strategical learning proposal for critical reading on the research  
training in a group of industrial engineering students*

ALDO PIÑEDA GERALDO<sup>1</sup>, MARTHA LÓPEZ TRUJILLO<sup>2</sup>

*Recibido:16 de diciembre de 2017. Aceptado:30 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a42>

## RESUMEN

Se presentan los resultados de un trabajo de investigación sobre las competencias lectoras de los estudiantes universitarios de Ingeniería Industrial, pertenecientes de últimos semestres. El objetivo fue proponer estrategias de aprendizaje de lectura crítica que fortalecen la formación investigativa en el aula. Se propuso identificar las percepciones que los estudiantes tienen de sus competencias para la lectura crítica en la formación investigativa.

El enfoque fue descriptivo-cualitativo y el método microetnográfico. Se identificaron las características de los estudiantes y docentes, estrategias de aprendizaje, recursos materiales y tecnológicos.

El enfoque teórico fue constructivista; histórico sociocultural de Vygotsky, aprendizaje significativo de Ausubel y se retoma el concepto de metacognición de Pozo, entre otros conceptos y autores. Se identificó la necesidad de desarrollar las competencias lectoras de manera transversal, tanto con el apoyo de los talleres de lectura, como en la apropiación de los docentes de las distintas asignaturas para desarrollar las habilidades lectoras con estrategias que apuntan a trabajar en la microestructura, macroestructura y superestructura de textos disciplinares. Se identificaron algunas de las falencias, tanto de los estudiantes, como de las asignaturas, los espacios de aprendizaje y se realizan recomendaciones en busca de solucionar dichas dificultades.

**Palabras clave:** Estrategia, aprendizaje, lectura crítica, formación investigativa, estudiantes de ingeniería.

## ABSTRACT

The results of a research work on the reading skills of university students of Industrial Engineering, belonging to the last semesters, are presented. The objective was to propose critical reading learning strategies that strengthen research training in the classroom. It was proposed to identify the perceptions that students have of their competences for critical reading in research training.

The focus was descriptive-qualitative and the microethnographic method. The characteristics of the students and teachers, learning strategies, material and technological resources were identified.

The theoretical approach was constructivist; sociocultural history of Vygotsky, significant learning of Ausubel and the concept of metacognition of Pozo, among other concepts and authors. The need to develop reading skills in a transversal way was identified, both with the support of the reading workshops, and in the appropriation of the teachers of the different subjects to develop the reading skills with strategies that aim to work in the microstructure, macrostructure and superstructure of disciplinary texts. Some of the shortcomings were identified, both of the students, as of the subjects, the learning spaces and recommendations are made in order to solve these difficulties.

**Keywords:** Strategy, learning, critical reading, research training, engineering students.

- 1 Antropólogo Físico de la Escuela Nacional de Antropología e Historia de México, D.F. Posgrado en Ergonomía de la Universidad El Bosque. Docente-Investigador de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas del programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Republicana, Bogotá. Colombia. Correo electrónico: apineda@urepublicana.edu.co
- 2 Antropóloga Social de la Universidad de los Andes. Maestría en Antropología Social de la Universidad Iberoamericana de México, D.F. Maestría en Docencia de la Educación Superior de la Universidad El Bosque. Correo electrónico: lopezmartha@unbosque.edu.co

## I. INTRODUCCIÓN

ESTE PROYECTO de investigación, surgió del interés por indagar sobre los procesos de aprendizaje de lectura en la formación investigativa en el aula, en un grupo de estudiantes universitarios de Ingeniería Industrial. El planteamiento del problema, permitió evidenciar que los estudiantes universitarios tienen dificultades para desarrollar proyectos de investigación, debido a sus escasas competencias en comprensión lectora y lectura crítica, así como: el manejo apropiado de herramientas tecnológicas para la búsqueda y selección de fuentes bibliográficas, la adecuada argumentación del problema de investigación y uso apropiado de las normas metodológicas. Estos estudiantes obtuvieron puntajes bajos en las pruebas Saber-Pro en 2013 con una leve mejora en 2014, en la competencia genérica de lectura crítica, lo cual corrobora dichas debilidades.

Por su parte, los docentes requieren evaluar sus procesos pedagógicos en el acompañamiento que realizan con los estudiantes para la formación investigativa, a fin de encontrar estrategias adecuadas que permitan desarrollar las competencias necesarias no sólo para culminar sus estudios, si no para formar profesionales capaces de resolver los problemas de la sociedad y con las fortalezas necesarias para integrarse a grupos interdisciplinarios. Tomando en cuenta la problemática planteada, el estudio abordó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las estrategias de aprendizaje de la competencia lectora que permiten fortalecer el proceso de formación investigativa en el aula de los estudiantes?

Se trazó como objetivo: proponer estrategias de aprendizaje de la lectura que fortalecen la formación investigativa en el aula para los estudiantes. Se propuso identificar las percepciones que los estudiantes tienen de sus competencias para la lectura crítica en la formación investigativa.

El estudio tuvo un enfoque cualitativo y descriptivo del contexto de aula, el método fue microetnográfico. Se identificaron las características de los estudiantes y docentes, estrategias de aprendizaje, recursos materiales y tecnológicos. La muestra estuvo compuesta por 58 estudiantes., 19 mujeres, 39 hombres y dos docentes.

Para la investigación fue necesario seleccionar tres instrumentos que permitieron recolectar los datos: una guía de observación semiestructurada en el aula, una guía de entrevista semiestructurada para docentes y estudiantes, se registraron las grabaciones de audio para transcribirla textualmente y encuestas para estudiantes tipo Likert.

Desde el enfoque teórico, se apoya el trabajo en el constructivismo; en particular el enfoque histórico sociocultural de Vygotsky, el aprendizaje significativo de Ausubel [1] y se retoma el concepto de metacognición de Pozo, entre otros conceptos y autores, que consideran fundamental tener un conocimiento adecuado de los estudiantes para apoyar sus procesos de aprendizaje.

## II. ENFOQUE TEÓRICO HISTÓRICO – SOCIOCULTURAL

Desde el punto de vista teórico, se plantea el enfoque histórico - sociocultural propuesto por Vygotsky para el análisis del aprendizaje de la lectura crítica en el contexto de la investigación formativa en el aula, por su cercanía al modelo constructivista también se retoman conceptos que se consideran claves para esta investigación.

Para desarrollar habilidades investigativas el estudiante requiere aprender a aprender, esto es; tener herramientas para construir su propio aprendizaje, las cuales dependerán de su contexto sociocultural, por esta razón los aspectos biológicos, culturales y de la interacción social son esenciales a los procesos de aprendizaje. Según De Zubiría [2]:

*La integración Vygotskiana consiste en reconocer parte de sus explicaciones tanto al asociacionismo como al maduracionismo. Al primero le reconoce la existencia de las ideas en el mundo exterior, en la cultura, al mismo tiempo que se distancia de su consideración de que estas existan en los objetos y por consiguiente puedan abstraerse inductivamente de los mismos.*

*Al maduracionismo le reconoce el que el individuo sea quien realiza el proceso de aprendizaje, pero se distancia de éste en cuanto estos conocimientos ya han sido construidos previamente por la cultura.*



*ra y por consiguiente provienen del mundo exterior (1999. p.113).*

La concepción del aprendizaje en esta teoría, examina el valor de la mediación de las instituciones sociales; la familia, la escuela, la comunidad y de esta manera se verifica que el proceso no es propiamente de construcción sino de reconstrucción, según el contexto sociocultural en que se encuentra enmarcado el estudiante. Para Vygotsky, existe una permanente interacción entre aprendizaje y desarrollo, que lleva a plantear la importancia crucial de la "Zona de desarrollo próximo", por lo cual es necesario indagar, sobre las competencias y experiencias que ha desarrollado el estudiante, previo al avance de las asignaturas, y de esta forma identificar cuales aspectos requieren fortalecerse y permitir un adecuado anclaje de los nuevos conocimientos [3].

En esta teoría se identifican conceptos fundamentales como son:

Las zonas de desarrollo; real, próximo y potencial, que corresponde a diferentes momentos del proceso de aprendizaje. En palabras de Vygotsky el nivel próximo es: "la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema" [3]. En el intervalo entre la zona real y potencial, es básico el andamiaje -la conexión entre una y otra estructura- que corresponde a la consolidación de la estructura cognitiva y permite anclar el conocimiento. Para ello, es útil que el docente trabaje en la memoria de conceptos fundamentales, así como en la construcción de nuevo conocimiento tanto por la vía del descubrimiento de la interacción con sus pares, como el desarrollo de ejercicios o problemas significativos.

Se considera que el trabajo por problemas, es el que más contribuye a movilizar la construcción del conocimiento. Se requiere que el docente tenga claro que no existe una única solución, en esta búsqueda se pone en juego la creatividad y diversidad de pensamiento de los estudiantes, contrario a lo que sucede con el ejercicio, para el cual solo hay una respuesta. En la formación investigativa, el estudiante debe identificar y proponer problemas significativos para los cuales debe desarrollar sus

competencias de comprensión lectora y pensamiento crítico, y con dicha información trabajar en la resolución de los mismos [4].

Por otra parte, en el aprendizaje de herramientas para la investigación es necesario el trabajo grupal, según Carretero "La contribución de Vygotsky ha significado para las posiciones constructivistas que el aprendizaje no sea considerado como una actividad individual, sino más bien social" [3]. Destaca que el aprendizaje colaborativo es favorecedor del intercambio y discusión de ideas. En los actuales tiempos en que se imponen perspectivas múltiples e interdisciplinariedad en el campo laboral, es un requisito para el éxito del futuro profesional fortalecer sus competencias para trabajar en grupo y en procesos de aprendizaje autónomo, por lo tanto es valioso que aprendan en procesos colaborativos.

Por su parte, la identificación de la zona de desarrollo real requiere que el profesor indague y reflexione sobre los antiguos y nuevos contextos en que se mueven sus estudiantes, que son producto de los cambios socioculturales que traen los procesos de globalización, cambios en la organización familiar, desarrollos tecnológicos, entre otros, que influyen en los estilos de aprendizaje de los jóvenes. Es necesario generar nuevas alternativas didácticas, curriculares y evaluativas, para responder a estos retos.

Pozo, plantea siguiendo a Vygotsky, la importancia de identificar las creencias, experiencias y en general el contexto previo en que se desarrolló el estudiante; su proceso de socialización, articulado a su bagaje cultural y aprendizaje informal, todo lo cual se relaciona con el proceso de aprendizaje formal [4].

Esta necesidad de reconocer individualmente al docente nos lleva a identificar la utilidad de escucharlo, así como ayudarlo a reconocer y valorar su propio proceso de aprendizaje. Se requiere generar empatía y un diálogo que permita comprender al estudiante y llevarle a superar dificultades por medio de la reconfiguración cognitiva y comportamental, movilizado por las tutorías entre otras estrategias.

Adicionalmente, desde la teoría constructivista de Ausubel, Novak y Hanesian (2006) propone tra-

bajar sobre el aprendizaje significativo e indica: El aprendizaje debe ser una actividad significativa para la persona que aprende, tal significatividad está estrechamente relacionada con la existencia de relaciones entre el conocimiento nuevo y la experiencia previa que posee el alumno [5].

La comprensión permite la superación de la memoria de corto plazo y la apropiación del conocimiento, que no solo tiene por fin aprobar el examen. “Para Ausubel, aprender es sinónimo de comprender. Por ello, lo que se comprende será lo que se aprenderá mejor porque quedará integrado en nuestra estructura de conocimiento” [3].

Por esta razón, las temáticas para la investigación de los estudiantes, deben estar centradas en sus intereses, responder a necesidades de su contexto, a su curiosidad y nunca ser impuestas, pues perderán significatividad, sin embargo, ello implica que el joven se interese por conocer dicho contexto para identificar aquello que le interesa y requiere para su formación, una buena comprensión lectora es fundamental para lograrlo.

Complementa las ideas sobre la construcción de conocimiento, el psicólogo Jean Piaget, quien subraya que el aprendizaje debe estar centrado en el alumno, identificar su singularidad y el valor que la motivación tiene. Al docente corresponde ser capaz de interesarlo en la construcción de su propio conocimiento, apreciar todos estos aspectos cumplen una función aún más importante en la formación para la investigación. Algunos de los postulados Piagetianos a tener en cuenta, son: el aprendizaje es un proceso activo en el cual el aprendiz reconstruye y formula nuevos conceptos basados en sus conocimientos anteriores. Lo importante es el proceso no el resultado, por tanto los procesos evaluativos deben ser repensados, no como evaluaciones sumarias, por el contrario el énfasis debe estar en la valoración cualitativa-cuantitativa del proceso [3].

El estudiante aprende «cómo» aprende, no solamente «qué» aprende, el docente debe incentivar la permanente evaluación, incluyendo la de sus pares y su autoevaluación, con lo cual se espera movilizar sus estrategias de aprendizaje y optimizarlas a lo largo del proceso educativo. Este último aspecto alude a un concepto constructivista muy interesante con gran potencial para trabajar

en procesos de formación investigativa, la metacognición, es la:

*Existencia de algún mecanismo de carácter intrapsicológico que nos permite ser conscientes de algunos de los conocimientos que manejamos y de algunos de los procesos mentales que utilizamos para gestionar esos conocimientos [6].*

Las competencias lectoras se aprecian desde esta perspectiva como un factor fundamental para que el estudiante aprenda a aprender, por esta razón el enfoque constructivista resulta apropiado para buscar las estrategias pertinentes al desarrollo de las habilidades para investigar.

### III. ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

De acuerdo al diccionario enciclopédico de didáctica, una estrategia es el procedimiento adaptativo, encaminado a unos objetivos. Es un vehículo mediador entre los propósitos y los resultados. Se refiere más al cómo se hace, que lo que se hace. Así, las estrategias son operaciones mentales, facilitadoras de la consecución de otros procesos más complejos. Es decir, las estrategias pueden ser para superar un examen o estrategias de enseñanza o aprendizaje [7].

Para diseñar estrategias se ha de tener en cuenta; la perspectiva teórica, la finalidad o meta perseguida, la realidad contextual y aspectos organizativos, sin olvidar que la creatividad debe tener un lugar destacado, que permite la innovación en el ámbito pedagógico [8]. La estrategia didáctica en la educación se puede definir como los procesos de tipo psicológico, que sirven de base a la realización de tareas intelectuales, según García (2004) la estrategia didáctica es:

*Una secuencia de actividades que el docente decide, como facilitadoras de los aprendizajes de los estudiantes, y que contemplan la interacción de los alumnos con determinados contenidos. Es difícil que un docente encuentre criterios explícitos para seleccionar una única estrategia. Siempre debe adecuarse a la forma en que los alumnos aprenden, pero se sabe que las diferencias individuales referidas al aprendizaje interactúan con los diferentes métodos de enseñanza, de tal forma que lo que fun-*

*ciona bien con un alumno puede no valer con otro cuya aptitud y estilo sean diferentes [9].*

Adicionalmente, Delgado y Solano proponen una clasificación de las estrategias didácticas agrupadas en tres tipos, útil particularmente en contextos virtuales [10]. A continuación resumimos dicha propuesta recogiendo algunas estrategias concretas:

- a. **Estrategias centradas en la individualización de la enseñanza**, orientada a la recuperación de información y trabajo con materiales multimedia interactivos. Contratos de aprendizaje, prácticas y técnicas centradas en el aprendizaje crítico y / o en la creatividad.
- b. **Estrategias para la enseñanza en grupo**, centradas en la presentación de información y la colaboración. A partir de: preguntas generadoras, herramientas como el uso del foro para simposios, mesas redondas, panel, entrevista pública, exposición y trabajo grupal.
- c. **Estrategias centradas en el trabajo colaborativo**, trabajo en parejas, rueda o lluvia de ideas, debate, controversia estructurada, juego de roles, estudio de casos, trabajo por proyectos [10].

Para concluir, resaltamos la importancia de las estrategias pedagógicas para solucionar las dificultades de los estudiantes, en este caso con un factor clave en su desarrollo académico la lectura crítica, al respecto De la Torre y colaboradores afirman: *“Dame una estrategia adecuada y alcanzaré cuanto desees. Las estrategias son el punto de apoyo y la palanca para alcanzar objetivos y producir cambios” [8].*

La adecuación de la estrategia está vinculada con el conocimiento del contexto, de ahí la importancia de indagar sobre el contexto de los estudiantes sus fortalezas y debilidades para orientar una adecuada selección de las mismas.

#### IV. LECTURA CRÍTICA Y ESTRATEGIA PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS EN LECTURA

La lectura crítica es una disposición, una inclinación de la persona a tratar de llegar al sentido

profundo del texto, a las ideas subyacentes, a los razonamientos y a la ideología implícita [11].

Las estrategias para desarrollar competencias de lectura crítica y escritura, se identifican como las más importantes en la formación investigativa, Carlino identifica dos tipos de textos académicos y científicos, a decir de esta autora los textos académicos son: *“aquellos que se utilizan para enseñar y aprender en la universidad... materiales de cátedra, manuales, libros y capítulos de libros” [12].* A diferencia de los textos científicos elaborados por los investigadores, para dar a conocer sus trabajos en artículos de revista de investigación, tesis, ponencias, informes y proyectos de investigación.

A pesar de la importancia de la lectura de documentos científicos en la Educación Superior, tanto Cassany, Carlino como Díaz Barriga y Hernández señalan: *“Durante mucho tiempo, ... esta actividad fue descuidada por centrarse demasiado en la enseñanza de habilidades simples de decodificación y automatización de la lectura, o bien por no contar con un marco teórico-conceptual que respaldase las actividades didácticas...” [12][13][14].*

Por otra parte, los investigadores de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; Galvis, Castillo y Mateus [15], hacen énfasis en las estrategias metacognitivas, en la comprensión de la lectura, en contextos universitarios [15], afirman que:

*Los factores asociados a los procesos tienen que ver con las actividades o acciones que adelanta el lector cuando intenta comprender lo que lee; estos procesos incluyen la atención, el análisis, la síntesis, la codificación, la inferencia y la evocación, así como la regulación ejecutiva de los mismos a través de procesamiento metacognitivo, o el conocimiento sobre los procedimientos y la evaluación de cómo se está procediendo. Esto implica entonces que la metacognición se constituye en un aspecto que se debe considerar al momento de analizar el proceso lector y desde luego, a la hora de adelantar una intervención didáctica [16].*

Un investigador que estudia ampliamente el tema, Daniel Cassany señala que el problema de la lectura no se puede reducir a la alfabetización funcional: *“leer es una actividad social, dinámica que*

varía en cada lugar y época. Los escritos y las prácticas lectoras se insertan en cada comunidad: modelan en parte nuestro estilo de vida” [17]. Introduce un concepto que va más allá de lo que entendemos por competencia lectora, la literacidad, que implica una visión más global e integradora de la lectura y de ella destaca factores culturales o contextuales. No se reduce a la comprensión de las prácticas lectoras tradicionales, pues incluye la lectura en internet, la lectura de imágenes y la adquisición de nuevos códigos, cada vez más frecuentes en la sociedad globalizada [17].

Dicho autor, cuestiona las estrategias tradicionales que se desinteresan por el referente sociocultural de los estudiantes., destaca que no se identifican sus motivaciones y generalmente asignan lecturas de poca significatividad para ellos, como una imposición sin consultar sus intereses, lo cual es un obstáculo en sus procesos de aprendizaje.

Estas prácticas constituye una predisposición a recuperar información del texto, mas no a la comprensión del mismo. Dificulta tomar posturas críticas que se requiere para la formación investigativa. Este tipo de prácticas no permiten identificar los saberes previos de los estudiantes y su experiencia sociocultural, no reconoce la complejidad de dichos procesos y anula la capacidad de razonamiento crítico. Dificulta el desarrollo de una mente capaz de innovar frente al planteamiento de problemas de investigación y dar soluciones creativas. En el ejercicio docente es necesario desarrollar estrategias sensibles a las expectativas y requerimientos del docente, es por ello importante conocer las habilidades, experiencias y gustos del lector.

Se requiere, identificar las necesidades específicas de lectura y los tipos de texto a saber: narrativo, descriptivo, expositivo, argumentativo e instructivo. Señalan Díaz y Hernández que: “La comprensión de textos es una actividad constructiva compleja que implica la interacción entre las características del lector y del texto (elaborado por un autor) dentro de un contexto y prácticas culturales-letradas determinadas” [14].

Al plantear una estrategia de lectura se debe proceder a identificar la microestructura, macroestructura y superestructura, las cuales van escalando el nivel de complejidad del proceso lector,

identificando seis problemas que los docentes enfrentan para conseguir adecuados procesos de lectura de los estudiantes, tanto en la caracterización de la microestructura como la macroestructura [14], a saber:

- a. Desconocimiento del significado, debido al escaso vocabulario técnico, los enunciados entre otros elementos que se identifican con la microestructura.
- b. Poca habilidad para relacionar las ideas nuevas con las que previamente se ha familiarizado, por lo cual no logran seguir la secuencia o el hilo conductor de la argumentación.
- c. Desde el punto de vista de la macroestructura no logran construir una representación total del texto, consiguen entender partes del documento pero desarticuladas por lo cual no comprenden el argumento central y sus implicaciones tácitas.
- d. Derivada de la anterior dificultad los estudiantes tienen problemas para identificar la superestructura del texto. Metafóricamente hablando señala: “los alumnos logran identificar los arboles (los enunciados...) pero no consiguen percatarse del bosque (la superestructura) del que son parte” [14].
- e. Los estudiantes no tienen la información necesaria para ser capaces de construir un modelo de la situación, esto es un entendimiento profundo de las relaciones espaciales, temporales, posturas teóricas que facilitan la comprensión.
- f. Carecen de estrategias auto reguladoras, no supervisan adecuadamente la actividad lectora. Indica que “muchos alumnos no parecen darse cuenta de los obstáculos que pueden encontrarse cuando leen textos y en este sentido no son capaces de tomar medidas necesarias para auto regularse o auto supervisarse [14].

De lo anterior, destaca la importancia de identificar las diferencias entre las prácticas de lectura crítica y escritura a nivel de la Educación Básica y a nivel de la Educación Superior, al respecto Cassany señala:

*Las habilidades generales que aprendieron los estudiantes en la educación previa, por muy buenas que sean no pueden resolver los requerimientos específicos y sofisticados que se manejan en las disciplinas especializadas en el ámbito universitario, de todo ello se deriva que no solo es necesario sino conveniente plantearse la necesidad de ayudar a estos estudiantes a comprender y producir los textos propios de su disciplina [17].*

Sobresale la importancia que tiene el referente disciplinar para la construcción de habilidades de lectura crítica, escritura y argumentación. “La concepción sociocultural, entiende que ser un buen químico, abogado, geógrafo o ingeniero es saber procesar los discursos propios de la disciplina” [17]. Requiere reconocer lo específico y complementario de su saber, y a la vez los propósitos, la formas de argumentación y organización del discurso que son propias de la disciplina específica.

Sin embargo, puesto que las disciplinas constituyen una actividad social demarcada, que se desarrolla a partir del uso de textos, “leer y escribir son prácticas que están insertadas en prácticas sociales más amplias” [17], interconectadas con otras actividades necesarias al desarrollo profesional, como son: la lectura de imágenes, esquemas, gráficos, diseño de máquinas y procesos de producción, prácticas de laboratorio y el conocimiento de contexto amplio de signos y símbolos en que se inserta su práctica profesional. En el mismo sentido, se identifica la importancia de que las universidades capaciten a sus estudiantes para las prácticas lectoras que cada disciplina requiere y se desplieguen estrategias específicas para lograr lectores críticos competentes [18].

El Estado colombiano a través del ICFES en su módulo de lectura crítica [19], la define como una competencia configurada en cinco aspectos particulares que se resumen a continuación:

1. Dimensión textual evidente, en donde la tarea es dar lugar a un mapa mental relacionado a manera de apropiación acerca del contenido superficial y significado global del texto.
2. Dimensión intertextual, dirime en el reconocimiento de las relaciones semánticas o sintácticas planteadas entre los párrafos de la lectura y a su vez de esta con otros textos.

3. Dimensión enunciativa, es una competencia que particulariza en las “implicaciones del hecho comunicativo”, las correlaciones planteadas entre los enunciadores, el texto y la audiencia para conseguir un fin pre-determinado.
4. Dimensión valorativa, que procura identificar los juicios de valor emitidos por el lector en la situación comunicativa a partir de tres aspectos particulares; el contenido valorativo, la relación de ese contenido valorativo identificado con contenidos que se encuentren en el mismo texto o en otros textos de la cultura y los elementos que en el texto dan sustento a ese contenido valorativo.
5. Dimensión sociocultural, permite visualizar como la práctica sociocultural intrínseca en el hecho comunicativo configura el discurso y con ello al sujeto y a la sociedad, evidenciable en tres aspectos particulares: “la intención y el propósito que le subyace al texto, en lo que se refiere a la orientación de un comportamiento en su audiencia, las estrategias discursivas que se utilizan para alcanzar los propósitos que el autor se traza con el texto o con lo situación de comunicación y la forma en que se consolidan discursos a partir de prácticas socioculturales y viceversa” [19].

## V. FORMACIÓN INVESTIGATIVA

La formación investigativa parte del concepto “de dar forma”, de estructurar algo a lo largo de un proceso... tal formación se refiere, a veces, a sujetos, particularmente a estudiantes, que son preparados a través de actividades desarrolladas en este tipo de indagación para comprender y adelantar investigación científica, pero se refiere también a la formación, estructuración o refinamiento de proyectos de investigación y el término describe igualmente a la formación o transformación positiva de un programa o práctica durante la realización de uno u otra, como en el caso de una investigación-acción [20]. Por su parte, Miyahira (2009) cita a Guerrero, quien define la formación para la investigación como:

*Conjunto de acciones orientadas a favorecer la apropiación y desarrollo de los conocimientos, ha-*

*bilidades y actitudes necesarios para que estudiantes y profesores puedan desempeñar con éxito actividades productivas asociadas a la investigación científica el desarrollo tecnológico y la innovación, ya sea en el sector académico o en el productivo [21].*

La investigación constituye un eje estructural del currículo universitario, pero por otra parte, deberá ser entendido como un principio didáctico que permite guiar la acción del docente en el aula y la actividad del estudiante en el trabajo que realiza independientemente. Los docentes deberían pasar de la exposición lineal y poco crítica de temas, regularmente asimilados de manera memorística, a unas estrategias que problematicen el conocimiento, partan de preguntas y a través de una lectura crítica previa, la discusión y la indagación bibliográfica o de campo, proporcionen las respuestas a los problemas planteados.

## VI. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló con el enfoque descriptivo-cualitativo, desplegó un trabajo micro-etnográfico sobre estudiantes y docentes en el contexto de aula. Se recolectaron datos con observación no participante, entrevistas a los docentes y una encuesta para estudiante a fin de identificar estrategias de aprendizaje. La información recopilada permitió ampliar la comprensión de las interacciones maestro - alumno en este contexto educativo, reconociendo la importancia de la "voz" de los sujetos implicados en su cotidianidad [22]. Se grabaron las entrevistas a docentes, estudiantes y se transcribieron textualmente para conservar la fidelidad de las "voces" recogidas, lo cual permitió posteriormente, triangular la información recabada y la observación de los investigadores, así como el enfoque teórico propuesto.

Por su parte, Cerda (2011) identifica un aspecto de interés en esta investigación: "la interacción verbal y no verbal que se genera entre actores del proceso educativo que se desarrolla en el aula, no sólo es determinante en el fracaso o éxito escolar, sino que a su vez depende de la competencia comunicativa existente entre estos" [23].

Los participantes de la investigación estuvieron representados por todos los estudiantes y docen-

tes que cursaban las asignaturas de investigación de los últimos semestres de la Facultad de Ingeniería Industrial del turno nocturno. También se entrevistó la docente del taller de comprensión lectora de Bienestar Estudiantil. Se contó con la participación de 52 estudiantes, 19 mujeres y 33 hombres. En edades que oscilan entre los 20 y 35 años y el 86% de los estudiantes trabajan para poder costearse sus estudios. No se incluyeron los estudiantes que no están cursando estas asignaturas y se excluyeron los de otros semestres de la facultad, pues el interés se centró en las asignaturas relacionadas con la formación investigativa desarrollada en el aula.

Se realizó un registro en el diario de campo, por cada una de las observaciones realizadas en el aula de clase, se orientó la atención particularmente a los elementos identificados en la guía de observación semiestructurada, se describió el espacio físico interno y externo al salón de clase, los recursos tecnológicos con que cuenta la institución en el salón de clases y las interacciones que se dieron.

Se aplicó una encuesta para estudiantes, que combinó preguntas abiertas y cerradas tipo Likert, que evaluaron las percepciones de los encuestados, para esta última se utilizó una escala en la que aparecen dos tipos de enunciados. El primero indica una actitud positiva o favorable hacia el objeto de interés (enunciados favorables). El segundo indica una actitud negativa o desfavorable hacia el objeto (enunciado desfavorable) [24]. Complementando las preguntas tipo Likert, se realizaron tres preguntas abiertas las cuales se integraron al análisis sobre su percepción a cerca de las mejores estrategias de aprendizaje para fortalecer la lectura crítica. La encuesta fue con carácter anónimo y se obtuvo el consentimiento informado.

Cada vez más se reconoce la utilidad de la etnografía, para realizar evaluación de procesos educativos y buscar estrategias que mejoren dichos procesos teniendo en cuenta a los directamente involucrados [25].

## VII. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se realiza una descripción del contexto de ocurrencia de la investigación, una caracterización socioeconómica de los estudiantes

y posteriormente la identificación de las debilidades y fortalezas sobre la lectura.

De acuerdo a la observación realizada; los salones son amplios en relación al número de estudiantes, están iluminados con luz halógena blanca, tienen acústica adecuada sin embargo en algunos momentos el ruido externo dificulta la dinámica de la clase. En general las aulas están aseadas, las paredes están pintadas de color crema, algunos salones tienen buena ventilación pero otros carecen de ventanas, los pupitres son de madera con apoya brazo, de un solo tamaño y están en buen estado, generalmente existe espacio adecuado para circulación. Habitualmente se observa el cuidado de los estudiantes por su espacio, incluyendo los baños que permanecen aseados y cuidadas las paredes y puertas. Se apreció la dificultad en relación con la escasez de tomas de energía, necesaria para conectar los equipos de apoyo tecnológico.

Un problema referido persistentemente por los profesores y estudiantes, es la dificultad para acceder a la biblioteca ubicada en la sede principal, como muestra la siguiente cita: "Aquí a un chino le cierran a las 9:30 p.m. o a las 10 p.m. está cerrada la biblioteca y a dónde, aquí no hay biblioteca, entonces es muy difícil exigirle a un muchacho de esos, no tienen internet en la casa, aquí hay internet, pero no es muy bueno" (entrevista profesor). Otra estudiante dice: "acá en la Facultad de Ingeniería necesitamos con urgencia una biblioteca, cómo es posible que perdemos media hora trasladándonos a otro lado para poder conseguir un libro, para poder consultar" (Estudiante Femenino).

El docente llama la atención sobre la necesidad de contar en la sede de ingenierías al menos con una pequeña biblioteca especializada en los temas disciplinares, para facilitar el acceso a la información en particular a los estudiantes de la jornada nocturna, quienes trabajan y no cuentan con mucho tiempo para la búsqueda de material documental para sus tareas académicas. Un estudiante dice: "el uso de la tecnología, se podría buscar la forma de encontrar las ideas y de proporcionar una buena información, ya que no disponemos del tiempo para consultar libros" (Encuesta. Pregunta abierta a estudiante).

Si bien existe una sala de sistemas, tiene problemas por la calidad del servidor, tanto los pro-

fesores como las estudiantes señalan esta dificultad. Indicaron que: se debe tener una "sala de sistemas que los motive para hacer investigación". Igualmente, se sugiere la implementación de aulas informáticas, dando mayor relevancia al uso del internet como una herramienta académica y no para distracción, señalan: "En Colombia usamos el internet para entretenimiento y no para consulta". (Encuesta. Pregunta abierta a estudiante). Adicionalmente, se considera necesario tener otros recursos tecnológicos como mejorar el acceso al Wifi en la sede del edificio de la Facultad, pantallas (monitores) en los salones, televisores o video beam y más computadores.

Para solucionar la dificultad de acceso a la biblioteca proponen: "En la institución deberían implementar bibliotecas virtuales con énfasis en cada biblioteca y no en forma general" (Encuesta. Pregunta abierta para estudiantes). También aludieron a la posibilidad de usar la tecnología informática para diseñar estrategias pedagógicas interactivas, que les permitan evaluar sus procesos de aprendizaje.

La distribución de tiempo es otro factor a tener en cuenta, indica una estudiante: "es que es difícil así sea virtual, uno sacar dos horas en la noche ¡es muy difícil! Y el poco tiempo libre que uno tiene en la noche es para hacer el mundo de trabajos que nos dejan acá para hacer todos los días, la verdad es bastante difícil para los estudiantes de nocturna" (Entrevista estudiante femenino).

#### **A. Características socioeconómicas de los estudiantes**

En las asignaturas de formación investigativa están inscritos 58 estudiantes, seis alumnos no asistieron a clase el día que se aplicó la encuesta, por lo cual no se alcanzó el 100% de registros. Pertenecen a octavo semestre 29, 17 de noveno y nueve de décimo. En relación al género, los resultados de las encuestas fueron: 16 mujeres el 31% y 36 hombres el 69% cuyo horario de clases es de 6 a 9:45 p.m.

Los estudiantes trabajan en diversas áreas algunas lejanas a su interés de estudio, puesto que este ingreso es fundamental para poder estudiar. Laboran en el sector bancario, secretarías y asistentes personales, en logística, analistas, auxilia-

res, supervisores, jefes de producción en fábricas y bodegas, docente en básica primaria, vendedores y conductores.

Realizaron sus estudios de bachillerato en colegio oficial el 77% y en privado el 23%. Solo dos estudiantes son de Bogotá, siete de Cundinamarca y el resto de otros departamentos como: Tolima, Boyacá, Arauca, Sucre, Huila, Cesar y Santander. Los estudiantes pertenecen a los estratos uno, dos o tres, la mayoría presenta alta vulnerabilidad dada la situación económica de sus familias. Un docente comentó que algunos estudiantes ya son padres, y por lo tanto es otra carga económica y doméstica que deben asumir, unida a las dificultades de transporte dado que deben desplazarse del trabajo a la universidad en hora pico y de allí a sus casas cubriendo largas distancias.

El deber que tienen los profesores de reconocer el contexto social y cultural de sus estudiantes, para poder hacer una adecuada labor, teniendo en cuenta sus debilidades y fortalezas, su proceso de socialización y experiencias previas [26]. El reconocimiento de las vulnerabilidades económicas, culturales, académicas de los estudiantes es un elemento indispensable para diseñar estrategias pedagógicas pertinentes y curriculares adecuadas a las necesidades específicas del estudiante [27].

*Se encuentran que los contextos en los que se ubican los estudiantes, no siempre son estimulantes para sus procesos de aprendizaje por factores socioculturales, económicos y ambientales, elementos que requieren ser conocidos para entender las dificultades antes enunciadas y proponer soluciones específicas a las mismas [28].*

En la institución educativa donde se desarrolló el presente trabajo, la condición de vulnerabilidad económica de los estudiantes, requiere que deben trabajar y estudiar al mismo tiempo, igualmente les impone restricciones para comprar un computador, libros entre otros elementos necesarios para su trabajo académico. Es un factor importante de análisis, se hace énfasis en la teoría constructivista, el reconocimiento de dicho contexto, pero puede también convertirse en una oportunidad para anclar los conocimientos laborales con los académicos.

*“Vygotsky consideraba que el medio social es crucial para el aprendizaje, pensaba que lo produce la integración de los factores social y personal... El cambio cognoscitivo es el resultado de utilizar los instrumentos culturales en las interrelaciones sociales y de internalizarlas y transformarlas mentalmente” [29].*

Si bien los estudiantes deben esforzarse mucho para cumplir una doble jornada que exige optimizar al máximo su tiempo, también se derivan aspectos positivos de dicha actividad laboral que influye en su madurez mental y emocional, enriquece su experiencia vinculada con la formación profesional y genera espacios de práctica idóneos para actividades formativas e investigativas. Es útil que el docente vincule las experiencias laborales o de otro orden, pues lo conecta con su realidad cotidiana, adquiere significatividad y aporta a la reflexión sobre soluciones prácticas a los retos que tiene en dichos escenarios, finalmente fortalece la pertinencia del proceso de aprendizaje.

Las deficiencias en la competencia lectora se encuentran vinculadas con el fracaso escolar, pues la mayoría de los procesos de aprendizaje pasan por una adecuada comprensión lectora, esta tiene especificidades disciplinares derivadas de los marcos teóricos y recursos metodológicos que le son propios. “En definitiva, la comprensión de la lengua escrita se convierte en un saber poderoso para el desarrollo intelectual, afectivo y social de la persona” [11].

Como señala la anterior cita, la lectura no es valiosa únicamente en el ámbito académico, lo han demostrado varias investigadoras como Emilia Ferreiro [30], Bahloul, Petit, Carlino, Díaz Barriga y Cassany [31] entre otros, es clave para liberar el espíritu, incrementar la democracia y la participación reflexiva de los ciudadanos. “Así mismo, se ha demostrado el reconocimiento de la lectura crítica como instrumento poderoso para que las personas puedan acceder y dominar el registro sociocultural actual en la sociedad [11].

Para fomentar la lectura es recomendable que el estudiante en la medida de lo posible pueda optar entre diferentes lecturas identificando la que le resulta más atractiva o pertinente a sus intereses, pues la motivación se reconoce como un factor a tener en cuenta. Dentro de las estrategias



que se plantean en el libro “Escribir, leer y aprender en la Universidad” se propone: “Permitir... elegir qué leer y ayudar a presentar a otros lo leído, para lo cual ofreceremos tutorías que enseñen a recortar, elaborar, conceptualizar y enfocar el tema a exponer” [18].

Se reconoce que el reto del docente para mejorar la comprensión lectora no es sencillo, pues este no cuenta con las herramientas necesarias y por ello requiere capacitarse en tales aspectos. Otro factor que es posible incidir para mejorar la lectura es la forma como se realizan las evaluaciones, si se privilegia en ellas la pregunta abierta a partir de la lectura y se generan procesos de retroalimentación que permitan a los estudiantes identificar sus fortalezas y debilidades. La dificultad estriba en que: “Los docentes solemos evaluar de una manera determinada, casi por costumbre, sin habernos detenido a reflexionar sobre su alcance y sin percatarnos que existen otras opciones más formativas de evaluar con lectura y escritura” [18]

No obstante el problema de la evaluación escrita, radica en que “no se enseña es a usar la escritura como herramienta para pensar los temas particulares de cada disciplina, no se enseña a estructurar las ideas por escrito según las particularidades de análisis y organización propias de un determinado dominio disciplinar, no se enseña a planificar ni revisar los borradores, a anticipar el punto de vista del destinatario, a reescribir el propio texto con ojos de lector crítico” [18].

## B. Experiencias previas de los estudiantes

La profesora del taller de lectura -lingüista- reflexionó durante la entrevista sobre la relación existente entre el colegio y el desempeño académico del estudiante, refirió que: “no es lo mismo hablar de un colegio Distrital a un colegio privado... la institución también influye muchísimo”. Consideró que “el estudiante que sale del bachillerato, sólo hace una lectura lineal, o sea “la pregunta relacionada con el texto la tiene que responder con el texto, de resto él no sabe qué hacer, él se pierde, él no hace ningún tipo de inferencia y menos llegar a una lectura crítica” (entrevista profesora taller de lectura).

Por otra parte, los estudiantes entrevistados refieren: “en el colegio no, no leía mucho real-

mente no era así una cosa vital, por ahí se leería un libro por año y eso era lo que uno hacía a veces, era hacer copia del resumen, en el colegio no se leía prácticamente” (Estudiante masculino 2). No obstante, en otros casos se vinculó la fortaleza que el estudiante tiene en la competencia lectora, al interés que el colegio desplegó en ella: “En el colegio en parte a nosotros nos formaron bastante para la lectura, incluso por eso es algo que me gusta, mantenerme bien informado, leer mucho el periódico, porque en el colegio desde chiquito me inculcaron bastante la lectura” (Estudiante masculino1).

Adicionalmente indican: “en el colegio yo tenía muchísimo más tiempo para leer aquí ya casi no, ya tengo el tema del trabajo, el tema de los trabajos que tengo que hacer de la Universidad, la empresa, las otras actividades que tengo” (Estudiante masculino 1). Para algunos estudiantes, el interés por la lectura se despertó en otros escenarios, uno de ellos dijo: “cuando estuve presutando el servicio militar, no tenía nada que hacer entonces leía, pero por eso fue que empecé a leer” (Estudiante masculino 2).

Entre los entrevistados fue recurrente el comentario sobre la desmotivación que les causaban las lecturas obligatorias y sin interés impuestas en el colegio, afirma: “cuando me mandaban a leer libros era muy perezosa, pero cuando entre nosotros mismos compañeros, nos recomendábamos libros, los leía en tres días, los leía rapidísimo” (Estudiante femenino. 3).

Es llamativo como se despierta el gusto por la lectura y perdura a pesar de las dificultades, una de las entrevistadas comenta: “les parecía muy intrigante a mis compañeros verme todos los días con un libro en la mano y en mitad de clase cuando todos los niños jugaban yo era leyendo” (Estudiante femenino 3). Alrededor de la mitad de los entrevistados refieren que les gusta leer, pero no las lecturas que se imponen en la actividad académica, con lo cual queda identificada la importancia de la motivación para impulsar la lectura.

Este interés se despierta también en los primeros años particularmente en la familia, así lo indica la docente del taller de lectura: “la familia fue para ti un apoyo cuando eras joven, te ayudó, te hizo lecturas, te trabajó en casa, eso va a influir mucho

en la vida en general del estudiante, o sea la familia es la primera base de cualquier tipo de desarrollo comunicativo”.

Uno de los estudiantes recordó el interés que su madre tenía en fomentar la motivación por la lectura y cómo le compraba libros con frecuencia. Sin embargo, también es posible identificar que las características de vulnerabilidad económica pueden ser un factor desfavorecedor en el interés por la lectura.

### C. Debilidades y fortalezas de la comprensión de lectura

Según la encuesta Likert, el 54% de los estudiantes manifestaron, que a veces tiene dificultades para la comprensión de lectura y 33% pocas veces, 12% siempre, esto es más de la mitad identifican sus dificultades de comprensión. Sin embargo, el 85% le gusta leer temas científicos y tecnológicos y poco lo disfruta el 15%, lo cual se corresponde con las respuestas dadas en las entrevistas en las que señalan su gusto por la lectura.

Las voces de los estudiantes indican dos aspectos relacionados con sus prácticas lectoras, la motivación derivada de escoger lo que les interesa leer y por otra parte, la disponibilidad de tiempo: “primero empecé a tener tiempo porque quedé desempleada y yo -bueno ya tengo tiempo- y empecé a leer harto y ya después fue un propósito, ya me voy a leer por lo menos un libro quincenal y ya este año, ya llevo seis libros” (Estudiante femenino. 3).

Un estudiante señala no sólo la dificultad por el tiempo, también el poco estímulo que se da en la Facultad de Ingeniería al desarrollo de competencias lectoras: “en la universidad el grado de complejidad de la lectura es mayor, pero realmente es por el tiempo, a uno no le queda mucho tiempo para leer, ni tampoco los profesores es que le generen a uno mucha temática para leer” (Estudiante. 1). Aparece de nuevo la motivación como un factor a tener en cuenta: “depende mucho de lo que a uno realmente le interese y que este comprendiendo lo que está leyendo... si lo que uno está leyendo le interesa y le apasiona, uno comprende muchísimo más fácil que leer por leer” (Estudiante 6).

Otra estudiante plantea las dificultades que se tiene al pasar de la educación media a la superior, en la que se considera que el estudiante no requiera acompañamiento para desarrollar competencias lectoras: “la lectura del colegio es... una lectura como más paso a paso, como que el profesor está ahí como que te llevan de la mano, en cambio acá en la universidad, te sueltan, -lee y ya-...” (Estudiante Femenina 4).

Es reiterativa la afirmación de los estudiantes sobre el escaso interés de los docentes por fortalecer estas competencias: “que los profesores lo fomenten en cada una de sus materias, porque la verdad es que acá nosotros leemos, nos ponen a leer pero pues a veces poco, a veces mucho, pero ellos es como que -tome y lea y...- si solamente una vez me acuerdo en todo lo que llevo estudiando acá un profesor se sentó y nos enseñó a leer” (Estudiante femenino 4).

Afirman que es necesario que desde los primeros semestres la institución los apoye para mejorar estas competencias, pues los resultados en la pruebas Saber Pro son desfavorables: “que nosotros podamos tener en primer semestre una comprensión de lectura, ya cuando lleguemos al examen Saber Pro vamos a poder analizarlo de una mejor manera” (Estudiante 1). Sin embargo, el compromiso no debe ser únicamente del taller de lectura sino transversal a su formación, dicen: “yo creo que desde primer semestre deben enfocarse que dentro de los pensum o no sé, dentro de la misma malla curricular, hagan partes de lecturas o de temas que tengan que ver con la lectura de los estudiantes” (Estudiante 2).

Con respecto al procesamiento de la información a nivel de la microestructura (estrategias básicas de comprensión lectora). En la encuesta se muestra que los estudiantes pocas veces realizan mapas conceptuales 48%, a veces 27%, siempre el 8% y 17% nunca lo hace. Con respecto al uso de resúmenes, 50% pocas veces los hacen, 29% a veces y nunca el 6%, y se les dificulta escribirlos al 50% a veces, siempre 37% y pocas veces 7%.

Los resúmenes presentan alta dificultad para escribirlos por lo cual se desaprovecha esta estrategia. En la encuesta se identifica baja retención de la información leída, adecuada sólo a veces el 65%, el 23% siempre, nunca el 2%. En la entrevista se

identifica igualmente tanto de parte de la profesora del taller de lectura, señaló: “Lo básico, ellos trabajan el subrayado, identifican ideas principales, escriben al lado del texto sus preguntas, consultan el vocabulario y solo uno que otro empieza a inferir lo básico... pero... aquí los estudiantes, sólo el día del examen, resumen, y eso,... implica un mal hábito porque lo dejan todo para lo último”. Por su parte, los estudiantes al respecto comentaron: “leyendo, leo y escribo, si me tengo que aprender algo de memoria entonces lo leo y lo voy escribiendo varias veces para memorizar... cuadritos, hojitas chiquiticas para ayudarme, para cuando voy estudiando en el bus” (Estudiante femenino 4).

Registan los estudiantes el aporte de la lectura para sus tareas de investigación, el 42% siempre y 54% a veces. La lectura le genera preguntas y reflexiones al 54% siempre y 40% a veces, 6% pocas veces. Sólo el 48% reconoce que tiene una estrategia de comprensión de lectura pero ocasional y el 37% dijo que pocas veces cuenta con ella, nunca el 3%. Una de las estudiantes identifico al respecto: “digamos que leo y en una hoja voy anotando los conceptos básicos, también suelo hacer mapas conceptuales, a veces suelo hacer dibujos, digamos que mi método de aprendizaje es muy fotográfico, lo que yo veo se me graba” (Estudiante Femenina 3).

Se preguntó si han participado en talleres de lectura y el 42% manifestó que nunca, pocas veces el 38% y a veces el 19%. La mayoría de los estudiantes entrevistados desconocen que la institución ofrece talleres de lectura, porque estos se proporcionan en la sede principal y la información sobre las actividades no fluye adecuadamente en la sede de ingeniería, ellos perciben que se encuentran aislados y en desventaja en particular los de jornada nocturna. Ya se identificó el problema y se está pensando en soluciones, comenta la profesora del taller: “eso ha hecho que ellos se sientan aislados, eso fue lo último que yo escuché en Bienestar, tanto así que querían proponer otro tipo de curso y llegarle allá y no que ellos vengan acá”.

La escritura que necesariamente está relacionada con la competencia lectora también presenta problemas; el 40% señala que a veces se le dificulta redactar documentos, el 38% pocas veces y siempre al 4%. Se indagó sobre las dificultades para redactar preguntas de investigación a lo cual afir-

maron que sí al 58% a veces, 25% pocas veces, 17% siempre. Evaluaron sus fortalezas en escritura como medianas el 63% y 21% consideró que si tiene dicha habilidad, 15% la evalúa baja.

La gestión del tiempo es identificada en el rango medio 54%, alto 15% y bajo 31%, este es percibido como un elemento clave, explica la profesora de lectura: “lo que más les preocupa a ellos es el tiempo, ellos lo que quieren leer es rápido, no les importa si no es aprender a leer rápido, tanto es así que le pusimos el nombre de taller de lectura rápida y comprensión de textos escritos” (Entrevista profesora taller de lectura). Con relación a esto recuerda que: “estudiantes de ingeniería en tutorías me decían, que lo que más les preocupaba de los textos era la densidad de estos, porque no comprendían...”. Hace alusión a problemas con el vocabulario especializado de la disciplina y con la apropiación de conceptos y marcos teóricos que son necesarios para una adecuada comprensión lectora. Algunos estudiantes también identifica el valor de la lectura en su formación: “la lectura ayuda muchísimo en la comprensión, a la ortografía, he mejorado también bastante la redacción, o sea leer es bastante educativo sea lo que sea que uno lea” (Estudiante femenino 3).

Las falencias en la comprensión lectora y el uso de estrategias de lectura son frecuentes según la docente: “porque sí, no saben hacer un resumen, sí que menos hacer una ficha bibliográfica, no saben hacer un rae, eso es clave, por eso yo les decía que por encima antes de enseñar cualquier estrategia, es la parte metodológica, que la manejen” (Entrevista profesora). Resalta, por tanto “no podemos hablar de lectura crítica, los muchachos apenas leen linealmente para responderle a los profesores las preguntas del contenido directo que hacen del texto”. No sólo el docente reconoce estas dificultades también el estudiante: “yo he tenido estudiantes de octavo semestre ya un poquito más avanzados y ellos ya son conscientes de sus debilidades a nivel de lectura entonces se dan cuenta, que la lectura crítica la tienen que ver más con el nivel de pensamiento” (Entrevista profesora).

La dificultad para mejorar las competencias lectoras no radica solamente en el estudiante, la profesora admite que es necesario el aporte de los docentes: “tendríamos que hablar primero con todos los docentes para que ellos aporten desde su

área al desarrollo de este tipo de lectura... Nosotros somos los culpables de que muchas veces les hacemos solo preguntas de memoria y de abc, no los ponemos a que ellos den su punto de vista, que vayan más allá del texto lineal... El docente no le importa enseñar estrategias, el docente solamente quiere que cumpla el estudiante, entonces la tarea se la deja al profesor de comunicación, o de lenguaje o de lectura" (Entrevista profesora).

Sin embargo, no en todos los casos es así, en la observación en clase y entrevistas evidenciamos estrategias que apuntan al desarrollo de comprensión de la macro y súper estructura, comenta el profesor 1: "uno trata de hacer un tallercito, uno trata de hacer lecturas, de traerles un video, en algunos momentos les pongo un caso de una empresa... ponérselo a los grupos a trabajar y después lo que hacemos es... el grupo que quiera pasa y trata de defender digamos su punto de vista, si hay uno que está de acuerdo pues, reafirma la situación de eso, si hay un grupo que no está de acuerdo, entonces pasa y da otro punto de vista y no es convencerlos de una cosa o la otra, sino de mirar a ver cuáles son todas las alternativas".

Por otra parte, la profesora señaló que hay un cambio en la estructura del sistema evaluativo, que ha ido avanzando para mejorar los procesos de comprensión y lectura crítica, por lo cual se incorporó en la prueba Saber 11 el componente de lectura crítica y también en: "las pruebas ECAES (SABER PRO) ahora lo que quieren es una lectura crítica del texto discontinuo que son las gráficas, las tablas,... interpretación, eso es supremamente importante, también que como facultad lo trabajen" [32].

Por lo anterior, considera que es importante trabajar con los estudiantes la lectura de textos, pero igualmente de gráficas, imágenes, manejo de estadísticas, dado que si no se despliegan estas habilidades: "se convierte solamente en cifra, pero no es algo que yo pueda con esos números interpretar una realidad -mire la idea es que esa es la utilidad de la estadística-... Analice esos datos- y ahí es donde está la lectura crítica precisamente, de ese tipo de texto" (Entrevista profesora).

Respecto de la superestructura comenta: "al ser lectores críticos, podemos hacer ver más allá de lo que el texto nos muestra linealmente, si no que va

a ver la parte inferencial, qué hay escondido... qué era lo que nos quería mostrar ese autor, qué hay detrás de unos datos, cómo podemos analizar esos datos... hagamos análisis de los textos donde los muchachos reflexionen, critique, opinen, pongan su postura, pero recuerden no es lo que ellos digan, sino a través de argumentos sólidos, de autores, referentes que puedan citar" (Entrevista profesora).

Respecto de las estrategias para la consulta de referencias bibliográficas los estudiantes pocas veces las utilizan 48% y el 38% a veces, siempre sólo el 6% y nunca el 8%. En la entrevista la profesora de lectura enfatizó la importancia que tiene no sólo la comprensión, también la memoria de autores y datos que contextualizan el contenido de la lectura entre otros elementos de interés para la investigación, en particular: "la argumentación si es importante para desarrollar una lectura crítica, pero no es sólo porque a mí se me ocurre... sustente... porque nos dedicamos tanto solo a reflexionar, que se nos olvidó la memoria y tener autores con nombre propio claro, referente y todo eso, es importante".

La docente concluye que la lectura crítica se constituye en un factor fundamental del proceso de formación para la investigación porque: "los textos que les vamos a poner para que ellos analicen y les sirva durante ese proceso formativo investigativo, ellos ya tienen la capacidad de ver los pro, los contra, las cuestiones sociales que estaban ahí que influían lo emocional, lo político, lo cultural, empiezan a abrirse esos marcos de referencias que hay en un texto, y que para muchos están escondidos".

Para docentes y estudiantes los semilleros de investigación son un escenario que incentiva el desarrollo de las competencias lectoras, según dice un estudiante: "ahorita que estamos trabajando en los semilleros... la lectura que se genera cuando uno empieza a hacer los procesos de investigación es muy buena ¡si! Y empieza uno a afianzar conocimientos y empieza a cogerle gusto por profundizar sobre los temas" (Estudiante 2).

No obstante, consideran que estos se realizan en un momento avanzado de la carrera y se pierden oportunidades para mejorar en diversos aspectos que estos escenarios potencian: "todos los

syllabus deberían tener en todas las áreas... ese fortalecimiento de la lectura crítica, todos deberían tenerlo, un ejercicio de clase... comenzar desde primer semestre con todas las clases con mini proyecticos de la clase... si empezamos desde primer semestre la capacidad lectora al final pues va a ser súper" (Entrevista profesora).

Un tema que consideraron de mucho valor en las estrategias de acompañamiento en la investigación y desarrollo de competencias lectoras, son los semilleros, al respecto se obtuvo el siguiente resultado; el 62% de los estudiantes está de acuerdo en su implementación y el 25% muy de acuerdo, o sea el 87% se muestra interesado, solo el 8% está en desacuerdo con su implementación, el 3% no está de acuerdo ni en desacuerdo y el 2% está totalmente en desacuerdo.

En cuanto a la evaluación de sus fortalezas con respecto a la formación en investigación para el 77% es mediana y 21% alto. Consultados sobre la fortaleza para realizar trabajo en grupo para la investigación, el 40% la aprecia como alta, el 38% media y el 21% baja, este aspecto es relevante para nuestra investigación puesto que consideramos conforme a la teoría de Vygotsky, que el trabajo con los compañeros, aprendizaje colaborativo es vital para mejorar las destrezas de aprendizaje y particularmente desarrollar habilidades para la investigación.

El análisis de la pregunta de la encuesta para los estudiantes: ¿Qué estrategias metodológicas o técnicas propondría para desarrollar las competencias de lectura-crítica y redacción en las asignaturas de investigación? Frente a la preferencia de estrategias didáctica, se evidencia que el alumnado privilegia aquellas estrategias centradas en la individualización de la enseñanza a las que se suma la tutoría, seguida por estrategias para la enseñanza de grupo y en último lugar aquellas relacionadas con el trabajo colaborativo.

Con el desarrollo tecnológico la educación y en particular las prácticas lectoras han sufrido enormes cambios, los jóvenes son cada vez más dependientes de los recursos de la TIC (las Tecnologías de la Información y la Comunicación) y este es un escenario con gran potencial en la Educación Superior. Sin embargo, aún es una tarea pendiente en algunas instituciones, puesto que aumenta los

costos relacionados con la infraestructura requerida; computadores, sistema wifi (tecnología de comunicación inalámbrica) y servidores entre otros elementos.

Esta es una inversión necesaria, pues la dificultad de un buen acceso a la red incide en el proceso de desarrollo de competencias lectoras en la Educación Superior, particularmente en el contexto de globalización: "El uso de la tecnología móvil y sofisticada en los medios académicos y en las organizaciones por el desarrollo de Internet que permite navegar por la *Web*, plantea nuevos requerimientos en la formación profesional universitaria" [33]. Las TIC aportan herramientas necesarias tanto para el desarrollo de competencias lectoras, como de investigación, dos aspectos en las que han revolucionado el acceso a la información, por lo cual:

*La lectura crítica se constituye en una necesidad cada vez más apremiante dada la inmensa colonización que las tecnologías de la comunicación y de la información han logrado llevar a cabo en las sociedades actuales... Se hacen imprescindible una formación ciudadana capaz de asimilar críticamente esos contenidos y actuar responsablemente en beneficio del bien común [33].*

Se necesita adicionalmente que los docentes sean capacitados para hacer uso efectivo de los recursos TIC para la educación, pues frecuentemente los estudiantes tienen más habilidades que ellos con lo cual se genera un desfase y dificulta el aprovechamiento del potencial que estas tienen.

*"En estos casos, se requiere que en la universidad se fomente la formación en nuevas prácticas de lectura en la Web, de manera que los estudiantes se preparen para que en el futuro, como profesionales, puedan hacer frente a estas variadas exigencias en el campo laboral" [11].*

#### **D. Lectura crítica y formación para la investigación**

En el contexto de indagación se encuentra que el trabajo en los semilleros constituye un factor favorecedor de las buenas prácticas lectoras y la motivación para asumirla en función de la investigación: "Los semilleros de investigación se han constituido en una buena opción para identificar docentes y estudiantes con vocación investigativa...

Ha permitido identificar elementos conceptuales y metodológicos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la investigación y sobre la forma de potenciar actitudes y aptitudes para la misma [34] [35].

Esto aunado al trabajo grupal o colaborativo entre los estudiantes que también es un facilitador, tanto de la comprensión lectora como de la lectura crítica y la competencia investigativa: "Una de las estrategias más utilizadas por los docentes, con el ánimo de formar a los estudiantes para la investigación, es la del trabajo en equipo, pues consideran que dentro de esta los estudiantes tienen que reconocer y asumir responsabilidades puntuales" [36].

No se identifica la lectura como un proceso que pone en juego los conceptos previos del dicente y que la comprensión de lectura, no es memorización del contenido si no interpretación del mismo. El conocimiento del mundo (esquemas) del lector, que se activan y se pone en marcha cuando aquél se enfrenta a información nueva; este conocimiento del mundo es idiosincrásico-personal pero refleja la pertenencia a un grupo y a una comunidad cultural (la identidad del lector). "Dado que carecen de conocimientos específicos sobre los textos y carecen de las categorías de pensamiento de la disciplina en la que se han empezado a formar... no saben qué buscar en la bibliografía y se pierden en la maraña de información que contiene sin lograr distinguir lo que es central para la materia de lo que resulta accesorio [18].

Los estudiantes de ingeniería, aún más que los de otras carreras, deben ser instruidos en la lectura de tablas estadísticas, gráficas, mapas, imágenes, entre otros elementos gráficos vitales en su ejercicio profesional. Se encuentra que es poca la atención que se presta en la Educación Superior a la formación para aprovechar adecuadamente dicha información.

La importancia que tiene el acompañamiento de la familia y la elaboración social del conocimiento debe ser reconocida. Como lo plantea el enfoque histórico sociocultural, los conocimientos que se gestan en la zona de desarrollo próximo en la que se acumulan experiencias previas son importantes en el andamiaje, para anclar las nuevas ideas y conocimientos que posibilitan el desenvolvimiento de la zona de desarrollo potencial. La motivación a la

lectura se forja en diversos momentos y espacios. Llama la atención como una experiencia gratificante, pueda generar un cambio para adquirir un hábito de lectura, que facilita otros procesos de aprendizaje, por esta razón el incentivo que genera la familia o los pares es importante para adquirir hábitos de lectura favorecedores.

El proceso de aprendizaje de competencias lectoras, que se inicia con la motivación en el ámbito familiar y la educación básica, no finaliza en la Educación Superior. En cada una de las etapas de escolaridad el estudiante debe adquirir nuevas competencias, que acrecientan su dificultad con el paso del tiempo, de manera que el docente universitario debe acompañar a su estudiante, para acceder a un mayor nivel de complejidad en los textos que lee en cada una de las disciplinas. Por ello la Institución debe apoyar los procesos de formación docente que le permitan hacer este acompañamiento de manera idónea.

Uno de los problemas de la Educación Superior, es la negación que hacen los docentes, de la necesidad que tienen los estudiantes de acompañamiento en sus procesos lectores, por ello es importante destacar que esta debe ser una tarea conjunta y para todas las asignaturas, no sólo de la profesora del taller de lectura o de asignaturas de humanidades. La evaluación se puede constituir como herramienta de enseñanza y aplicación de la comprensión lectora y la lectura crítica, aunque esto requiere de más tiempo y compromiso de parte del docente, por lo cual debe ser reconocido por la institución educativa, para afianzarlo y promoverlo.

## VIII. CONCLUSIONES

La observación etnográfica, las entrevistas y la encuesta a docentes como a estudiantes, permitieron caracterizar el contexto en el que se desarrollan las actividades formativas y factores socioeconómicos de los estudiantes, a fin de comprender los elementos que inciden en su proceso educativo. Se reconoce la importancia que la teoría histórica sociocultural concede a dichos componentes, a partir de los cuales es posible evaluar sus efectos y proponer alternativas para mejorar.

Los estudiantes como los profesores remarcaron la importancia del uso de la biblioteca y el acceso a

la misma, puesto que en el edificio de la Facultad no cuentan con este espacio tan importante para su formación y dado que su horario es restringido por ser estudiantes de jornada nocturna, es un problema que requiere alternativas innovadoras. Se precisa gestionar con las instancias competentes, la posibilidad de contar con una biblioteca o centro de documentación especializada en temas de ingenierías, o que facilite implementar una biblioteca virtual que sería de gran valor para que los estudiantes que cuentan con horarios limitados tengan acceso remoto a la información.

A pesar de las dificultades que genera al estudiante tener una jornada laboral y académica, asimismo presenta ventajas, porque le ofrece una experiencia vital enriquecedora para su proceso formativo, adicionalmente se constituye en un espacio apropiado para realizar prácticas o ejercicio de investigación de los que se beneficia tanto en su lugar de trabajo como su formación profesional.

La descripción microetnográfica aportó elementos para caracterizar la comprensión lectora, se apreció que los estudiantes universitarios no llegan con las competencias lectoras requeridas para un buen desempeño académico, situación que debe ser atendida desde el primer semestre y hasta el final de la carrera. Este problema no es adecuadamente tratado en las instituciones de Educación Superior, las soluciones que se han dado son puntuales y de corto aliento.

Se encontró con frecuencia que los estudiantes sólo desarrollan estrategias para entender la microestructura o el primer nivel de comprensión, como son el uso del subrayado, identificación de ideas principales y secundarias entre otras. Unos pocos trabajan a nivel de la macroestructura y realizan resúmenes o mapas mentales o conceptuales, en semestres adelantados logran hacer ejercicios metacognitivos, en los que identifican sus dificultades con la lectura.

En menor grado, alcanzan el nivel de la superestructura o de lectura crítica, porque su conocimiento disciplinar es limitado; desconocen los marcos teóricos y conceptuales entre otros aspectos de su disciplina y por tanto se les dificulta hacer inferencias, generalizaciones o extrapolaciones para tener una comprensión profunda del texto. Este es el motivo por el cual el docente requiere

identificar las falencias específicas y orientar explícitamente al estudiante, para que pueda desarrollar estrategias que le faciliten una lectura crítica, fundamental en la investigación.

Los estudiantes manifestaron su interés por recibir un mayor acompañamiento, expresado en la propuesta mayoritaria de aplicar estrategias centradas en la individualización del aprendizaje, así como una mayor preocupación por sus competencias de lectura crítica. Se confirma que una estrategia pertinente es la tutoría, que responde al llamado de los estudiantes por una mayor cercanía en el proceso educativo.

De otra parte, se observó la escasa aplicación de estrategias de trabajo colaborativo, que no sólo potencian el aprendizaje significativo, sino que están fuertemente ligadas a las estrategias centradas en el aprendizaje, como en el caso del semillero, los estudiantes denotan deseo por participar en este proceso tempranamente. El semillero es un espacio idóneo para motivar, mejorar y alcanzar el nivel de lectura crítica, puesto que esta requiere el reconocimiento de puntos de vista divergentes del debate que pone en juego el trabajo autónomo asistido por el docente. Igualmente, los docentes refieren la necesidad de clases más dinámicas que no se remitan a la exposición del profesor. Se recomienda que los docentes motiven a los estudiantes en el proceso de formación en investigación, desde de los primeros semestres, por lo cual la opción de integrarlos tempranamente a los semilleros de investigación es una buena alternativa que se debe gestionar en la institución.

El trabajo en competencias lectoras transversales, apoyado por los cursos específicos o talleres de lectura es insuficiente para solucionar las falencias y requerimientos para el éxito estudiantil y profesional. Por lo tanto, se debe proyectar transversalmente en el currículo y en específico en las asignaturas la aplicación de las estrategias de comprensión lectora previamente asimiladas.

Esto compromete al docente a trabajar cotidianamente aplicando con sus estudiantes las estrategias que potencian la comprensión lectora. Se requiere un proceso de sensibilización de los docentes y a su vez una oportuna capacitación. Los procesos de capacitación de los docentes deben apuntar a diversas competencias y estrategias, tan-

to en los recursos físicos, como el recurso virtual, especialmente importante este último porque los docentes “migrantes tecnológicos” pueden estar en desventaja frente a sus alumnos “nativos tecnológicos”.

## REFERENCIAS

- [1] D. Ausubel, *Adquisición y retención del conocimiento*. Paidós. Barcelona. 2002.
- [2] J. De Zubiría, *Los modelos pedagógicos*. Fundación Alberto Merani. Bogotá. P. 113, 1999.
- [3] M. Carretero, *Constructivismo y educación*. Aique. Buenos Aires. 2006.
- [4] J. Pozo, *Adquirir una concepción compleja del conocimiento: Creencias epistemológicas y concepciones de aprendizaje*. En: Pozo, J. I. Pérez, M. *Psicología del aprendizaje universitario*. Morata. Madrid. 2009.
- [5] D. Ausubel, J. Novak, H. Hanesian, *Psicología educativa un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México. 2006.
- [6] J. Pozo, C. Monereo, M. Castelló, M. *El uso estratégico del conocimiento 1*. 2001.
- [7] S. De la Torre, *Diccionario enciclopédico de didáctica*. (Vol. I, pp. 656-657). España. 2004.
- [8] S. De la Torre, C. Oliver, V. Violant, N. Rajadell, M. Girona, *El cine como estrategia didáctica innovadora*. Metodología de estudio de casos y perfil de estrategias docentes. *Contextos educativos*. 6 (7). Pp. 65-86. 2004.
- [9] M. García, *Diccionario enciclopédico de didáctica*. (Vol. I, pp. 659-661). España. 2004.
- [10] M. Delgado, A. Solano, *Estrategias didácticas creativas en entornos virtuales para el aprendizaje*. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación. Universidad de Costa Rica. Volumen 9, Número 2. pp. 1-21. 2009. Disponible en: <http://revista.inie.ucr.ac.cr>.
- [11] M. Serrano, *El desarrollo de la comprensión crítica en los estudiantes universitarios: hacia una propuesta didáctica*. EDUCERE. Vol. 12. No. 42. Pp. 505-514. Universidad de los Andes. Venezuela. 2008.
- [12] P. Carlino, *Escribir, leer y aprender en la universidad*. Fondo de Cultura Económica. Argentina. 2013.
- [13] D. Cassany, *Explorando las necesidades actuales de comprensión aproximaciones a la comprensión crítica*. En: *Revista Lectura y vida*. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona. 2012.
- [14] F. Díaz Barriga, G. Hernández, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. Mc Graw Hill. Bogotá. 2002.
- [15] M. Mateos, *Aprender a leer textos académicos: más allá de la lectura reproductiva*. Universidad Autónoma de Madrid. Compiladores. Pozo, J. & Pérez, M. Capítulo VI. Ediciones Morata. 2003.
- [16] A. Galvis, M. Castillo y G. Mateus, *Didáctica de la lectura: una propuesta sustentada en metacognición*. Alejandría. Serie pedagógica. Bogotá. 2014.
- [17] D. Cassany, *Compilador. Para ser letrados. Voces y miradas sobre la lectura*. Paidós, Educador. Barcelona. 2009.
- [18] P. Carlino, *Leer textos científicos y académicos en la educación superior: obstáculos y bienvenidas a una cultura nueva cultura*. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. 2003.
- [19] ICFES (2013-2). *Módulo de lectura crítica en línea* disponible en: <http://www.tecnar.edu.co/sites/default/files/pdfs/M%C3%B3duloLECTURA%20CRITICA.pdf>
- [20] G. Restrepo, *Conceptos y aplicación de la investigación formativa y criterios para evaluar la investigación científica en sentido estricto*. Consejo Nacional de Acreditación. Bogotá, Colombia. 2003.
- [21] J. Miyahira, J. *La investigación formativa y la formación para la investigación en el pregrado*. Revista Médica Herediana. 20 (3): 119-122. Lima, Perú. 2009.
- [22] L. Zubieta, *Etnografía y política educativa*. Universidad Pedagógica Nacional. 1982. Disponible en: [http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce10\\_07pole.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce10_07pole.pdf).
- [23] H. Cerda, *El Proyecto de Aula. El Aula como un sistema de investigación y construcción de conocimiento*. Mesa redonda magisterio. Bogotá. 2011.
- [24] T. Husen & T. Neville, *Enciclopedia Internacional de la Educación*. Vol. 6. Ministerio de Educación y Ciencia. Editorial. Vicens-vives. España. 1991.
- [25] A. Tezanos y R. Avella, *Una etnografía de la etnografía, aproximaciones metodológicas para la enseñanza del enfoque cualitativo-interpretativo para la investigación social*. Colección Pedagogía. Siglo XXI. 1998.
- [26] M. Nussbaum, *El cultivo de la humanidad. Una defensa clásica de la reforma en la educación liberal*. México, D.F. Paidós. 2005.
- [27] H. Cerda & A. León, *Formación investigativa en la educación superior Colombiana*. Universidad Cooperativa de Colombia. Colombia. Editorial Lemoine. Bogotá. 2006.



- [28] F. Gutiérrez, Hacia una propuesta alternativa para la formación de investigadores. *Nómadas*. 87-95. Universidad Central. 1997.
- [29] D. Schunk, Teorías del aprendizaje. Prentice. Hall. México. 1997.
- [30] E. Ferreiro, Pasado y presente de los verbos. Leer y escribir. Fondo de Cultura Económica. México. 1997.
- [31] Cassany, D. (2006). Tras las líneas sobre la lectura contemporánea. Anagrama. España.
- [32] Instituto Colombiano de Fomento a la Educación Superior. (2014). Base de datos del ICFES. 2013. <http://www2.icfes.gov.co/resultados/saber-pro-resultados-individuales>.
- [33] J. Méndez & C. Espinal, La lectura crítica en la educación superior: un estado de la cuestión. *Revista virtual*. No. 41. Universidad Católica del Norte. Colombia. 2014.
- [34] G. Aldana, La formación investigativa: su pertinencia en pregrado. Versión electrónica. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*. (35), 367-379. 2012.
- [35] G. Aldana, La lectoescritura en pregrado en el contexto de la formación investigativa. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*. (39), 85-94. 2013.
- [36] Pineda, ¿Cómo se entiende formar para la investigación en contextos de educación media y de educación superior? *Revista Científica Guillermo Ockham*, 5 (2): 11-22. Cali, Colombia. 2007.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP), PARA LA TOMA DE DECISIONES

## *Practical application of the hierarchical analysis process (AHP) on decision making*

CARLOS ARTURO BERMUDEZ IRREÑO<sup>1</sup>, EDWAR DANIEL QUIÑONES AGUILAR<sup>2</sup>

*Recibido: 01 de diciembre de 2017. Aceptado: 28 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a43>

### RESUMEN

Los problemas de toma de decisiones son procesos de selección entre cursos alternativos de acción, basados en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [1], fundamentalmente por esta razón se ha considerado indispensable el uso e implementación de herramientas, que nos faciliten la toma de decisiones, principalmente en una empresa u organización; aunque de igual forma no hay que perder de vista, que en cada momento de nuestra vida, cada uno de nosotros nos vemos enfrentados a esta problemática sin darle la importancia que merece. Una de las herramientas que se encargan de ayudarnos con la gestión de esta compleja tarea, es el AHP (Proceso de Análisis Jerárquico), a continuación, se explicará y se desarrollará un ejemplo práctico, para su total comprensión.

**Palabras Claves** – Decision, Criterios, Toma de Decisiones, Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

### ABSTRACT

The problems of decision making are processes of selection between alternative courses of action, based on a set of criteria, to achieve one or more objectives [1], fundamentally for this reason the use and implementation of tools that facilitate making decisions, mainly in a company or organization; although in the same way we must not lose sight of the fact that in every moment of life, people who are confronted with this problem do not give it the importance it deserves. One of the tools that are responsible for helping with the management of this complex task, is the AHP (Process of Hierarchical Analysis), a practical example will be explained and developed, for its total comprehension.

**Keywords:** Decision, Criteria, Decision Making, Hierarchical Analysis Process (AHP).

## I. INTRODUCCIÓN

EN LA actualidad se debe tener en cuenta que la implantación de la tecnología en nuestro entorno ha sido uno de los factores que influyen de gran manera el crecimiento tanto económico, político, social, cultural, entre otros. En este momento se puede evidenciar que la industria en general ha usado la tecnología para impulsarse y crecer de manera exponencial, creando un entorno cada vez

mas amplio y hostil; de igual forma se aprecia el caso de algunas multinacionales que han hecho uso de diversas estrategias, para así obtener una ventaja contundente ante sus principales competidores. Esto se puede ver reflejado en uno de los casos mas conocidos en la actualidad, en los que fueron protagonistas dos de las mas grandes empresas a nivel tecnológico en el cual se le impuso a una de ellas una sanción multimillonaria por el hurto de una información confidencial para el desarrollo de

- 
- 1 Actualmente esta culminando la carrera de ingeniería de sistemas en la Corporación Universitaria Republicana, con gran afinidad a todos los temas relacionados al uso de las tecnologías de información, y gran interés en las temáticas asociadas con la seguridad informática.
  - 2 Estudiante de octavo semestre de ingeniería de sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Gran interés en el manejo de bases de datos, almacenamiento, edición, control de datos y todo lo relacionado con sistemas de información.

nuevas tecnologías, estas dos empresas involucradas en el escándalo son: Samsung y Apple [2].

A partir de lo mencionado anteriormente se puede inferir el papel fundamental que juega la toma de decisiones dentro de una compañía, siendo imprescindible el dominio y manejo de una herramienta que permita a las empresas la toma de mejores decisiones, las cuales afectaran de manera directa los ingresos de la misma. Por tal motivo, se estudiará una de las metodologías propuestas para la solución de problemas multi criterio, con el fin de mejorar considerablemente la probabilidad de tomar la mejor decisión a partir del subjetivismo y el valor que se le asigne a cada uno de los criterios previamente escogidos. Esto se vera reflejado en la aplicación de la teoría en un ejemplo practico, diseñado específicamente para evidenciar las ventajas que nos proporciona esta herramienta.

El presente artículo, mostrará una introducción a los diversos problemas que se pueden evidenciar en las tomas de decisión multicriterio; a continuación se presentará de manera detallada cada uno de los conceptos y metodologías precursoras que dieron paso al análisis jerárquico de la decisión (AHP), enseguida se presentará de manera formal la metodología de proceso de análisis, posteriormente el desarrollo de la misma y para concluir se presentará la aplicación de esté en un ejemplo practico, para su posterior análisis con ayuda de la metodología propuesta.

## II. DECISIÓN

El concepto de decisión ha sido ampliamente trabajado por diversos autores, encontramos una definición que nos parece la mas adecuada para el presente caso. "La decisión es un proceso por medio del cual se elige, dentro de un conjunto de posibles alternativas, la que cumple con el criterio de selección adoptado, para alcanzar uno o mas objetivos"[1], de acuerdo a esta definición e intentando explicarla de la mejor manera, se podría decir que la decisión es el proceso de elegir una entre varias opciones, que cumpla los requerimientos que se solicitan, para el cumplimiento de un fin específico. Lo anterior se puede ver reflejado en un caso de la vida real; cada ser humano, día a día se enfrenta a la toma de decisiones, desde el momento en el que se levanta en la mañana hasta que

se acuesta nuevamente, haciéndose preguntas y tomando decisiones de manera inherente o automática, como lo pueden ser preguntas tan básicas como: ¿qué desayunar?, ¿que medio de transporte utilizar?, ¿que ropa usar?, se podría seguir indefinidamente dando ejemplos; pero lo primordial es darse cuenta que este concepto vive con cada una de las personas que a diario toma un número muy amplio de decisiones. Por tal motivo se considera indispensable el estudio detallado de este tema. La decisión maneja diversas características y elementos que hacen parte de ella en si misma; los elementos que hacen parte de la decisión son: un estado de la naturaleza, alternativas o cursos de acción, consecuencias o resultados, un decisor y por último un criterio de decisión a tener en cuenta. Las características de la toma de decisiones pueden ser: que cada una de sus alternativas sea mutuamente excluyente, que la elección de una de las alternativas se de mediante un proceso lógico, entre otras que el lector podrá encontrar en diversos textos que expliquen de manera mas detallada el tema [2][3].

## III. TEORÍA DE LA DECISIÓN

Al ser la decisión un tema que hace parte de la vida cotidiana de todo ser humano, y teniendo en cuenta que cada una de la decisiones elegidas trae consigo una serie de consecuencias, ya sean buenas o malas según su elección; se ha creado una teoría específicamente para su estudio. Esta teoría se ocupa de analizar la manera en la que una persona elige, dentro de un conjunto de alternativas aquella que la conduzca al mejor resultado, dadas sus preferencias [3]. La decisión se asocia generalmente con las primeras cinco etapas del proceso de resolución de un problema, en el cual se realiza la reestructuración del mismo, para su posterior análisis y solución [1].

La teoría de la decisión debe satisfacer unos criterios de carácter lógico, para así cumplir una de sus características; estos criterios son: la transitividad, la completitud, la asimetría y la asimetría de la indiferencia. Luego de haber cumplido con cada uno de estos criterios se podrá asignar una escala de preferencia, de modo que se pueda ordenar de menor a mayor, partiendo de lo menos preferido a lo mas preferido. El lector se puede preguntar, el porque se requiere de tal

formalismo para la toma de decisiones, la respuesta es que la teoría de la decisión se debe enfrentar a diversos tipos de problemas de decisión, los cuales se dividen en: un enfrentamiento con los diversos estados de naturaleza o la presencia de un oponente racional: se explica de manera ilustrativa y un poco más a detalle cada una de estas, por medio de la Fig. 1.

#### IV. CLASIFICACIÓN DE TEORÍA DE LA DECISIÓN

Entre los diversos problemas de decisión podemos hallar dos de los cuales se ha escrito bastante en el intento de proponer herramientas necesarias para su solución de manera satisfactoria, estos son: la decisión con un único criterio o la decisión con múltiples criterios. Este documento, se enfocará en el análisis de decisión multicriterio, el cual considera la existencia de al menos dos criterios en conflicto y al menos dos alternativas de solución; el objetivo de este, es identificar la mejor solución considerando simultáneamente múltiples criterios en competencia. Se trata en detalle cada uno de los conceptos del presente tema en [1][4]. Sin embargo no son los únicos tipos de decisiones que existen, de igual forma se pueden encontrar varias clasificaciones ya sea por el número de actores que participan dentro de la teoría, cantidad de parámetros a analizar o tipo de parámetro como se puede observar en la Fig. 2.

#### V. DECISIÓN MULTICRITERIO

Como ya se ha mencionado anteriormente el problema de decisión multicriterio debe contar como mínimo con dos criterios en conflicto y al

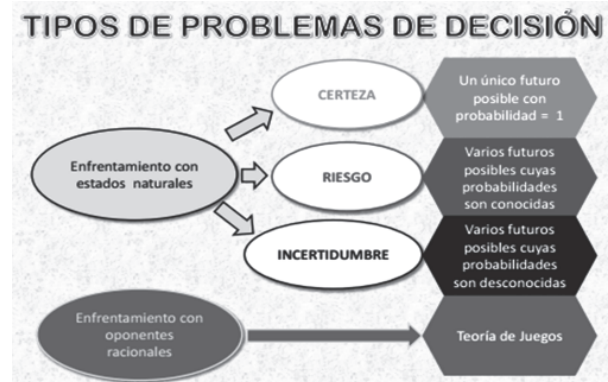


Fig. 1. Teoría de la decisión-Los procesos cesores en general y en el contexto de las organizaciones [3].

menos dos alternativas, teniendo como objetivo encontrar la mejor solución considerando múltiples criterios en competencia. Se ha creado una serie de terminología o conceptos, que será necesaria conocer para continuar con el desarrollo de este trabajo; estos conceptos son los siguientes [1]:

- Alternativa: Posibles soluciones.
- Atributos: Características de cada una de las alternativas disponibles.
- Objetivos: Son aspiraciones que indican direcciones de perfeccionamiento de los atributos.
- Metas: Aspiraciones que especifican niveles de deseo de los atributos.
- Criterio: Son parámetros que van a permitir evaluar las opciones.

Al intentar solucionar este tipo de problemas de decisión se verán en la obligación de enfrenta-

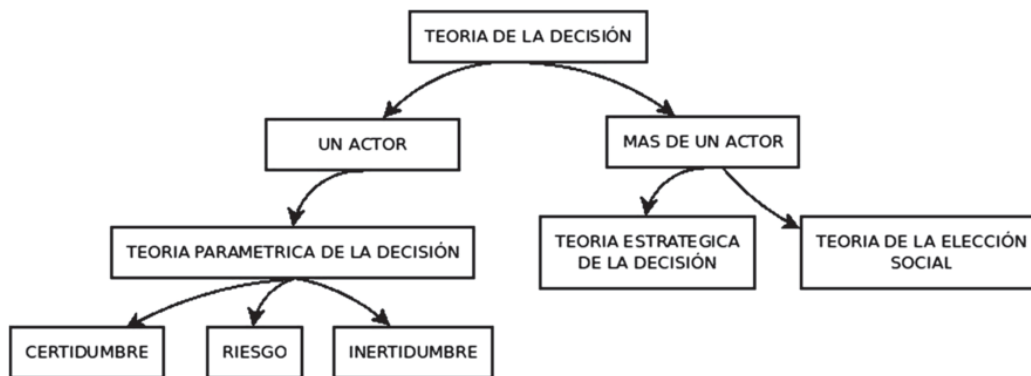


Fig. 2. El proceso de análisis jerárquico [AHP] y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación [5].

se con diversos desafíos como por ejemplo: el subjetivismo, ya que se debe modificar el paradigma de cada persona de tal manera que se pueda calificar cada uno de los criterios de la forma mas objetiva posible, para así obtener un resultado óptimo y veraz. Este es uno de los mayores problemas con los que se cuenta al intentar resolver un problema de decisión múltiple, ya que en cada una de las acciones se verán influenciados de manera directa por su subjetivismo, ya que esta presente de manera inherente [5].

En la actualidad se encuentra una variedad de métodos y herramientas que ayudan a la solución de los problemas de decisión, entre los que se podrían mencionar: la teoría de matrices, la teoría de grafos, la teoría de las organizaciones, la teoría de la medida, la teoría de la decisión colectiva, entre otros. Estos métodos se encargan principalmente de ayudar a encontrar soluciones posibles al problema previamente planteado, pero no garantizan de ninguna manera que sean óptimas. Sin embargo, estos métodos han servido para el desarrollo de otras teorías que pueden dar un índice de confianza de mayor magnitud. El presente documento se centrara en uno de los procesos que ha sido considerado como una de las herramientas fundamentales para tratar con este tipo de problemas de decisión, este es el proceso de análisis jerárquico (AHP).

## VI. PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP)

El proceso de análisis jerárquico de decisión fue desarrollado por Thomas L. Saaty, esta diseñado con el fin de resolver problemas complejos de múltiples criterios; este proceso consiste en tener claro el tipo de problemática que se va a tratar, requiere que el decisor proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios [6]. Después de que se halla realizado este procedimiento el decisor tendrá que especificar sus preferencias con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio, dando como resultado una jerarquización con prioridades, que muestre la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. La determinación de la escala que se utilizará ha sido previamente definida y estandarizada por el autor para el desarrollo de este proceso, la cual se ilustra en la tabla 1 [4].

Tabla 1. Escala de preferencias para utilizar el AHP[4].

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

## VII. EJEMPLO DE APLICACIÓN

A continuación se presentará un ejemplo con el fin de mostrar el desarrollo de la metodología previamente expuesta. El ejemplo, ha sido diseñado para trabajar el problema con el que se encuentran muchas personas que se inician en el mundo del software libre, ya que con tan amplia variedad de distribuciones que ofrece GNU/Linux no sabe cual escoger, pero sin embargo hay que tener claro que cada una de las distribuciones va enfocada a un determinado usuario, con exigencias particulares; en este ejemplo se consideraran 3 distribuciones del sistema GNU/Linux como lo son:

### A. Linux Mint

Linux Mint es un sistema operativo de computadora diseñado para trabajar en la mayoría de los sistemas modernos, incluyendo PC x86 y x64 típicas. Se puede decir que Linux Mint cumple el mismo papel que los sistemas operativos Microsoft Windows, Apple Mac OS y el gratuito BSD OS. Linux Mint también está diseñado para trabajar en conjunto con otros sistemas operativos (incluyendo aquellos enlistados arriba), y puede configurar automáticamente un ambiente de arranque dual o de arranque múltiple (en el que se le pide al usuario que elija qué sistema operativo iniciar en cada arranque) durante su instalación. Linux Mint es un gran sistema operativo para individuos y compañías [7].

Los requisitos mínimos del sistema son los siguientes:

- Máquina con procesador de 32 bits o 64 bits, recordando que la versión de 32 bits es válida

para ambas máquinas, mientras que la de 64 bits es solo válida para procesadores de 64 bits.

- 512MB de RAM aunque es recomendable 1GB
- 5GB de espacio en disco
- Resolución mínima de la tarjeta gráfica de 800 x 600
- Unidad de CD, DVD o USB.

## B. Manjaro

Manjaro es una distribución de Linux fácil de usar basada en el sistema operativo Arch desarrollado independientemente. Dentro de la comunidad Linux, Arch es reconocido por ser una distribución excepcionalmente rápida, potente y liviana que brinda acceso a lo último en software de vanguardia. Sin embargo, Arch también está dirigido a usuarios más experimentados o con mentalidad técnica. Como tal, generalmente se considera que está fuera del alcance de aquellos que carecen de la experiencia técnica (o persistencia) requerida para usarlo [8].

Desarrollado en Austria, Francia y Alemania, Manjaro ofrece todos los beneficios del sistema operativo Arch combinado con un enfoque en facilidad de uso y accesibilidad. Disponible en versiones de 32 y 64 bits, Manjaro es adecuado tanto para usuarios principiantes como para usuarios experimentados de Linux. Para los recién llegados, se proporciona un instalador fácil de usar, y el sistema en sí está diseñado para funcionar completamente 'directamente de la caja' con características que incluyen:

- Entornos de escritorio preinstalados
- Aplicaciones gráficas preinstaladas para instalar software fácilmente y actualizar su sistema, y
- Códecs preinstalados para reproducir archivos multimedia

### *Requisitos del sistema recomendados:*

Se han proporcionado requisitos de sistema recomendados en lugar de mínimos para garantizar

que obtenga el máximo provecho de su sistema Manjaro. Aunque muchas distribuciones enumerarán las especificaciones mínimas necesarias para funcionar, ¿no sería una experiencia particularmente divertida o útil usarlas realmente como tal, se recomienda tener al menos:

- Un gigabyte (GB) de memoria
- Treinta gigabytes (GB) de espacio en el disco duro
- Un procesador de un gigahercio (Ghz)
- Una tarjeta gráfica de alta definición (HD) y un monitor
- Una conexión a Internet de banda ancha

## C. Ubuntu

Ubuntu es un sistema operativo desarrollado por la comunidad que es perfecto para laptops, computadoras de escritorio y servidores. Ya sea que lo utilices en el hogar, en la escuela o en el trabajo, Ubuntu contiene todas las aplicaciones que puedas necesitar, desde procesadores de texto y aplicaciones de email, hasta software para servidor web y herramientas de programación.

Ubuntu es y siempre será libre de costo. No pagas por una licencia de uso. Puedes descargar, usar y compartir Ubuntu con tus amigos, familias, escuela o negocios libremente.

Se publica un nuevo lanzamiento de la versión de escritorio y servidor cada seis meses. Esto significa que siempre tendrás las más recientes aplicaciones que el mundo del open source te puede ofrecer [9].

### *Requisitos*

- Los requisitos son básicos Ubuntu ha sido diseñado teniendo en cuenta la mayoría del hardware que abunda, por lo que es muy probable que si tu hardware no es poco común, Ubuntu funcione en tu máquina de inmediato. No obstante, debe verificar si su hardware funciona con Ubuntu y cumple con los requisitos mínimos del sistema.

- **Arquitecturas compatibles:** la mayoría de las laptops en estos días vienen con un procesador Intel o AMD, que entran en la categoría x86 / x86\_64. Estos son oficialmente compatibles con Ubuntu. Esta página documenta estas y otras arquitecturas de procesadores compatibles con Ubuntu.
- **Hardware certificado por Ubuntu:** esta página incluye una lista completa de máquinas certificadas por Ubuntu, incluida la mayoría de los equipos de sobremesa / portátiles de algunos de los proveedores más importantes.
- **Requisitos del sistema :** esta página incluye los requisitos mínimos del sistema que necesita una máquina para ejecutar la versión gráfica de Ubuntu. Desde el punto de vista de las máquinas más modernas, estas son extremadamente básicas.

Se utilizarán 3 criterios que en nuestro parecer son de los más importantes a la hora de escoger una distribución, estos criterios son:

1. Espacio que ocupa el sistema operativo en disco duro
2. Eficiencia en el manejo de la memoria RAM
3. Facilidad en el uso del sistema operativo

**Proceso de análisis jerárquico para determinar una opción indicada para instalación una distribución Linux.**

En siguiente análisis para determinar la opción indicada tomamos como opciones una serie de versiones del sistema operativo Linux tal como lo muestra la tabla 2.

Para ello se tomaron una serie de criterios que son los parámetros que se van medir y/o evaluar

**Tabla 2.** Opciones a considerar en el ejercicio.

1	Linux mint
2	Ubuntu
3	Manjaro

en dicho análisis para poder determinar cuál de dichas versiones es la más indicada. Tabla 3.

**Tabla 3.** Criterios a evaluar en el ejercicio.

1	Espacio en disco duro
2	Facilidad de uso
3	Uso de memoria ram

Luego de ya tener claro el tema de las opciones y los diferentes criterios a evaluar procedemos a crear la matriz de comparación de criterios, por medio de una escala que me permite asignar un grado de preferencia a cada uno de los criterios manejados, según la Tabla 1. Escala de referencia para aplicar el (AHP).

**Escala de preferencias.** Ver tabla 4.

**Matriz de comparación de criterios**

Después procedemos a obtener la matriz normalizada, en la cual se añade otro campo a la matriz de comparación para hallar el promedio de cada una de las opciones luego de haberse determinado su nivel de preferencia. Tabla 5.

La comprobación y consistencia me permite determinar el grado de veracidad que se tuvo a la hora de determinar el nivel de preferencia para cada una de las opciones en las matrices, para la cual se toma el promedio obtenido de en la matriz normalizada, junto con la función "=MMULT (I22:K22;\$N\$21:

**Tabla 4.** Matriz de comparación de criterios.

Criterios	Espacio en disco duro	Facilidad de uso	Uso de memoria RAM
Espacio en disco duro	1.00	3.00	3.00
Facilidad de uso	0.33	1.00	6.00
Uso de memoria ram	0.33	0.17	1.00
Total	1.67	4.17	10.00



**Tabla 5.** Matriz normalizada.

Críterios	Espacio en disco duro	Facilidad de uso	Uso de memoria RAM	Promedio
Espacio en disco duro	0.60	0.72	0.30	0.54
Facilidad de uso	0.20	0.24	0.60	0.35
Uso de memoria ram	0.20	0.04	0.10	0.11

**Tabla 6.** Matriz comparación de criterios [sin normalizar].

Críterios	Espacio en disco duro	Facilidad de uso	Uso de memoria RAM
Espacio en disco duro	1.00	1.00	4.00
Facilidad de uso	1.00	1.00	4.00
Uso de memoria ram	0.25	0.25	1.00

“ $IC = \frac{N_{max} - N}{N - 1}$ ” aplicada a una nueva matriz sin normalizar y se dividen los resultados obtenidos con los del campo promedio, luego hallamos el promedio de los datos obtenidos de dicha operación, el cual utilizamos en la fórmula que me permite hallar el índice de consistencia: “ $IC = \frac{N_{max} - N}{N - 1}$ ”, donde  $N_{max}$  corresponde la valor del promedio, N la cantidad de opciones. Tabla 6 y 7.

Se debe tener en cuenta que el índice de consistencia nunca puede ser mayor a 0,1 de suceder esto se deben reconsiderar los valores que tenemos en nuestra matriz de comparación.

Ya obtenido este resultado procedemos a crear las matrices donde confrontaremos cada una de

**Tabla 7.** Indices de consistencia.

0,54	2,0333333	3,7654321
0,35	0,98	2,8269231
0,11	0,335	2,9558824
1,00	PROMEDIO=	3,1827458

Índice de consistencia

**3,1827458**      3 =      **0,0913729**

2

Radio de consistencia

Índice de consistencia      0,0913729  
 índice aleatorio

nuestras opciones en este caso las versiones del sistema operativo Linux, donde crearemos una matriz de comparación y otra normalizada una por cada criterio.

**Matriz de comparación.** Ver tabla 8.

**Tabla 8.** Criterios de comparación.

Primer criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	6.00	5.00
Ubuntu	0.17	1.00	3.00
Manjaro	0.20	0.33	1.00
Suma	1.37	7.33	9.00
Segundo criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	3.00	4.00
Ubuntu	0.33	1.00	4.00
Manjaro	0.25	0.25	1.00
Suma	1.58	4.25	9.00
Tercer criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	5.00	5.00
Ubuntu	0.20	1.00	4.00
Manjaro	0.20	0.25	1.00
Suma	1.40	6.25	10.00

Tabla 8. Criterios de comparación.

Primer criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	6.00	5.00
Ubuntu	0.17	1.00	3.00
Manjaro	0.20	0.33	1.00
Suma	1.37	7.33	9.00
Segundo criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	3.00	4.00
Ubuntu	0.33	1.00	4.00
Manjaro	0.25	0.25	1.00
Suma	1.58	4.25	9.00
Tercer criterio			
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Unix Mint	1.00	5.00	5.00
Ubuntu	0.20	1.00	4.00
Manjaro	0.20	0.25	1.00
Suma	1.40	6.25	10.00

**Matriz de comparación normalizada.** Tabla 9.

Ya teniendo las matrices procedemos a obtener los índices de consistencias de cada una de ellas utilizando las mismas formulas del ejemplo anterior, la única diferencia que

encontraremos es que para este caso utilizaremos el índice aleatorio de consistencia. Tabla 10.

El valor de 0,58 es el índice aleatorio de consistencia el cual lo obtenemos de la tabla 11.

Tabla 9. Comparación normalizada.

Primer criterio				
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro	Promedio
Unix Mint	0.73	0.82	0.56	0.70
Ubuntu	0.12	0.14	0.33	0.20
Manjaro	0.15	0.05	0.11	0.10
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00
Segundo criterio				
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro	Promedio
Unix Mint	0.63	0.71	0.44	0.59
Ubuntu	0.21	0.24	0.44	0.30
Manjaro	0.16	0.06	0.11	0.11
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00
Tercer criterio				
Espacio en disco duro	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro	Promedio
Unix Mint	0.71	0.80	0.50	0.67
Ubuntu	0.14	0.16	0.40	0.23
Manjaro	0.14	0.04	0.10	0.09
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00

Con los valores del promedio obtenidos de cada una de las matrices normalizadas se crea la matriz de prioridad donde se confrontan los criterios con las opciones tal como se observa en la tabla y los valores de color naranja corresponden a la aplicación de la formula “=MMULT (\$H\$56:\$J\$56; C58:C60)” con cada uno de los valores de la matriz y los valores del promedio de la matriz de criterios normalizada. Tabla 12.

Por último, obtenemos los porcentajes para cada una de las opciones que fueron consideradas para este ejercicio, encontrando como opción indicada con 52% a la versión Linux Mint. Tabla 13.

Tabla 10. Promedios de los criterios de normalización.

0,63	2,39	3,80		
0,27	0,62	2,33	0.0039255	0,0067681
0,11	0,31	2,90	0,58	
1,00	PROMEDIO	3,01		
0,52	1,92	3,70		
0,37	0,93	2,51	0.0379093	0,0653609
0,11	0,33	3,01	0,58	
1,00	PROMEDIO	3,08		
0,59	2,31	3,95		
0,32	0,75	2,35	0.0430755	0,0742682
0,10	0,29	2,96	0,58	
1,00	PROMEDIO	3,09		

Tabla 11. Tabla con los índices de consistencia.

Número de elemento que se compara	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice aleatorio de consistencia	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45

Tabla 12. Matriz de prioridades.

	Linux Mint	Ubuntu	Manjaro
Espacio en disco duro	0.70	0.20	0.10
Facilidad de uso	0.59	0.30	0.11
Uso de memoria ram	0.67	0.23	0.09
Suma	0.66	0.14	0.10

Tabla 13. Índices de consistencias.

No	Opciones		
1	Linux Mint	0.66	66.10
2	Ubuntu	0.14	14.00
3	Manjaro	0.10	10.00
	Suma	0.90	90.10

## VIII. CONCLUSIONES

Se puede determinar que el índice de consistencia no fue muy acertado en el primer intento, ya que fue superior a (1) por lo que debimos reconsiderar los valores de cada una de las matrices verificando uno a uno los parámetros para encontrar el error a corregir.

Los índices de consistencia con las opciones y cada una de los criterios donde encontramos que

obtuvimos un índice de consistencia mas acertado para cada uno de ellos.

Se obtuvo la opción más optima, que es la versión Linux Mint con un porcentaje 52%, con lo anterior podemos indicar que en dicho ejercicio se encontró un alto grado de subjetivismo, ya que esta es la versión de Linux que de acuerdo a la experiencia de cada uno de los integrantes del grupo, es la que mejor rendimiento ofrece a nuestros equipos, y mayor índice de usabilidad ofrece.

El uso de el modelo es adecuado en ciertas situaciones, dependiendo de diversos factores que influyan directamente en la toma de decisión, y clasificación de la misma. Y es pertinente usarlo de acuerdo al número de variables que se vayan a tener en cuenta y el nivel de subjetivismo que utilice el decisor.

Teniendo en cuenta el ejercicio elaborado a través del modelo AHP, podemos concluir que este modelo puede ser aplicable, pero se puede manipular fácilmente según como alternemos un criterio, además de esto, para utilizar este modelo analizamos, que se debe escoger posibles opciones que posean similitudes entre ellas, y que sea más difícil para el individuo analizarlo. En este punto notamos que al conocer rasgos grandes favorables

o desfavorables entre las opciones se puede predecir la decisión del individuo.

## REFERENCIAS

- [1] T. Hurtado y G. Bruno, El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. CapII. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2014.
- [2] El Tiempo, «Apple le ganó a Samsung “el juicio del año” por plagio en teléfonos», El Tiempo. [En línea]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12161248>.
- [3] C. F. R. Mangani, «Teoría de la decisión».
- [4] T. Hurtado y G. Bruno, El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. CapIII. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2014.
- [5] F. A. González, «Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos», *Empiria Rev. Metodol. Cienc. Soc.*, n.o 8, pp. 139-160, 2004.
- [6] J. C. O. Gómez y J. P. O. Cabrera, «El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación.», *Sci. Tech.*, vol. 2, n.o 39, 2008.
- [7] «Página principal - Linux Mint». [En línea]. Disponible en: <https://linuxmint.com/>.
- [8] «Manjaro Linux». [En línea]. Disponible en: <https://manjaro.org/>.
- [9] «For enterprise | Ubuntu». [En línea]. Disponible en: <https://www.ubuntu.com/desktop/enterprise>.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# TRABAJANDO SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES CON ESTRELLAS DE SEIS PUNTAS

*Working on systems of linear equation with six points stars*

MARCO VINICIO VÁSQUEZ BERNAL<sup>1</sup>

*Recibido:09 de diciembre de 2017. Aceptado:23 de diciembre de 2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n9.a44>

## RESUMEN

La enseñanza de las matemáticas tiene sus peculiaridades, cada vez el docente debe esforzarse por crear nuevas herramientas y procesos que despierten el interés de los estudiantes, innovando y proponiendo nuevas formas que permitan que el aula sea un espacio de comunicación armónico donde el conocimiento surge.

Este trabajo se ha planteado para desarrollar una temática de las matemáticas, la resolución de sistemas de ecuaciones lineales, presentándolas como una herramienta para resolver desafíos simples, lo que a simple vista se presenta es la imagen agradable de las estrellas de seis puntas, para mediante reflexión de su estructura establecer relaciones numéricas.

A lo largo de esta investigación está presente el criterio de equilibrio y armonía a pesar de la diversidad, es decir con números diferentes se puede llegar a un equilibrio, conceptos de pertenencia, no pertenencia, equivalencia y contradicción son manejados como conceptos a pesar de no mencionarse, se intenta que el individuo los utilice sin detenerse en discusiones sobre el concepto.

Esta investigación es parte de una propuesta didáctica que la desarrollamos en la UNAE de Ecuador, la primera parte de este trabajo se publicó en esta misma revista en el 2015 [1].

**Palabras clave:** Sistemas lineales, ecuaciones, equilibrio, estrellas de seis puntas.

## ABSTRACT

The teaching of mathematics has its peculiarities, each time the teacher must strive to create new tools and processes that arouse the interest of students, innovating and proposing new ways that allow the classroom to be a space of harmonious communication where knowledge arises

This research has been proposed to develop mathematical topics, the resolution of systems of linear equations, presenting them as a tool to solve simple challenges, what at first sight is presented is the pleasant image of the six-pointed stars, for reflection of its structure to establish numerical relationships.

Throughout this research, the criterion of balance and harmony is present despite diversity, that is, with different numbers it is possible to reach a balance, concepts of belonging, not belonging, equivalence and contradiction are handled as concepts despite not be mentioned, it is intended that the individual use them without stopping in discussions about the concept.

This research is part of a didactic proposal that we developed in the UNAE of Ecuador. The first part of this work was published in this same magazine in 2015 [1].

**Keywords:** Linear systems, equations, equilibrium, six-pointed stars.

1 Matemático, mención estadística. Magíster en Gerencia Empresarial (MBA). Magíster en Investigación para el Desarrollo Educativo. Diplomado Superior en Práctica Docente Universitaria y Especialista en Educación Universitaria. Actualmente, catedrático de la UNAE (Universidad Nacional de Educación de Ecuador). Miembro del Consejo editorial de la UNAE. Miembro del Consejo Editorial de la revista Mamakuna. Delegado Embajador de Ecuador en el Parlamento Internacional de Educación. Columnista de El Heraldo del Cañar y de Ecuadoruniversitario.com. Correo electrónico: marco.vasquez@unae.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

TAL VEZ esta es la estrella más común, ligada incluso a algunos hechos de la historia humana, llegando incluso a atribuirle poderes. Geométricamente resulta de dividir el círculo en seis partes, concepto similar a la definición de radian, y su construcción es el resultado de sobreponer dos triángulos equiláteros.

En este caso, como se observa en la Fig. 1, la estrella mágica contiene:

- 6 Segmentos.
- 6 vértices.
- 6 cortes.

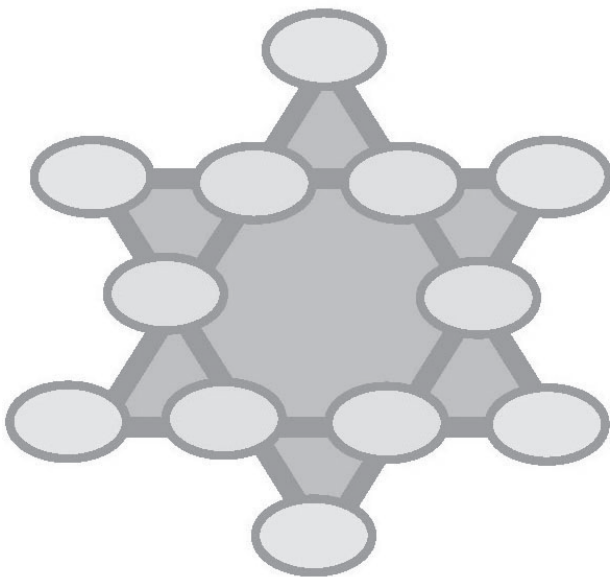


Fig. 1. Estrella Mágica.

- Tenemos entonces que la estrella está compuesta de 12 elementos.
- En cada segmento estarán cuatro elementos.
- Cada elemento, simultáneamente forma parte de dos segmentos.
- Cada segmento se corta con otros cuatro y no se corta con uno.

## II. ESTRELLAS MÁGICAS CON ELEMENTOS QUE FORMAN SERIES ARITMÉTICAS

Recordando las propiedades de las estrellas mágicas se indicará la forma de construir una estrella mágica con los primeros 12 enteros positivos, es decir se trabajará con el conjunto:

$$[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]$$

Que obviamente forman una serie aritmética, cuya razón es 1.

Primero se calcula cuánto suman todos estos elementos, utilizando la siguiente fórmula [2]:

$$\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2} \quad (1)$$

Con  $n = 12$ , el resultado de la sumatoria tendremos  $12 \times 13 / 2 = 78$ .

Se sabe que cada uno de los elementos está presente en dos segmentos, entonces la suma total será el doble, esto es 156.

Existen seis segmentos, donde todos deben sumar una misma cantidad, entonces cada segmento debe sumar veinte y seis ( $156 / 6 = 26$ ).

A continuación en la Tabla I, se indicarán las 33 combinaciones de cuatro elementos cuya sumatoria es 26.

Deberemos escoger seis de ellas que cumplan las condiciones indicadas, que contengan en dos de ellas a cada uno de los doce números, que cada uno tenga un elemento común con cuatro de las demás, y que no tenga elemento en común con la otra.

Tomemos para iniciar la combinación 4, en relación a esta:

- Combinación 7 tiene en común el elemento 1.
- Combinación 19 tiene en común el elemento 10.
- Combinación 25 tiene en común el elemento 11.
- Combinación 30 tiene en común el elemento 4, y
- Combinación 11 no tiene elementos en común.

Tabla I. 33 combinaciones.

Combinaciones				
1	1	2	11	12
2	1	3	10	12
3	1	4	9	12
4	1	4	10	11
5	1	5	8	12
6	1	5	9	11
7	1	6	7	12
8	1	6	8	11
9	1	6	9	10
10	1	7	8	10
11	2	3	9	12
12	2	3	10	11
13	2	4	8	12
14	2	4	9	11
15	2	5	7	12
16	2	5	8	11
17	2	5	9	10
18	2	6	7	11
19	2	6	8	10
20	2	7	8	9
21	3	4	7	12
22	3	4	8	11
23	3	4	9	10
24	3	5	6	12
25	3	5	7	11
26	3	5	8	10
27	3	6	7	10
28	3	6	8	9
29	4	5	6	11
30	4	5	7	10
31	4	5	8	9
32	4	6	7	9
33	5	6	7	8

Tomando cada una de estas combinaciones podremos construir una estrella mágica de seis puntas, siguiendo los siguientes proceso:

1. Tomemos la combinación 4, de este escojamos el elemento 1 y ubiquemos este en un vértice.

La Fig. 2, muestra una estrella mágica donde los elementos de cada segmento suman 26, por lo indicado anteriormente.

En ningún caso esta es la única, pero nos sirve para poder analizar y generar otras, esta vez tomaremos en cuenta algunas consideraciones:

- Existen 33 combinaciones de cuatro números distintos del 1 al 12,
- Cada número está presente de 10 a 12 veces en las combinaciones.

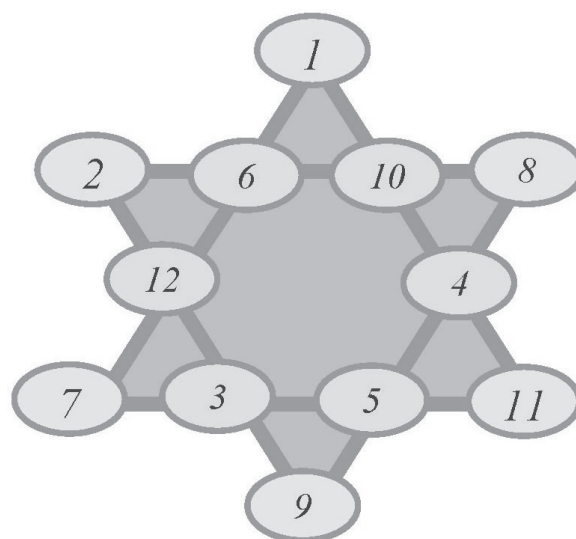


Fig. 2. Estrella Mágica-Elementos de cada segmento suman 26.

- Cada estrella mágica tiene seis segmentos.
- Cada número debe estar presente en dos de esos segmentos.
- En cada par de segmentos puede haber máximo un elemento en común.
- Todos los números deben estar presentes como elementos de la estrella.

Además debemos tomar en cuenta que si estudiamos de forma completa para un número, obtendremos todos los resultados posibles y no será necesario realizar el estudio para otro número.

Por lo indicado anteriormente, en la Tabla II, realizaremos un estudio para el número uno.

Iniciaremos recordando las diez combinaciones donde esta presente el número uno, que enumeradas son:

Tabla II. Combinaciones que contienen el número 1.

A	1	2	11	12
B	1	3	10	12
C	1	4	9	12
D	1	4	10	11
E	1	5	8	12
F	1	5	9	11
G	1	6	7	12
H	1	6	8	11
I	1	6	9	10
j	1	7	8	10

Con base a las condiciones dadas, escogeremos pares de esta, que tengan en común únicamente el número 1.

Esto se da entre las combinaciones A e I, A y J, B y F, B y H, C y H, C y J, D y E, D y G, E e I, E e I, F y G; y, F y J, es decir existen 11 posibilidades.

A continuación estudiaremos cada uno de los casos, respetando el orden expuesto anteriormente.

Así tomaremos el caso entre las combinaciones A y D, el procedimiento a seguir será el siguiente [3]:

1. Luego de establecer las dos combinaciones, para la tercera buscaremos una que contenga un elemento de cada una de las combinaciones presentes y dos números distintos a los presentes en las dos combinaciones.
2. En las tres combinaciones estarán presentes nueve números, es decir tres no están en las indicadas.
3. De los tres que no están presentes, escogemos dos y buscamos una combinación que las contenga y además tenga dos cada una presente en una única combinación de las anteriores.
4. Tomaremos un número de los dos que tomamos de base para la anterior combinación, tomamos el tercer elemento que aún no ha sido considerado y buscamos una combinación que las contenga y además tenga dos, cada una presente en una única combinación de las anteriores.
5. Tomamos el otro número que no fue considerada en la combinación anterior, tomamos también el tercer número que ya fue considerado en la combinación anterior y buscamos una combinación que las contenga y además tenga dos, cada una presente en una única combinación de las anteriores.
6. Con ello tomamos las seis combinaciones que constituyen la base matemática para construir la estrella mágica.

Aplicando lo indicado, seleccionamos las combinaciones A e I, ver Tabla III, que tienen en

Tabla III. Combinaciones A - I Alternativa 1

A	1	2	11	12
I	1	6	9	10
	2	9	7	8
	3	4	8	11
	3	5	6	12
	4	5	7	10

común, únicamente, el número 1, la tercera combinación la construimos tomando el 2 y el 9, que suman 11, escogeremos dos números que no estén en las combinaciones y cuya suma sea 15, en vista de que toda combinación debe sumar veinte y seis (26), escogemos el 7 y el 8.

Hasta allí tenemos tres combinaciones donde no están considerados ni el 3, ni el 4 ni el 5. Para la cuarta combinación colocamos el 3 y el 4, que suman 7, debemos escoger dos números que cada uno esté en una combinación distinta y sumen 19, escogemos el 8 y el 11 que están en las combinaciones primera y tercera respectivamente, para la quinta combinación tomamos otra vez el 3 y el otro valor que aún no ha sido considerado, el 5, entre los dos suman 8, escogemos dos números que sumen 18, escogemos el 6 y el 12 que están en las combinaciones primera y segunda respectivamente. Para la última combinación tomamos los dos números que fueron ya relacionados con el 3, que suman 9, escogemos dos números que sumen 17, escogemos el 7 y el 10 que están únicamente en la segunda y tercera combinación en su orden.

Luego del proceso indicado tenemos seis combinaciones, donde cada número está en dos de ellas, y cada par de combinaciones tienen a lo mucho un elemento en común, con este resultado podemos construir la estrella mágica [4] que se observa en la Fig. 3.

Para la construcción de la estrella simplemente ubicaremos los elementos, así en cada segmento, se ubicarán los elementos de cada combinación construida, deberemos tener en cuenta los elementos de cada intersección [5].

Se sugiere seguir el siguiente proceso:

- a. Colocar el uno en un vértice (ubicamos 1),



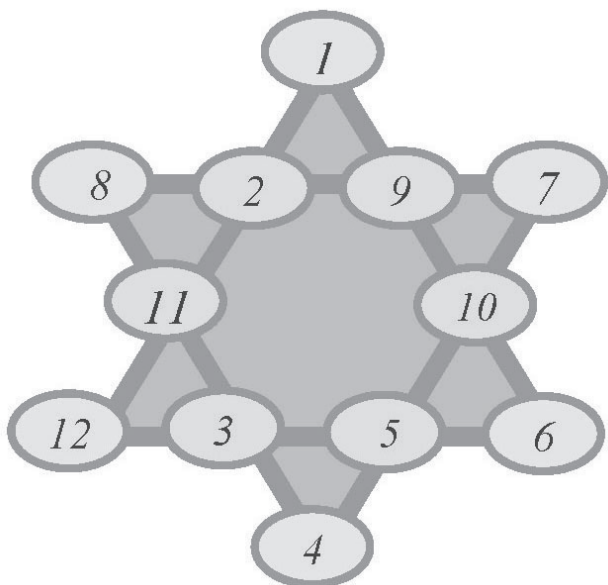


Fig. 3. Estrella Mágica - Base 2 y 9

- b. Luego colocar los elementos diferentes de las dos primeras combinaciones que permitieron construir la tercera (colocamos 2 y 9).
- c. Escogemos luego un elemento restante de la tercera combinación y lo ubicamos en un vértice, cuidando que se ubique junto al valor, con el cual coincida otro elemento en otra combinación, (8 junto al 2 ya que entre las combinaciones (1,2,11,12) y (8,11,3,4) coincide el 11, que será el otro).
- d. Ese otro valor colocara en el siguiente corte (ubicamos el 11).
- e. Llenaremos los dos segmentos, ubicando en los vértices, los números faltantes en las combinaciones (12 en el un segmento y 7 en el otro).
- f. Para los otros cortes buscaremos los elementos coincidentes en las combinaciones hasta llenar la estrella mágica (así entre el segmento de vértice 8 y el otro de vértice 12 colocaremos el 3, entre el segmento de vértice 7 y el otro de vértice 1, colocamos el 10 que es coincidente en las combinaciones, luego ubicamos otro corte entre el segmento de vértice 12 y el otro de vértice 7 ubicamos el cinco).
- g. Completamos otro segmento, colocando un vértice (en el ejemplo el 6).

h. Ubicaremos el último corte, por eliminación o tomando en cuenta los elementos de las combinaciones (colocamos el 10).

Con esto tenemos integrada la estrella mágica.

Esta claro que con las dos combinaciones seleccionadas, es posible obtener más de una estrella mágica, en la Tabla IV se observa otra posibilidad que se da si tomamos como base el seis y el once, y se genera la estrella mágica de la Fig. 4, además se tiene otra posibilidad la Tabla V y la Fig. 5.

Tabla IV. Combinaciones A-I Alternativa 2

A	1	2	11	12
I	1	6	9	10
	6	11	4	5
	3	7	4	12
	3	8	5	10
	7	8	2	9

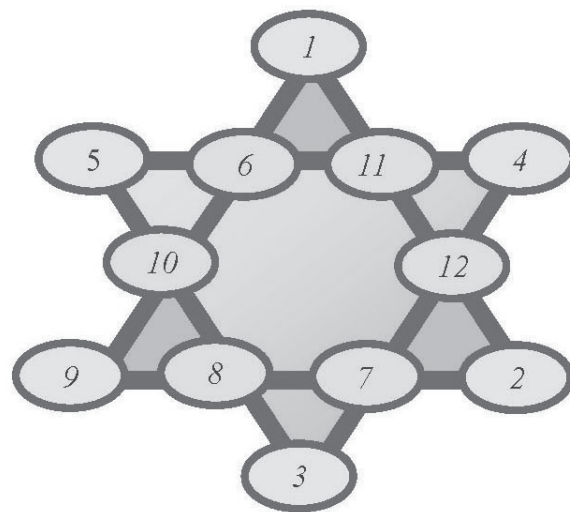


Fig. 4. Estrella Mágica -Base 6 y 11

Entre A y J, tendremos los siguientes resultados:

Tabla V. Combinaciones A-J Alternativa 1

A	1	2	11	12
J	1	7	8	10
	2	10	5	9
	3	4	7	12
	3	6	8	9
	4	6	11	5

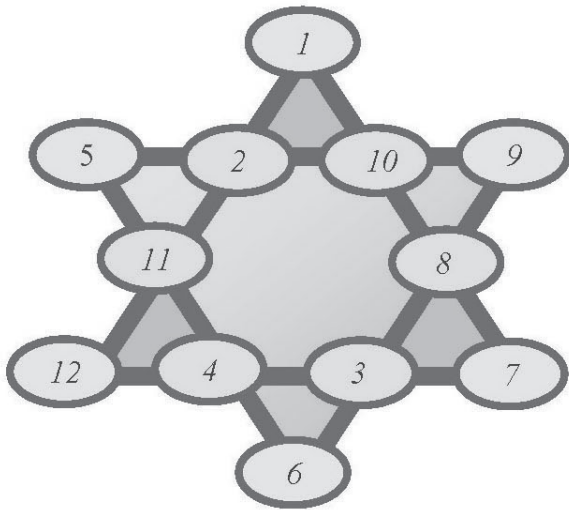


Fig. 5. Estrella Mágica - Base 2 y 10

Tabla VI. Combinaciones A-J Alternativa 2.

A	1	2	11	12
J	1	7	8	10
	7	12	3	4
	5	6	4	11
	5	9	2	10
	6	9	3	8

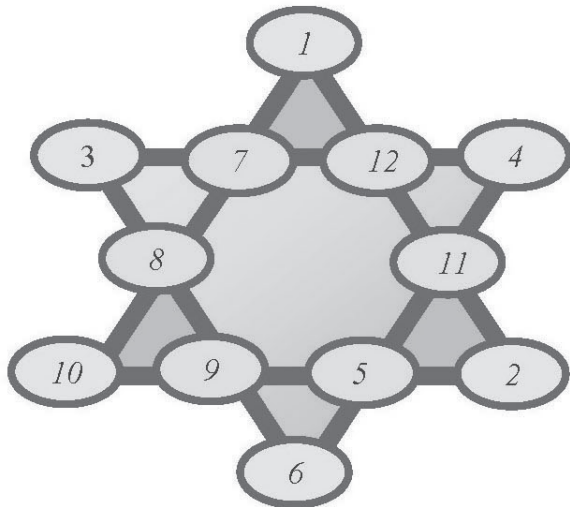


Fig. 6. Estrella Mágica - Base 7 y 12.

Entre B y F se tienen los siguientes resultados:

Tabla VII. Combinaciones B-F Alternativa 1.

B	1	3	10	12
F	1	5	9	11
	3	9	6	8
	2	4	8	12
	2	7	6	11
	4	7	5	10

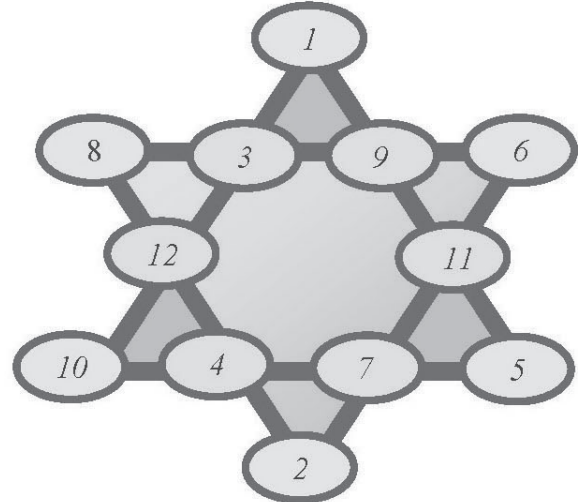


Fig. 7. Estrella Mágica - Base 3 y 9

Tabla VIII. Combinaciones B-F Alternativa 2

B	1	3	10	12
F	1	5	9	11
	3	11	4	8
	2	6	8	10
	2	7	5	12
	6	7	4	9

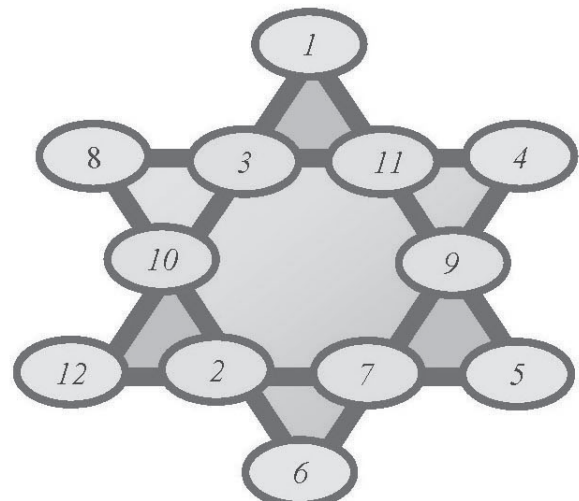


Fig. 8. Estrella Mágica - Base 3 y 11

Entre B y H se tienen los siguientes resultados:

Tabla IX. Combinaciones B-H Alternativa 1

B	1	3	10	12
H	1	6	8	11
	3	11	5	7
	2	4	8	12
	2	9	5	10
	4	9	6	7

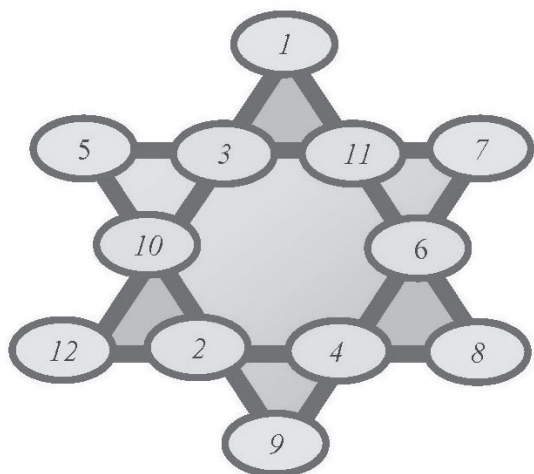


Fig. 9. Estrella Mágica - Base 3 y 11

Para el caso de las combinaciones entre C y J tendríamos:

Tabla XI. Combinaciones C-J Alternativa 1

C	1	4	9	12
J	1	7	8	10
	4	8	3	11
	2	5	9	10
	2	6	7	11
	5	6	3	12

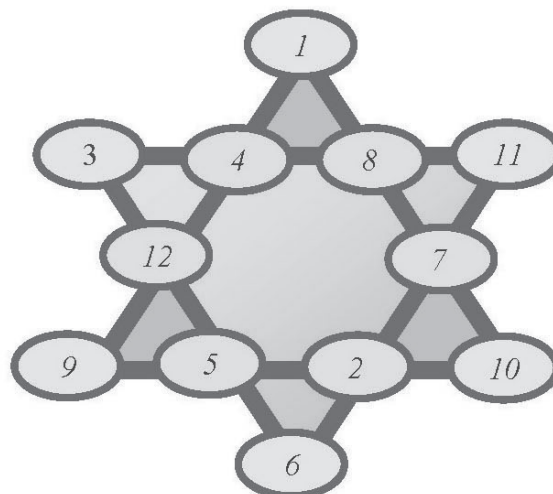


Fig. 11. Estrella Mágica - Base 4 y 8

Para el caso de las combinaciones entre C y H tendríamos:

Tabla X. Combinaciones C-H Alternativa 1

C	1	4	9	12
H	1	6	8	11
	8	9	2	7
	3	5	6	12
	3	10	2	11
	5	10	4	7

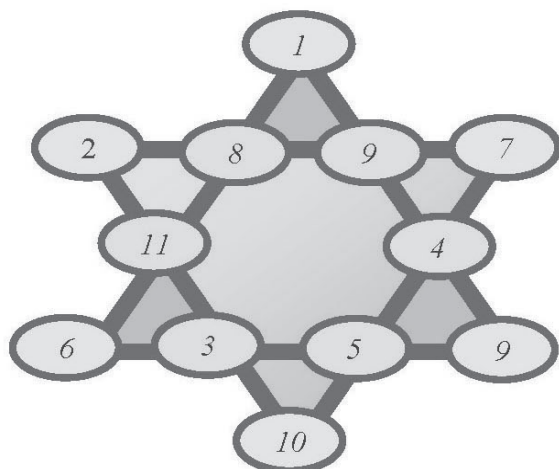


Fig. 10. Estrella Mágica - Base 8 y 9

Tabla XII. Combinaciones C-J Alternativa 2

C	1	4	9	12
j	1	7	8	10
	9	8	3	6
	2	5	7	12
	2	11	3	10
	5	11	4	6

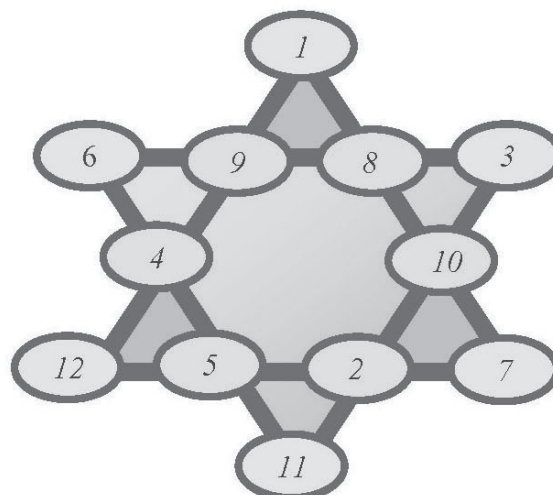


Fig. 12. Estrella Mágica - Base 9 y 8

Entre las combinaciones D y E se tendrá:

Tabla XIII. Combinaciones D-E Alternativa 1

D	1	4	10	11
E	1	5	8	12
	4	12	3	7
	2	6	7	11
	2	9	5	10
	6	9	8	3

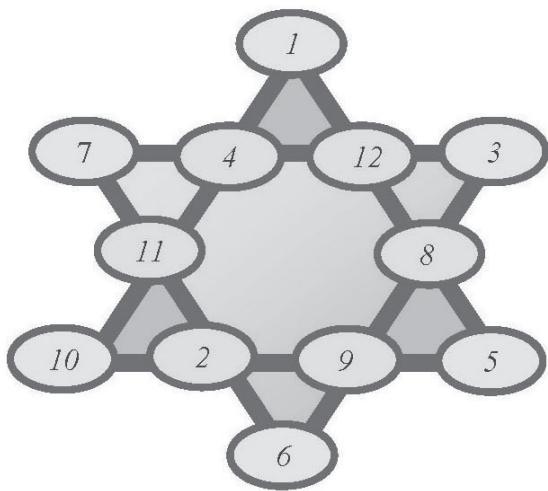


Fig. 13. Estrella Mágica - Base 4 y 12

Para las combinaciones D y G tendremos los resultados:

Tabla XV. Combinaciones D-G Alternativa 1

D	1	4	10	11
G	1	6	7	12
	4	12	2	8
	3	5	7	11
	3	9	6	8
	5	9	2	10

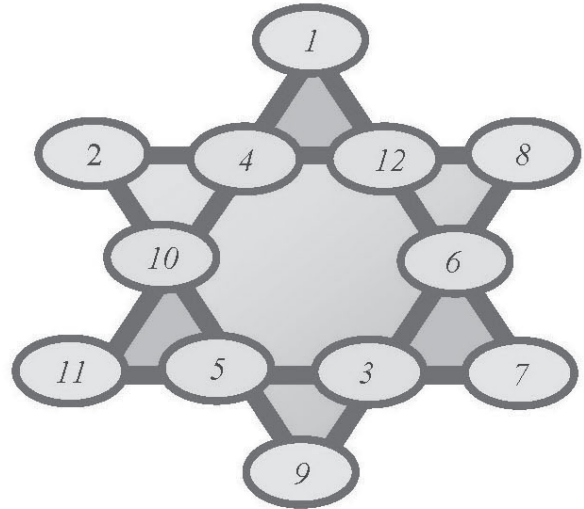


Fig. 15. Estrella Mágica - Base 4 y 12

Tabla XIV. Combinaciones D-E Alternativa 2

D	1	4	10	11
E	1	5	8	12
	8	10	2	6
	3	7	5	11
	3	9	2	12
	7	9	4	6

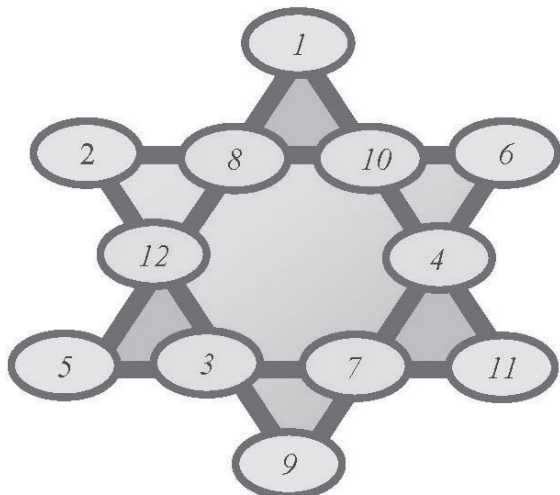


Fig. 14. Estrella Mágica - Base 8 y 10

Tabla XVI. Combinaciones D-G Alternativa 2

D	1	4	10	11
G	1	6	7	12
	6	10	2	8
	3	5	7	11
	3	9	2	12
	5	9	4	8

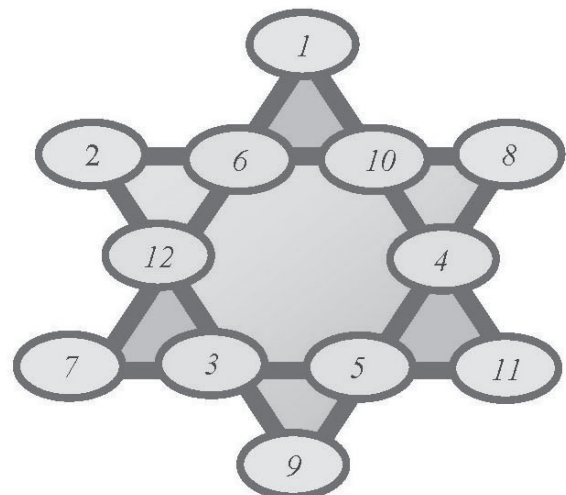


Fig. 16. Estrella Mágica - Base 6 y 10

Para las combinaciones entre E e I, se tendrá:

Tabla XVII. Combinaciones E-I Alternativa 1

E	1	5	8	12
I	1	6	9	10
	5	6	4	11
	2	3	10	11
	2	7	8	9
	3	7	4	12

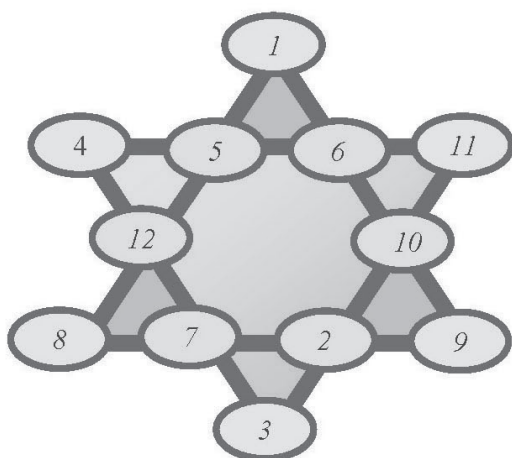


Fig. 17. Estrella Mágica - Base 5 y 6

Combinando entre F y G se tiene:

Tabla XIX. Combinaciones F-G Alternativa 1

F	1	5	9	11
G	1	6	7	12
	5	7	4	10
	2	3	10	11
	2	8	4	12
	3	8	6	9

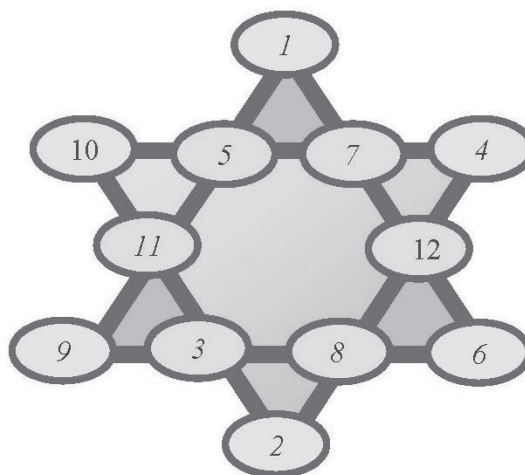


Fig. 19. Estrella Mágica - Base 5 y 7

Tabla XVIII. Combinaciones E-I Alternativa 2

E	1	5	8	12
I	1	6	9	10
	5	10	4	7
	2	3	9	12
	2	11	6	7
	3	11	4	8

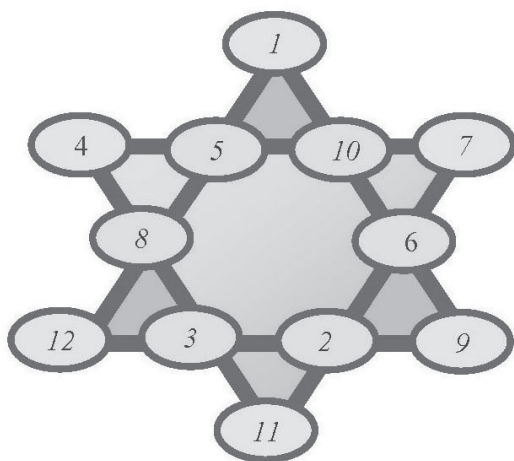


Fig. 18. Estrella Mágica - Base 5 y 10

Tabla XX. Combinaciones F-G Alternativa 2

F	1	5	9	11
G	1	6	7	12
	9	12	2	3
	4	8	3	11
	4	10	7	5
	8	10	2	6

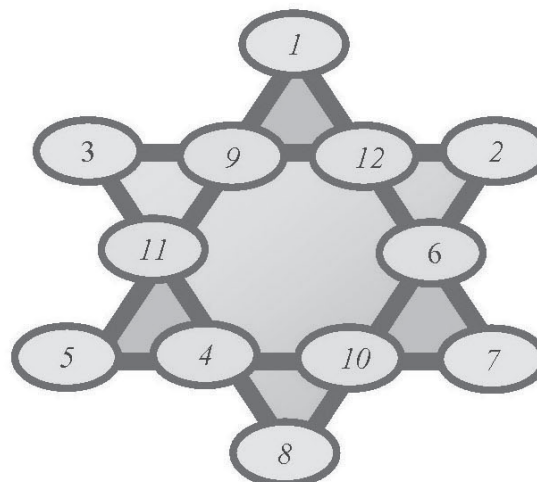


Fig. 20. Estrella Mágica - Base 9 y 12

Combinando entre F y J, tenemos los resultados:

Tabla XXI. Combinaciones F-J Alternativa 1

F	1	5	9	11
J	1	7	8	10
	7	9	4	6
	2	3	10	11
	2	12	4	8
	3	12	5	6

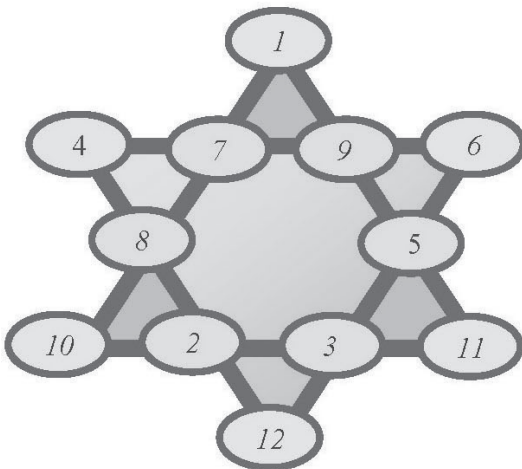


Fig. 21. Estrella Mágica - Base 7 y 9

Tabla XXII. Combinaciones F-J Alternativa 2

F	1	5	9	11
J	1	7	8	10
	9	10	3	4
	2	6	7	11
	2	12	4	8
	6	12	3	5

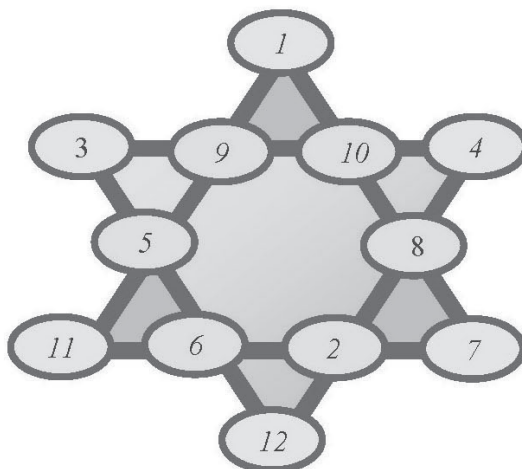


Fig. 22. Estrella Mágica - Base 9 y 10

Tenemos entonces 20 estrellas mágicas distintas.

La estructura de la estrella mágica de seis puntas donde cada segmento es una combinación de cuatro elementos que suman una cantidad constante y que tiene un elemento en común con otros cuatro segmentos, y no tiene elementos en común con uno de ellos, se puede observar en la Fig. 23, que el segmento 1, se interseca con los segmentos 2, 3, 5 y 6.; y, no se interseca con el segmento 4, de igual forma, el segmento 2 no se interseca con el segmento 6, y el segmento 3 no se interseca con el segmento 5.

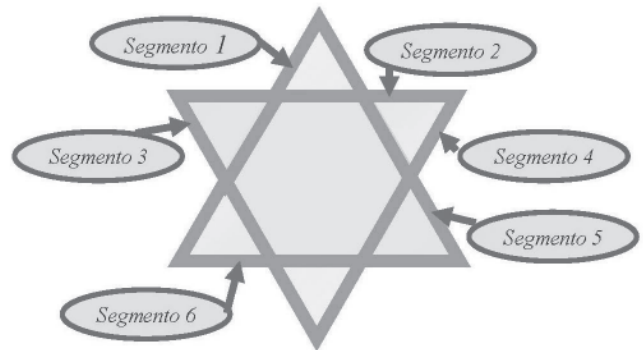


Fig. 23. Segmentos de la Estrella Mágica

Eso hace que si fijamos un segmento, podamos relacionarlos únicamente con los otros cuatro y teniendo en cuenta que entre ellos no se intersecan dos a dos, lo que hace que tengamos no 24 resultados diferentes (4!), sino únicamente 8.

### III. ESTRELLAS MÁGICAS DERIVADAS

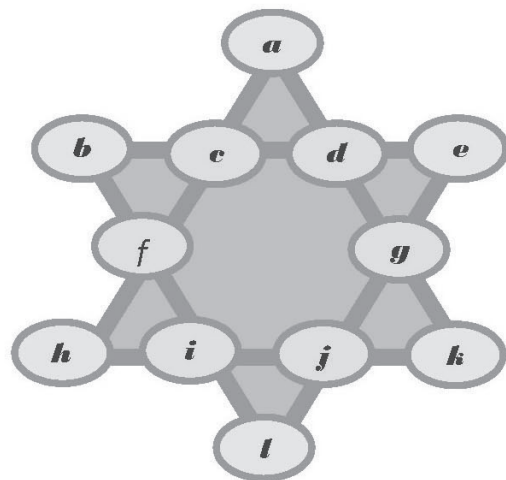


Fig. 24. Estrella Mágica Derivada

- A. Fijamos una esquina, para el ejemplo tomamos la esquina a.
- B. Fijemos la esquina opuesta, en nuestro caso l.
- C. Existen dos segmentos, que no contienen los vértices seleccionados, en estos, a partir de la ubicación del vértice, los cuatro elementos se dividen en dos grupos de dos elementos compuestos por un vértice y un corte, manteniendo al mismo lado con respecto a los vértices cambiamos el vértice de un segmento pasara a ser corte del otro, y viceversa, así movemos los ocho elementos, este se aprecia en la figura 24. Para nuestro ejemplo los grupos serian b y c a la derecha de a; d y e a la izquierda de a; y además h e i, a la izquierda de l; y, j y k a la derecha de l. Cambiaremos k por d, j por e, h por c y i por b, conforme se plantea en las líneas roja y negra.
- D. Con los movimientos indicados, se tiene una nueva estrella mágica donde han cambiado los segmentos, pero los elementos en estos se mantienen, como se observa en la figura 25.

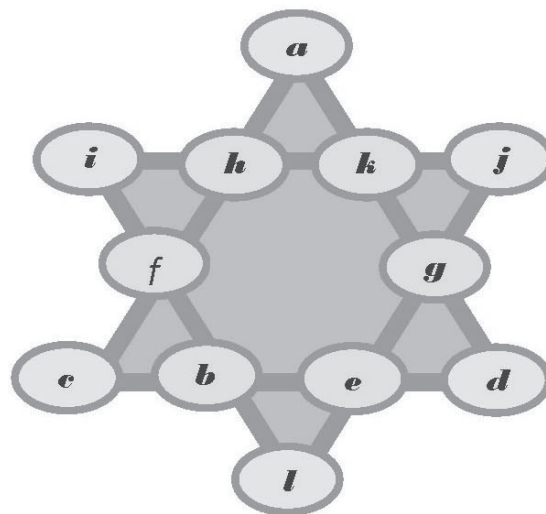


Fig. 26. Estrella Mágica con cambios

De igual manera, siguiendo el mismo proceso y fijando los vértices e y k de la figura 24, se generan las estrellas mágicas de las figuras 27 y 28.

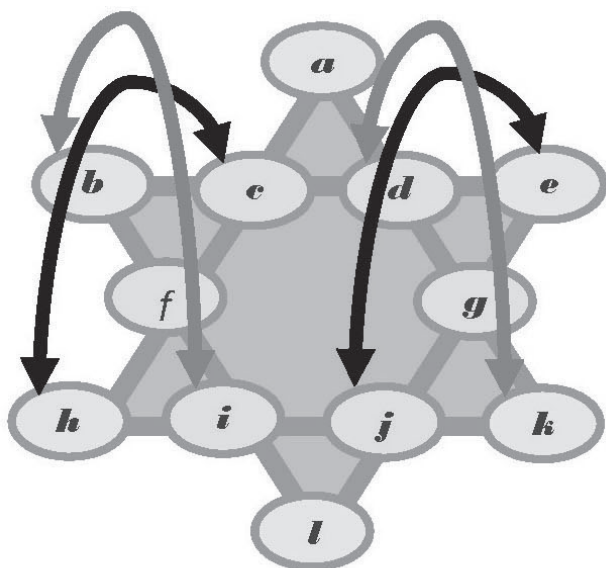


Fig. 25. Estrella Mágica con cambio de segmentos

Debe indicarse que los elementos f y g, no se mueven al igual que los vértices a y l.

Está claro que la estrella resultante es otra, con las mismas combinaciones.

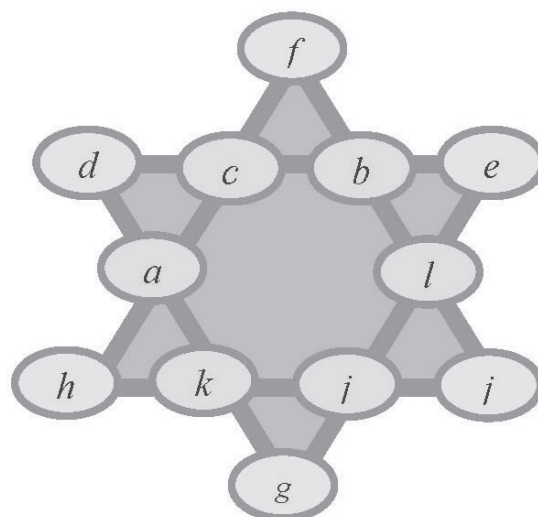


Fig. 27. Estrella Mágica con cambios 1

Es decir de cada estrella mágica se pueden derivar 3 distintas, ó por cada combinación matemática que cumpla las condiciones se tendrán cuatro estrellas mágicas distintas.

Si intentamos otro proceso como el planteado, la estrella resultante será una rotación sobre el centro de las indicadas y no otra.

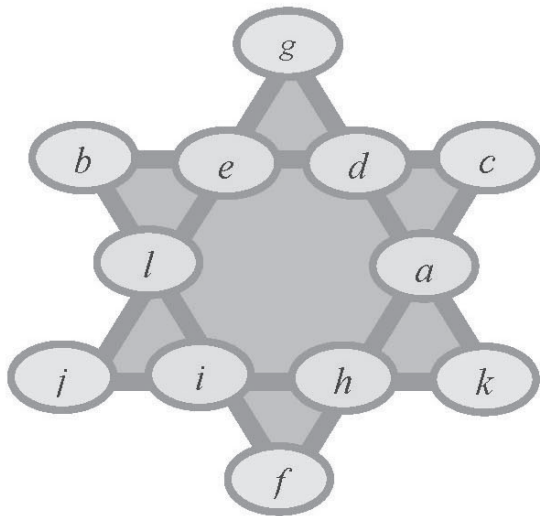


Fig. 28. Estrella Mágica con cambios 2

Se debe anotar por último que por cada estrella mágica se puede generar una simétrica que tampoco podría considerarse una distinta, mas bien se designara una rotación de 180 grados, tomando como eje la recta que pase por dos vértices opuestos ó dos cortes opuestos, y el resultado será el mismo.

Una rotación de la Fig. 24 es la Fig. 29

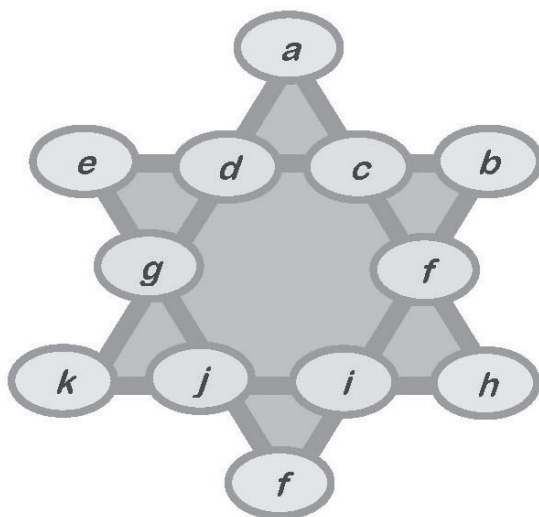


Fig. 29. Estrella Mágica con rotación

Se pueden definir además rotaciones sobre el centro, en sentido de las manecillas del reloj y para cada estrella existirán 6 posibilidades con esta rotación.

Consecuentemente, por cada combinación matemática que cumpla las condiciones expuestas anteriormente, tendremos cuatro estrellas mágicas distintas, cuatro rotaciones de 180 grados y rotaciones sobre su centro, es decir 48 estrellas derivadas, es decir con números consecutivos del 1 al 12 podremos establecer 960 estrellas mágicas, la estructura especial de que los elementos que cada segmento, tiene un elemento común con los otros cuatro.

#### IV. GENERACION DE ESTRELLAS MAGICAS DE SEIS VERTICES

El hecho de que se pueda generar estrellas mágicas de seis vértices con los elementos enteros del 1 al 12, es de vital importancia, en vista de que esos elementos forman entre sí una sucesión aritmética y la misma puede transformarse en otras a través de transformaciones lineales cualesquiera, que a su vez formarán otra sucesión aritmética que cumplirá la condición de estrella mágica [6][7].

Lo expresado anteriormente es fácilmente demostrable, supongamos tenemos las seis combinaciones:

Que como se vio en la figura 24 genera una estrella mágica, donde la suma en cada segmento es 26.

A estos elementos aplicamos la transformación lineal:  $a n + b$ , donde  $a$  y  $b$  son números reales cualesquiera y  $n$  es elemento de la estrella mágica de la Tabla XXIII.

Tabla XXIII. Seis combinaciones

1º	1	5	9	11
2ª	1	7	8	10
3ª	7	9	4	6
4ª	2	3	10	11
5ª	2	12	4	8
&	3	12	5	6

Realizando las operaciones respectivas, tendremos que se genera el nuevo conjunto de seis combinaciones, que se observa en el Tabla XXIV, donde obviamente los elementos de todas las combinaciones suman  $26a+4b$ , como se puede comprobar en la Fig. 30.



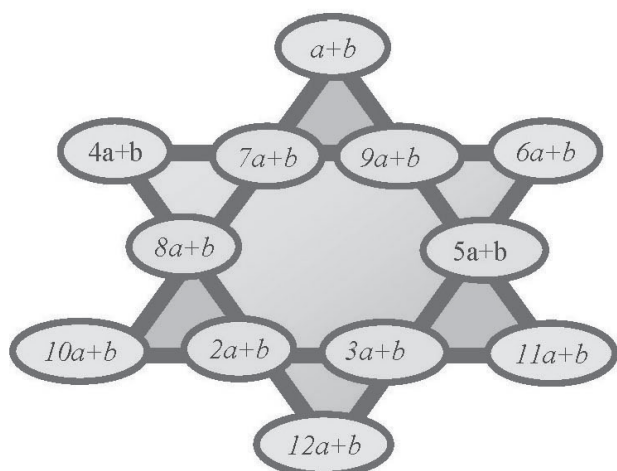


Fig. 30. Estrella Mágica con operaciones

Para verificar podríamos proponer lo siguiente:

**Ejemplo 1.** Construir la estrella mágica de seis puntas si  $a = 5$  y  $b = -10$ . Las combinaciones derivadas de la Tabla XXIV y son presentadas en la tabla XXV, la estrella mágica de seis puntas será la mostrada en la Fig. 31, donde los elementos de cada segmento suman 90 ( $5 \times 26 + 4 \times (-10) = 90$ ).

Tabla XXIV. Nuevo Conjunto

1 <sup>o</sup>	$a+b$	$5a+b$	$9a+b$	$11a+b$
2 <sup>a</sup>	$a+b$	$7a+b$	$8a+b$	$10a+b$
3 <sup>a</sup>	$7a+b$	$9a+b$	$4a+b$	$6a+b$
4 <sup>a</sup>	$2a+b$	$3a+b$	$10a+b$	$11a+b$
5 <sup>a</sup>	$2a+b$	$12a+b$	$4a+b$	$8a+b$
&	$3a+b$	$12a+b$	$5a+b$	$6a+b$

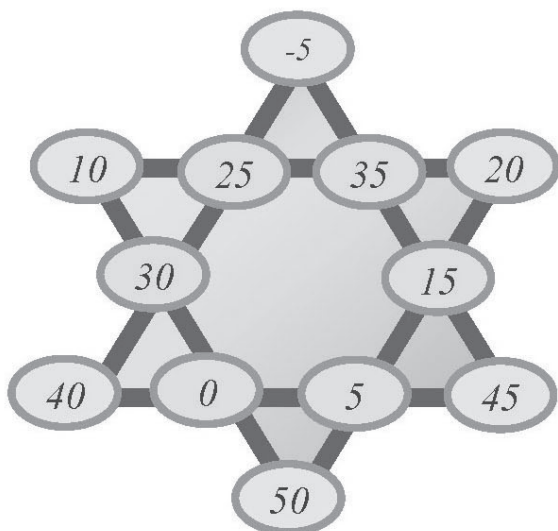


Fig. 31. Estrella Mágica -cada segmento suman 90

Tabla XXV. Combinaciones derivadas

1 <sup>o</sup>	-5	15	35	45
2 <sup>a</sup>	-5	25	30	40
3 <sup>a</sup>	25	35	10	20
4 <sup>a</sup>	0	5	40	45
5 <sup>a</sup>	0	50	10	30
&	5	50	15	20

Esta claro entonces que esto se cumple para cualquier combinación lineal.

## V. CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRELLA MAGICA, CONOCIENDO LA CONSTANTE DE SUMA POR SEGMENTO

Con base de lo anterior, podemos entonces de antemano fijar un valor deseado para la constante de suma por segmento, y en base a definir una transformación lineal planteada, existen infinitas, construir la estrella mágica de seis puntas que cumple lo solicitado [8].

Para lograr el objetivo planteado, deberemos seguir el siguiente proceso:

1. Definir el valor que se estipula como constante de suma de elementos por segmento (T).
2. Tomar uno de los veinte grupos de combinaciones que construyen una estrella mágica.
3. Determinar los valores **a** y **b**, de la relación lineal  $26a + 4b = T$ , seleccionándolo de infinitas posibilidades (26 es la suma original por segmento).
4. Con los valores de **a** y **b**, y en base del grupo de combinaciones seleccionadas en el paso 2, construir un nuevo grupo de combinaciones con los resultados de afectar a cada elemento dicha relación lineal.
5. Construir la nueva estrella mágica, ha sabiendas de que existen cuatro distintas, 4 simétricas y 48 derivaciones en total tomando en cuenta las rotaciones.

### Ejemplo 2.

1. Fijar el valor de T es cien (100)

2. Escoger las combinaciones de la Tabla XXVI, que es una copia de la Tabla XVI.

$26a + 4b = 100$ ,  $\iff b = (100 - 26a)/4$ , es una relación equivalente, que muestra las infinitas posibilidades para escoger pares  $a$  y  $b$  que cumplan, ( $a = 1, b = 37/2 = 18.5$ ), ( $a = 2, b = 12$ ), ( $a = 3, b = 11/2$ ), ( $a = 4, b = -1$ ), son cuatro de ellas, escogeremos  $a = 2, b = 12$ .

3. Aplicando la transformación  $2n + 12$  a cada elemento de la Tabla XXVI, tendremos la Tabla XXVII.

Tabla XXVI. Combinaciones ejemplo 2

1°	1	4	10	11
2°	1	6	7	12
3°	6	10	2	8
4°	3	5	7	11
5°	3	9	2	12
6°	5	9	4	8

Tabla XXVII. Transformación

1°	14	20	32	34
2°	14	24	26	36
3°	24	32	16	28
4°	18	22	26	34
5°	18	30	16	36
6°	22	30	20	28

4. Se construye la estrella mágica requerida, que se observa en la Fig. 32, donde se puede

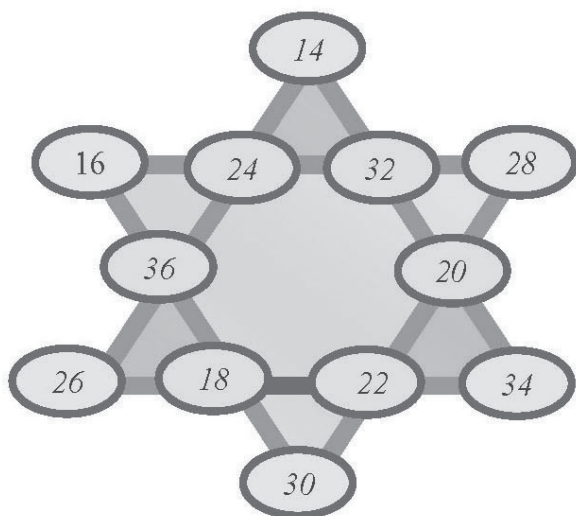


Fig. 32. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 100.

apreciar que se cumple la condición de estrella mágica de seis puntas, donde los elementos de cada segmento suman cien, cumpliendo el objetivo planteado.

### VI. CONSTRUCCION DE ESTRELLAS MÁGICAS CON VALORES QUE FORMAN UNA SERIE ARITMÉTICA

Con lo anteriormente indicado esto se facilita bastante, para aclarar diremos **“Si tenemos una serie aritmética de hasta doce elementos, se podrá construir estrellas mágicas con estos según se ha demostrado”**, si la cantidad de elementos es menos de doce, y forman una serie aritmética, se completara la serie y se procederá a construir la estrella mágica deseada [9].

**Ejemplo 3.** Deseamos construir una estrella mágica que contenga los elementos 19, 7, 15, 11.

Si ubicamos ordenadamente los números indicados: 7, 11, 15 y 19, vemos que si forma una serie aritmética donde la razón es 4, y existen 9 posibilidades para construir la serie completa, ya que el 7 puede ubicarse en el primero, segundo y hasta novena ubicación.

Este grupo de números también forman una serie aritmética de razón 2, donde los valores expuestos no son secuenciales en la sucesión, en este caso existen 5 series, el 7 puede ocupar desde el primer puesto hasta el quinto.

Para desarrollar el ejemplo escogeremos una serie de razón 2 donde el 7 ocupe el tercer puesto, es decir la serie aritmética sería: (3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25).

Que resulta de utilizar la aplicación lineal  $2n + 1$ , a la estudiada, es sabido que para esto se puede tomar cualquiera de los veinte grupos de combinaciones que permiten la construcción de estrellas mágicas, escogeremos las que se ven en la Tabla XXVIII, que son las de la Tabla VII.

Aplicando la combinación lineal a estas combinaciones, se generan las combinaciones de la Tabla XXIX.

Ubicando esas combinaciones generamos la estrella mágica de la Fig. 33.

Tabla XXVIII. Combinaciones Tabla VII

1°	1	3	10	12
2°	1	5	9	11
3°	3	9	6	8
4°	2	4	8	12
5°	2	7	6	11
6°	4	7	5	10

Tabla XXIX. Combinaciones Resultantes Ejemplo 3

1°	3	7	21	25
2°	3	11	19	23
3°	7	19	13	17
4°	5	9	17	25
5°	5	15	13	23
6°	9	15	11	21

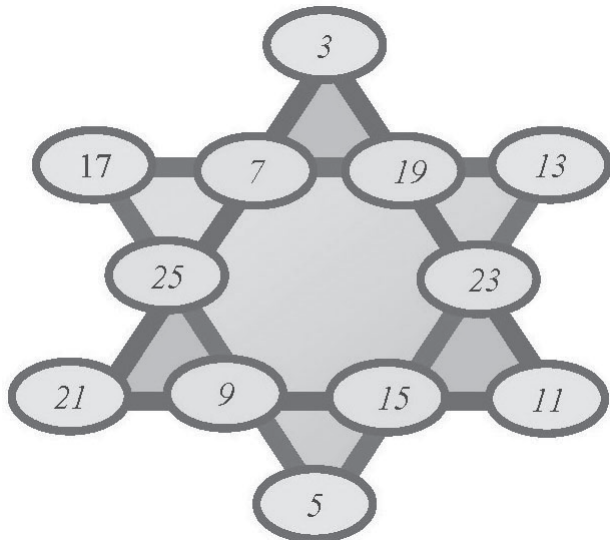


Fig. 33. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 56.

Se puede observar que la misma cumple con las condiciones de estrella mágica, que obviamente contiene como elementos los números 7, 11, 15 y 19, con una suma constante por segmento de 56.

Cuando se propone construir estrellas mágicas que contengan dos números cualesquiera, siempre será posible encontrar la serie aritmética que los contenga, seguiremos el siguiente proceso:

1. Calcularemos la razón que será la diferencia entre los dos números ó lo que resulte de dividir esta diferencia para enteros del 1 al 11.

2. Luego construiremos la serie aritmética de la cual los elementos forman parte, existirán algunas posibilidades, dependiendo del valor para el cual se ha dividido la diferencia, si razón se ha calculado dividiendo la diferencia para  $i$  (valor entre 1 y 11), existirán  $12-i$  series aritméticas.
3. Encontraremos la aplicación lineal que la genera de la base de los números enteros del 1 al 12.
4. Escogeremos uno de los veinte grupos de combinaciones que construyen estrellas mágicas.
5. Generaremos el nuevo grupo de combinaciones.
6. Construiremos la estrella mágica requerida (existen 48 posibles).

**Ejemplo 4.** Construir una estrella mágica de seis puntas que contenga los números 7 y 136.

La diferencia entre estos dos números es 129, cuyos submúltiplos son 1, 3, 43 y 129, resultantes de dividir la diferencia para 136, 43, 3 y 1 respectivamente, de éstos los menores a 13 son 3 y 1, entonces las posibles razones serán 43 ó 129, para el desarrollo escogeremos como razón el valor de 43, entonces entre los elementos 7 y 136 se ubicaran dos más (50 y 93), por lo que es posible proponer series donde el 7 pueda ser el primer elemento o ubicarlo hasta en el noveno lugar, es decir existen 9 posibilidades, escogeremos aquella donde el elemento 7 este en el quinto lugar, por tanto la serie aritmética será: (-165, -122, -79, -36, 7, 50, 93, 136, 179, 222, 265, 308).

La aplicación lineal para este caso será:  $43n - 208$ .

Tomaremos como base las combinaciones que se presentan en la Tabla XXX, que es una copia de la Tabla XI.

Aplicando la combinación lineal planteada tenemos el grupo de combinaciones que se presentan en la Tabla XXXI.

Con las combinaciones indicadas es posible construir la estrella mágica requerida, misma que

Tabla XXX. Combinaciones Tabla XI

1°	1	4	9	12
2°	1	7	8	10
3°	4	8	3	11
4°	2	5	9	10
5°	2	6	7	11
6°	5	6	3	12

Tabla XXXI. Combinaciones Resultantes Ejemplo 4

1°	-165	-36	179	308
2°	-165	93	136	222
3°	-36	136	-79	265
4°	-122	7	179	222
5°	-122	50	93	265
6°	7	50	-79	308

se observa en la Fig. 34. Donde se observa que están presentes los números 7 y 136, además todos los elementos suman 286.

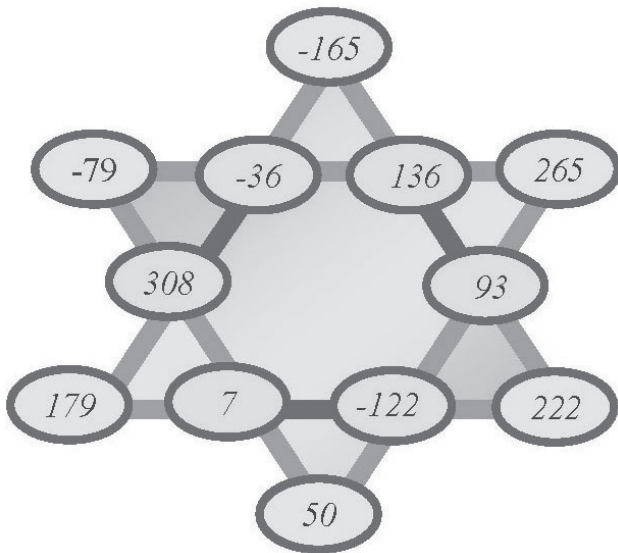


Fig. 34. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 286.

Si lo que se desea es construir una estrella mágica que contenga tres valores dados deben cumplirse una de las siguientes condiciones:

- a. El número medio es el promedio aritmético entre los dos extremos.
- b. La diferencia entre el número mayor y el número intermedio debe ser múltiplo de la diferencia entre el número medio y el número menor, y la razón entre las diferencias debe ser un entero menor a once.

- c. La diferencia entre el número menor y el número intermedio debe ser múltiplo de la diferencia entre el número medio y el número mayor, y la razón entre las diferencias debe ser un entero menor a once.
- d. La diferencia entre el número mayor y el número medio, y la diferencia entre el número medio y el número menor son múltiplos de un mismo número, y sus razones con respecto a ese submúltiplo común no deben sumar más de once.

El caso a es evidente, pues los tres números formarían una serie aritmética.

Para estos casos se asegura el siguiente proceso:

1. Identificar la razón, en algunos casos será posible encontrar además otra razón submúltiplo de esta.
2. Construir la serie aritmética que los contenga, es posible que existan, mas de una posibilidad.
3. Encontraremos la aplicación lineal que la genera de la base de los números enteros del 1 al 12.
4. Escogeremos uno de los veinte grupos de combinaciones que construyen estrellas mágicas.
5. Generaremos el nuevo grupo de combinaciones.
6. Construiremos la estrella mágica requerida (existen 48 posibles).

**Ejemplo 5.** Construir una estrella mágica de seis puntas que contenga los números 75, 12, 21.

Ordenando los números tendremos: 12, 21 y 75, entonces la diferencia entre el número mayor y el intermedio es 54 y la diferencia entre el intermedio y el menor es 9, donde se puede ver que la diferencia mayor dividida para la diferencia menor es 6, entonces en este caso la razón de la serie

aritmética sería el 9, como además  $6 + 1 = 7$ , que es menor que 11, y además, en este caso, no es posible tomar otra razón para la serie aritmética, por cuanto en ese caso la suma de los cocientes será mayor a once.

Entre 12 y 75, tenemos por tanto cinco números intermedios que construirán una serie obligada de siete elementos, los cinco restantes pueden ser a la izquierda, a la derecha o a ambos lados, existen por tanto existen seis posibles series, escogeremos aquella donde el 12 se ubique en el tercer puesto, es decir la serie es: (-6, 3, 12, 21, 30, 39, 48, 57, 66, 75, 84, 93), que tiene razón nueve y contiene los doce elementos.

La aplicación lineal será:  $9n - 15$ .

Escogemos el grupo de combinaciones que se ve en la Tabla XXXII, igual a la Tabla XIV, para aplicar a este la combinación lineal planteada y generar la Tabla XXXIII, con el que construiremos la estrella mágica que se observa en la Fig. 35.

Tabla XXXII. Combinaciones Tabla XIV

1°	1	4	10	11
2°	1	5	8	12
3°	8	10	2	6
4°	3	7	5	11
5°	3	9	2	12
6°	7	9	4	6

Tabla XXXIII. Combinaciones Resultantes Ejemplo 5

1°	-6	21	75	84
2°	-6	30	57	93
3°	57	75	3	39
4°	12	48	30	84
5°	12	66	3	93
6°	48	66	21	39

Se puede comprobar que la estrella mágica planteada contiene a los elementos: 12, 21 y 75, además se debe indicar que la constante de suma por segmento es 174.

**Ejemplo 6.** Construir una estrella mágica de seis puntas que contenga los números 43, 11, 83.

En este caso, los números ordenados serán: 11, 43 y 83, por tanto la diferencia del número mayor

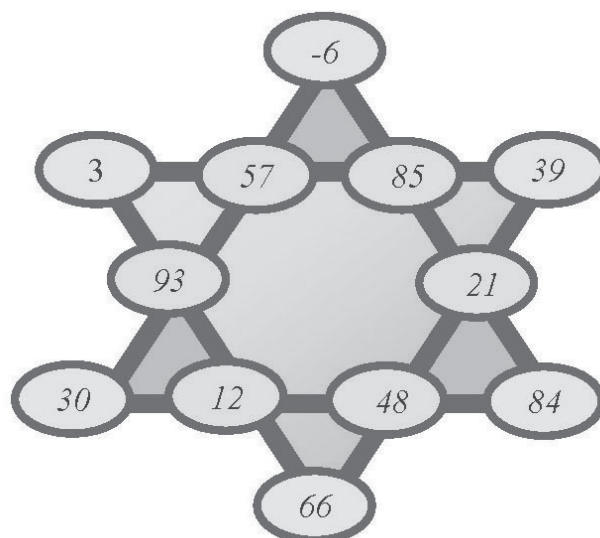


Fig. 35. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 174.

al medio será 40 y del intermedio al menor será 32, en este caso el cociente entre las diferencias no es un valor entero, pero en cambio las dos son múltiplos de los números 8, 4, 2 y 1.

En este caso tenemos  $32/8 = 4$  y  $40/8 = 5$ , y además  $4 + 5 < 12$ .

Si hacemos este calculo para otro submúltiplo  $32/4 = 8$  y  $40/4 = 10$ , donde  $8 + 10 > 11$ , es decir podemos construir la serie aritmética con razón 8, y no de los demás submúltiplos, tendríamos la serie: 11, 19, 27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83, compuesta de 10 elementos, deberemos añadir 2 elementos menores, un menor y un mayor o dos mayores, escogeremos el caso donde el 11 sea el segundo elemento, la serie sería: (3, 11, 19, 27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83, 91).

La aplicación lineal sería:  $8n - 5$ .

Escogemos los grupos de combinaciones que se observan en la Tabla XXXIV, que es igual a la Tabla V y que en función de la aplicación lineal planteada se genera la Tabla XXXV y que posibilitan construir la estrella mágica que se presenta en la Fig. 36.

Se comprueba que todos los segmentos suman 188, donde están presentes los números 43, 11 y 83.

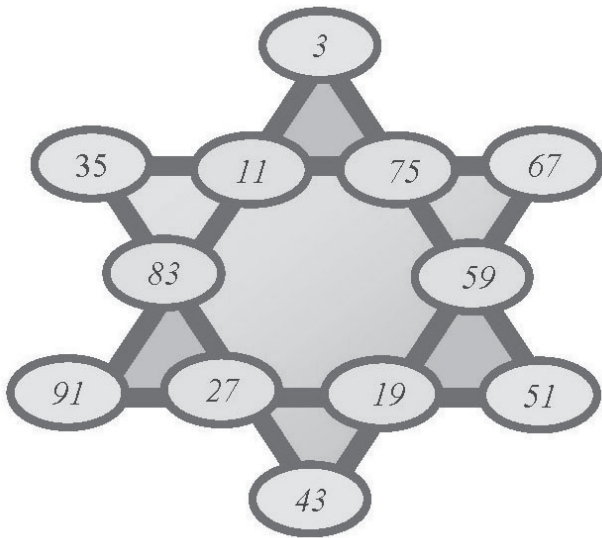


Fig. 36. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 188.

Tabla XXXIV. Combinaciones Tabla XV

1º	1	2	11	12
2º	1	7	8	10
3º	2	10	5	9
4º	3	4	7	12
5º	3	6	8	9
6º	4	6	11	5

Tabla XXXV. Combinaciones Resultantes Ejemplo 6

1º	3	11	83	91
2º	3	51	59	75
3º	11	75	35	67
4º	19	27	51	91
5º	19	43	59	67
6º	27	43	83	35

**Ejemplo 7.** Construir una estrella mágica de seis puntas que contenga los números 47, 15, 95.

Poniendo los números dados en orden tendremos 15, 47 y 95, por tanto la diferencia del número mayor al medio será 48 y del intermedio al menor será 32, en este caso el cociente entre las diferencias no es un valor entero, pero en cambio las dos son múltiplos del 16, 8, 4, 2 y 1.

Para buscar la serie aritmética calcularemos  $32/16 = 2$  y  $48/16=3$ , y  $2 + 3 = 5 < 12$ .

También  $32/8 = 4$ ,  $48/8 = 6$  y  $4 + 6 < 12$ .

Pero  $32/4 = 8$ ,  $48/4 = 12$  y  $4 + 12 > 11$  como además  $4+5 < 12$ .

Por tanto podemos tomar como razón de la serie aritmética puede ser el 8 ó el 16, escogeremos el 16, es así que tendremos los valores: 15, 31, 47, 63, 79, 95, seis elementos que contienen los requeridos, es decir se deberán añadir seis elementos mas, dando 7 posibles resultados, escogeremos aquella donde el 15 es el cuarto elemento, la serie es: (-33, -17, -1, 15, 31, 47, 63, 79, 95, 111, 127, 143).

La aplicación lineal sería:  $16n - 49$ .

Escogemos los grupos de combinaciones que se observan en la Tabla XXXVI, que es igual al grupo de la Tabla VIII y que en función de la aplicación lineal planteada se genera la Tabla XXXVII y que posibilitan construir la estrella mágica que se presenta en la Fig. 37.

Tabla XXXVI. Combinaciones Tabla XVIII

1º	1	3	10	12
2º	1	5	9	11
3º	3	11	4	8
4º	2	6	8	10
5º	2	7	5	12
6º	6	7	4	9

Tabla XXXVII. Combinaciones Resultantes Ejemplo 7

1º	-33	-1	111	143
2º	-33	31	95	127
3º	-1	127	15	79
4º	-17	47	79	111
5º	-17	63	31	143
6º	47	63	15	95

Para concluir probaremos que todos los segmentos suman 220, donde están presentes los números 47, 15 y 95.

Para construir estrellas mágicas con cuatro ó más números dados, de la única opción es que estos formen parte de una serie aritmética, para ello se puede seguir el siguiente proceso:

- Ordenar los números de menor a mayor.
- Obtener las diferencias entre los números que se ubiquen uno a continuación de otro.

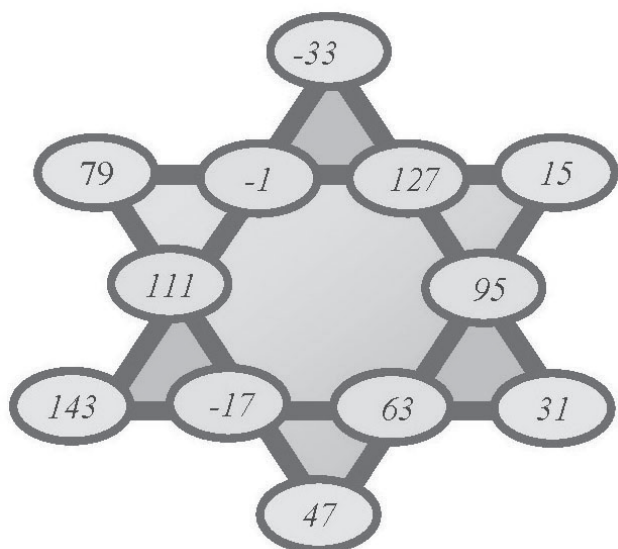


Fig. 36b. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 220.

- Ver si estas diferencias tienen submúltiplos comunes.
  - Si existen esos múltiplos, para cada submúltiplo, dividir todas las diferencia para ese submúltiplo y sumar los resultados (que son enteros), si esta sumatoria es menor a doce (once o menos), entonces es posible construir la serie aritmética y el submúltiplo es la razón de dicha serie.
  - Si esa suma es doce ó más o no es posible construir la serie, por tanto este método no es valido.

Una vez construida la serie se procede como los casos anteriores.

**Ejemplo 8.** Construir una estrella mágica que contenga los números 18, 4, 7, 13, 9.

Colocamos los números en orden: 7, 9, 13, 18.

Obteniendo las diferencias entre los elementos consecutivos, tendremos: 2, 4 y 5, el único entero submúltiplo existente es el 1, dividiendo las diferencias para 1 se tendrá: 2, 4 y 5 que sumados dan 11, eso indica que existe una serie que los contiene y no es sino la de números enteros positivos entre 7 y 18. Que como hemos visto existen varias estrellas mágicas de seis puntas que pueden construirse.

**Ejemplo 9.** Construir una estrella mágica de seis puntas que contenga los números 138, 12, 48, 120.

Ordenando los números tenemos: 12, 48, 120 y 138.

Las diferencias serán: 36, 72 y 18, cuyos submúltiplos son 18, 9, 3 y 1.

Dividiendo las diferencias para 18, tenemos 2, 4 y 1 que suma 7, por tanto es posible construir una serie geométrica con razón 16.

Dividiendo las diferencias para 9, tendremos: 4, 8 y 2 que suman 14, mayor que 11, por tanto no es posible construir la serie aritmética, peor será con los demás submúltiplos.

Construiremos entonces la serie entre 12 y 138, esto es: 12, 30, 48, 66, 84, 102, 120, 138, que contiene ocho elementos, tendremos entonces cinco posibles series, escogeremos: (-24, -6, 12, 30, 48, 66, 84, 102, 120, 138, 156, 174).

La aplicación lineal es:  $18n - 42$ .

De base tomamos el grupo de combinaciones que se plantea en la Tabla XXXVIII, que es igual a la de la Tabla IX. Aplicando la combinación lineal se genera la Tabla XXXIX, que brinda las combinaciones que permitan la construcción de la estrella mágica que se observa en la Fig. 37.

Tabla XXXVIII. Combinaciones Tabla IX

1º	1	3	10	12
2º	1	6	8	11
3º	3	11	5	7
4º	2	4	8	12
5º	2	9	5	10
6º	4	9	6	7

Tabla XXXIX. Combinaciones Resultantes Ejemplo 9

1º	-24	12	138	174
2º	-24	66	102	156
3º	12	156	48	84
4º	-6	30	102	174
5º	-6	120	48	138
6º	30	120	66	84

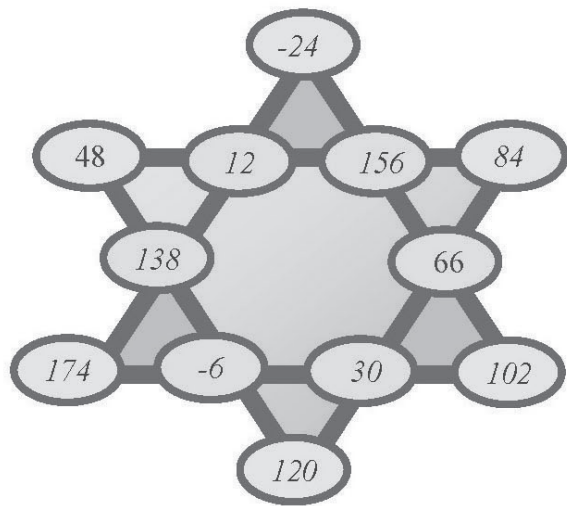


Fig. 37. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 300.

Se observa que la misma contiene los elementos planteados, y además en cada segmento los elementos suman 300.

**Ejemplo 10.** Construir una estrella mágica de seis vértices que contenga los números 5, 21, 165, 91, 53.

Ordenando los números tenemos: 5, 21, 53, 101, 165.

Las diferencias son: 16, 32, 48, 64, los submúltiplos de estas números son: 16, 8, 4, 2 y 1.

Dividiendo las diferencias para 16, tendremos: 1, 2, 3 y 4 que suman 10 que es menor a once, por tanto podemos construir la serie aritmética con razón 16, los otros submúltiplos dan razones que suman mas de 11, por tanto la única posible es la que tiene como razón el 16.

Interpolando entre 5 y 165 tendríamos: 5, 21, 37, 53, 69, 85, 101, 117, 133, 149, 165, que tiene once elementos, debemos anexar uno mas, tenemos dos posibilidades, escogeremos la serie aritmética: (5, 21, 37, 53, 69, 85, 101, 117, 133, 149, 165, 181).

La aplicación lineal asociada será:  $16n - 11$ .

Tomamos el grupo de combinaciones que se aprecian en la Tabla XL, copia del grupo de la Tabla XXII. Aplicando la combinación lineal propuesta genera el grupo de combinaciones que se observa en la Tabla XLI, y que posibilita construir la estrella mágica que se tiene en la Fig. 38.

Tabla XL. Combinaciones Tabla XXII

1º	1	5	9	11
2º	1	7	8	10
3º	9	10	3	4
4º	2	6	7	11
5º	2	12	4	8
6º	6	12	3	5

Tabla XLI. Combinaciones Resultantes Ejemplo 10

1º	5	69	133	165
2º	5	101	117	149
3º	133	149	37	53
4º	21	85	101	165
5º	21	181	53	117
6º	85	181	37	69

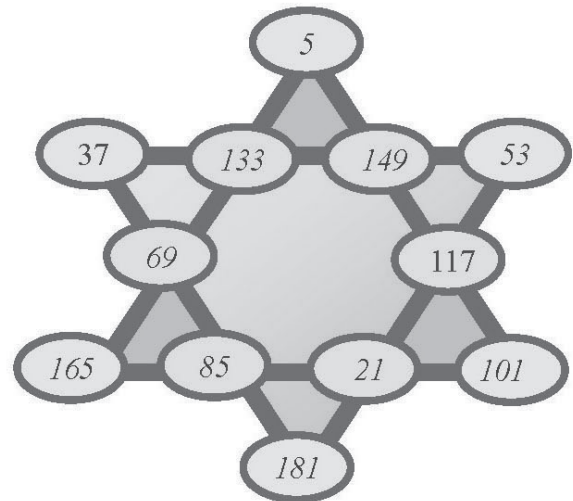


Fig. 38. Estrella Mágica resultante - cada segmento suma 372.

Se puede observar que la misma contiene lo elementos solicitados y además todos los segmentos contiene elementos que suman 372.

Con estos procedimientos podremos construir estrellas mágicas siempre que se pueda construir series aritméticas que contengan los números dados, es posible también tomar razones que no sean enteras.

Cabe anotar una consecuencia que se obtiene de las estrellas mágicas:

**“En una estrella mágica la suma total de los elementos es igual a tres veces la suma de los elementos de cualquiera de sus segmentos”.**



## VII. DEMOSTRACIÓN

En una estrella mágica los seis segmentos contienen elementos, cada uno de ellos contiene cuatro elementos que suman un mismo valor, supongamos que ese valor es.

Por tanto los totales de los 6 segmentos será (6S).

Llamaremos T, a la suma total de los elementos presentes en la estrella.

Como cada elemento esta presente en dos segmentos a la vez, entonces la suma total de segmentos será igual al doble de la suma total de elementos, entonces:

$$6S = 2T, \text{ por tanto } T = 3S.$$

Es decir la suma de los elementos de un segmento será igual a la tercera parte del la suma total de los elementos de una estrella mágica. Con lo que la afirmación esta demostrado.

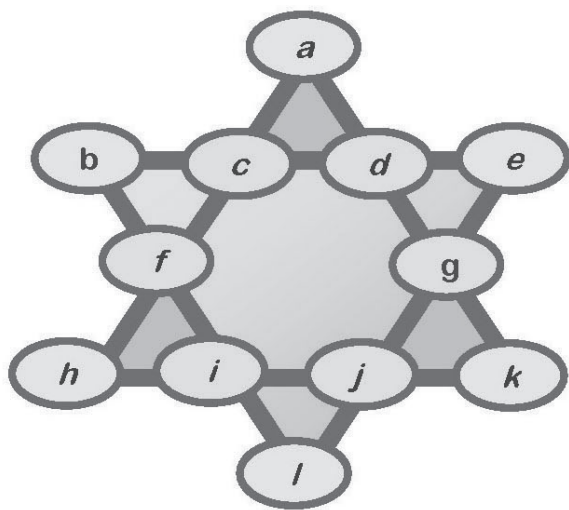


Fig. 39. Estrella Mágica de seis puntas

Como un corolario de esto se tendrá que, en una estrella mágica de seis puntas como la Fig. 39, teniendo en cuenta que los elementos de un segmento suman S, se tendrá que la suma de otros elementos que no forman parte del mismo segmento también es igual a S, así:

- $a + f + g + l = S$
- $e + c + j + h = S$
- $b + d + i + k = S$

## VIII. ESTRELLAS MÁGICAS DE SEIS PUNTAS CON NUMEROS QUE NO FORMAN SERIE ARITMÉTICA

Buscando generalizar los resultados, propondremos unos casos donde construimos estrellas mágicas de seis puntas con números que no forman ninguna progresión aritmética entre ellos.

Basándonos nuevamente en la Fig. 39, diremos: para que una estrella sea mágica, debe cumplirse que:

$$\begin{cases} a + d + g + k = k + j + i + h \\ k + j + i + h = h + f + c + a \\ h + f + c + a = b + c + d + e \\ b + c + d + e = e + g + j + l \\ e + g + j + l = l + i + f + b \end{cases}$$

Que reduciendo genera el siguiente sistema:

$$\begin{cases} a + d + g = j + i + h \\ k + j + i = f + c + a \\ h + f + a = b + d + e \\ b + c + d = g + j + l \\ e + g + j = i + f + b \end{cases}$$

Tenemos por tanto un sistema de cinco ecuaciones con doce incógnitas, el sistema por tanto tiene infinitas soluciones, ó se puede dar valores arbitrariamente a siete variables, para tornar al sistema en uno consistente, cuya solución es única y cumple las condiciones de la estrella mágica de seis vértices.

Con la intención de posibilitar un proceso que cumpla con estructurar una estrella mágica de seis puntas supondremos que asignamos valores constantes, representándolas con letras mayúsculas, a las siete primeras variables y desarrollaremos el proceso para construir la estrella deseada, tendremos que:

$$a = A, b = B, c = C, d = D, e = E, f = F \text{ y } g = G$$

Y el sistema sería el que se propone a continuación:

$$\begin{cases} A + D + G = j + i + h \\ k + j + i = F + C + A \\ h + F + A = B + D + E \\ B + C + D = G + j + l \\ E + G + j = i + F + B \end{cases}$$

Que es un sistema lineal de cinco ecuaciones con cinco incógnitas, cuya solución es:

$$\begin{aligned} h &= B + D + E - A - F, \\ k &= B + C + E - A - G, \\ j &= A - E + F \\ i &= A - B + G \text{ y} \\ l &= -A + B + C + D + E - F - G. \end{aligned}$$

Se debe anotar que la solución se facilita si ubicamos los elementos en la estrella mágica y en función de la igualdad de la suma de elementos por segmento se encuentran los elementos deseados.

Para comprobar y además como una forma de mostrar la efectividad del proceso, asignaremos los siguientes valores:  $A = 3$ ,  $B = 5$ ,  $C = -2$ ,  $D = 0$ ,  $E = -4$ ,  $F = 6$  y  $G = -3$ .

Aplicando las igualdades generadas en el sistema tendremos  $k = -1$ ,  $h = -8$ ,  $i = -5$ ,  $j = 13$  y  $l = -7$ , con estos valores construimos la estrella de la Fig. 40. Se debe anotar que entre las soluciones es posible que se repitan los valores arbitrariamente asignados, en ese caso deberá cambiar uno o varios de los valores asignados, hasta que las soluciones sean únicas, sin repetirse entre ellas ni repetir ninguno de los valores seleccionados.

Es visible que esta cumple los requisitos de una estrella mágica de seis puntas, donde la constante por segmento es de -1 y consecuentemente la suma total de los elementos será -3 y contiene los siete valores arbitrarios propuestos.

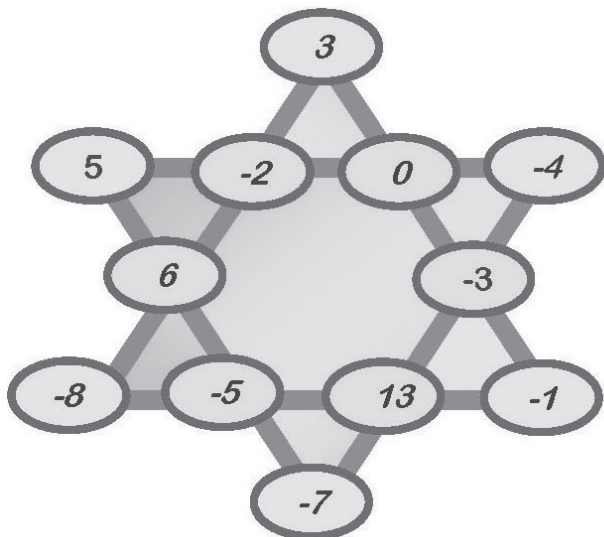


Fig. 40. Estrella Mágica constante por segment es -1

Entonces podremos afirmar que este proceso es válido y posibilita encontrar una estrella mágica de seis puntas colocando siete valores arbitrarios, que no forman serie aritmética alguna y en función de esta construir la estrella.

Sabemos que de esta solución se generan 48 estrellas mágicas, sin embargo si los valores asignados arbitrariamente deben ubicarse en forma distinta a las 48, será necesario replantear el sistema de ecuaciones y proceder con el proceso.

## IX. ESTRELLAS MÁGICAS DE SEIS PUNTAS CON NÚMEROS QUE NO FORMAN SERIE ARITMÉTICA, FIJANDO EL VALOR DE LA SUMA CONSTANTE DE LOS SEGMENTOS

Para este caso, tendremos un sistema similar al anterior en el cual se deberá añadir una ecuación adicional en la cual se indique la característica de que los elementos por segmento sumen un valor constante  $N$ .

Tendremos entonces:

$$\begin{cases} a + d + g = j + i + h \\ k + j + i = f + c + a \\ h + f + a = b + d + e \\ b + c + d = g + j + l \\ e + g + j = i + f + b \\ b + c + d + e = N \end{cases}$$

Donde  $N$  es el resultante de sumar los elementos de un segmento.

En este caso tenemos un sistema de seis ecuaciones con doce variables ( $N$  es un valor asignado), por lo tanto libremente podremos asignar seis valores a variables libremente, además deberemos tener en cuenta que esos valores no deben contradecir el hecho de que los elementos de un segmento sumaran  $N$ , con lo que aseguraremos la consistencia del sistema, por lo que se tendrán dos posibilidades:

- i. La una es que en los seis valores, podremos incluir cuatro de un mismo segmento, con lo cual su suma sería el valor de  $N$ , como el caso anterior y más bien podríamos ingresar libremente el valor de otra variable, como se ilustra en el ejemplo 11.

**Ejemplo 11.** Se desea construir una estrella mágica de seis puntas, según el esquema de la Fig. 39, que contenga los siguientes valores:

$$a = 1, g = -4, k = -10, d = 12, j = 5, b = 8 \text{ y } N = -1.$$

Según el esquema planteado a, d, g y k forman un segmento y su suma efectivamente es -1, por lo que si es posible construir la estrella solicitada (si no coincidiría la suma, no sería posible construir la estrella deseada por cuanto dos ecuaciones serían contradictorias), y además una condición estaría demás y la descartaríamos, pudiendo asignar libremente un valor a otra variable, el sistema quedaría:

$$\begin{cases} a + d + g = j + i + h \\ k + j + i = f + c + a \\ h + f + a = b + d + e \\ b + c + d = g + j + l \\ e + g + j = i + f + b \end{cases}$$

A sabiendas de que la sumatoria constante por segmento es -1, conforme lo solicitado.

Asignaremos a la variable L el valor de 0.

Si colocamos letras mayúsculas para las variables incógnitas y minúsculas para las que hemos asignado valores, tendríamos el sistema:

$$\begin{cases} C + E = a + g + k - b \\ C = g + j - b - d + l \\ E - l - H = k - g - l \\ F + C - l = -a + k + j \\ l - H - C = a - b - l \end{cases}$$

Cuya solución es:

$$\begin{aligned} C &= g + j - b - d + l, \\ E &= a + k - j + d - l, \\ l &= a - b + g, \\ H &= b + d - j, \\ F &= k + d - l. \end{aligned}$$

Que en el caso del ejemplo tendríamos C= -19, E= -2, l= 15 y F= 2.

La solución permite construir la estrella mágica de la Fig. 41, donde se observa que están pre-

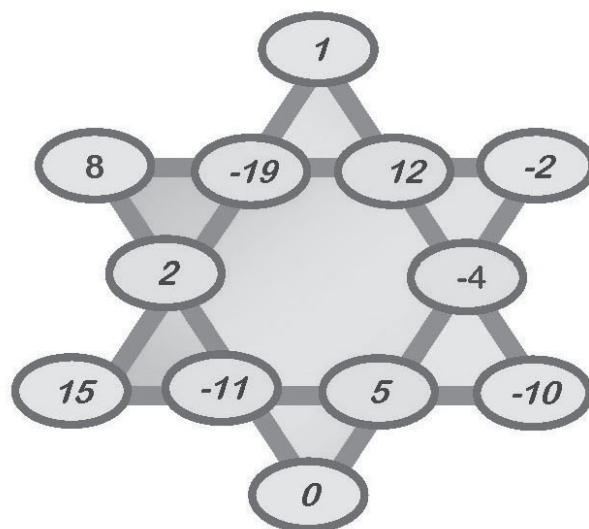


Fig. 41. Estrella Mágica resultante

sentes los elementos solicitados, los elementos de cada segmento suman -1, y todos los elementos suman -3.

- ii. Cuando los elementos a los que se asignan valores no conforman un segmento completo y se indica el total de la suma por segmento, este caso es posible si por segmento, a lo máximo cuenta con dos valores asignados

$$\begin{cases} a + d + g + k = N \\ d + e + b + c = N \\ h + f + a + c = N \\ f + i + b + l = N \\ e + g + j + l = N \\ h + i + j + k = N \end{cases}$$

Este caso genera un sistema, que toma en cuenta la suma de los elementos por segmento como se observa a continuación:

Que constituye un sistema de 6 ecuaciones con 13 variables, donde podremos asignar arbitrariamente 7 valores, es decir el valor de N y seis mas, por lo expuesto en la nota, colocaremos de forma que máximo dos de ellos estén en un segmento, ello es posible si proponemos valores para esquinas opuestas: siguiendo el esquema de la Fig. 39 podríamos asignar valores a los elementos: a, b, i, l, j y h.

NOTA: si se asignan valores a tres elementos de un mismo segmento, como se ha fijado el total por segmento, el cuarto será fácilmente calculable y se tendrá un caso como el anterior.

Asignaremos mayúsculas a las variables incógnitas y minúsculas a las que asignamos valores, en consecuencia tendremos el siguiente sistema:

$$\begin{cases} D + G = n - k - a \\ D + E = n - b - c \\ F + H = n - c - a \\ F + I = n - b - l \\ E + G = n - l - j \\ H + I = n - j - k \end{cases}$$

Sistema de seis ecuaciones con seis incógnitas, cuya solución es:

$$G = \frac{n - a + b + c - l - j - k}{2}$$

$$E = \frac{n + a - b - c + k - j - l}{2}$$

$$D = \frac{n - a - b - c + l + j - k}{2}$$

$$H = \frac{n - a + b - c + l - j - k}{2}$$

$$I = \frac{n + a - b + c - l - j - k}{2}$$

$$F = \frac{n - a - b - c - l + j + k}{2}$$

**Ejemplo 12.** Construir una estrella mágica de seis puntas que manteniendo la estructura de la Fig. 39, que contenga los valores de:

$b = -5, c = -10, a = 3, k = 7, j = -2, l = 6$ , y que además los elementos de cada segmento sea 10.

Como en cada segmento únicamente existe dos valores asignados y conocemos la suma por segmento, aplicamos las formulas expuestas anteriormente y tendríamos como resultados:

$G = -19/2, E = 31/2, D = 19/2, H = 13/2, I = -3/2$  y  $F = 21/2$ .

Solución que permite construir la estrella mágica de seis puntas que se observa en la figura 68. Se observa que en todos los segmentos los elementos suman 10, consecuentemente la suma total de los elementos presentes es 30 y, conforme lo solicitado los valores planteados están en los lugares invocados según el esquema.

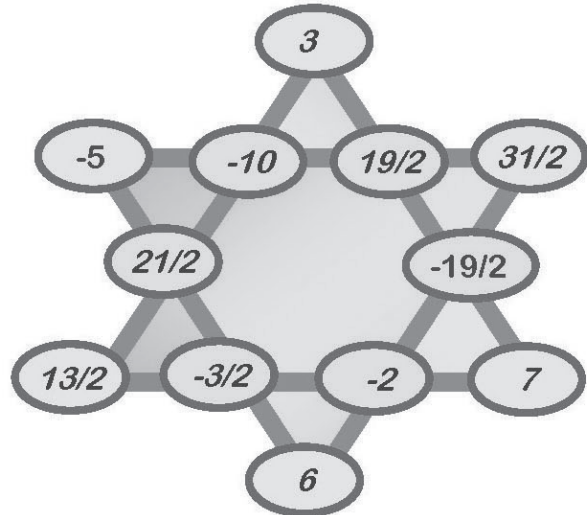


Fig. 42. Estrella Mágica resultante Ejemplo 12

**X. ESTRELLAS MÁGICAS DE SEIS PUNTAS CON NÚMEROS QUE NO FORMAN SERIE ARITMÉTICA, Y QUE LA SUMA DE SUS VERTICES SEA IGUAL A LA SUMA DE LOS CORTES**

En el contexto en el que nos desarrollamos es posible proponer una condición adicional a la estrella mágica, que obviamente la hace mas interesante, esto es que los elementos de de los vértices y sumados den el mismo resultado que se obtiene al sumar los valores de los elementos ubicados en los cortes.

Siempre en función del esquema de la Fig. 39, plantearíamos el siguiente sistema:

Donde la ultima ecuación especifica la condición planteada.

$$\begin{cases} a + d + g + k = k + j + i + h \\ k + j + i + h = h + f + c + a \\ h + f + c + a = l + j + g + e \\ l + j + g + e = e + d + c + b \\ e + d + c + b = b + f + i + l \\ a + b + h + l + k + e = c + d + g + j + i + g \end{cases}$$

Obviamente que se puede resumir este sistema, ya que encada ecuación en ambos miembros está un mismo elemento, pero igual se tendrá un sistema de seis ecuaciones con doce incógnitas, posibilitando la libertad de asignar valores a seis elementos cualesquiera y resolver el sistema, que en ese caso se torna de solución única.

Para mostrar supondremos que asignamos valores (mayúsculas) a los elementos:  $a = A$ ,  $b = B$ ,  $c = C$ ,  $d = D$ ,  $e = E$  y  $f = F$ . lo que posibilitará el siguiente sistema:

$$\begin{cases} j + i + h - g = A + D \\ k + j + i = F + C + A \\ l + j + g - h = A + C + F - E \\ l + j + g = D + C + B \\ i + l = E + D + C - F \\ g - h + i + j - k - l = A + B - C - D + E - F \end{cases}$$

Procediendo a la resolución del sistema se tendrá la siguiente solución:

$$G = \frac{-4a + 5b + c + d + 5e - 4f}{4}$$

$$H = -a + b + d - f + e$$

$$I = \frac{b + c + d + 5e - 4f}{4}$$

$$J = a + f - e$$

$$K = \frac{-b + 3c - d - e + 4f}{4}$$

$$L = \frac{3d - b + 3c - e}{2}$$

**Ejemplo 13.** Construir una estrella mágica de seis puntas, que, sujetándose al esquema de la figura 8, contenga los valores  $A = 5$ ,  $B = -2$ ,  $C = 3$ ,  $D = 7$ ,  $E = -1$  y  $F = 4$ , a la vez que la suma de los elementos de los vértices coincida con la suma de sus cortes:

Aplicando las formulas obtenidas, se obtendrán los resultados:

$$G = -41/4, H = -5, I = -13/4, J = 10, K = 21/4 \text{ y } L = 33/4.$$

Valores que permiten construir la estrella mágica de la Fig. 43.

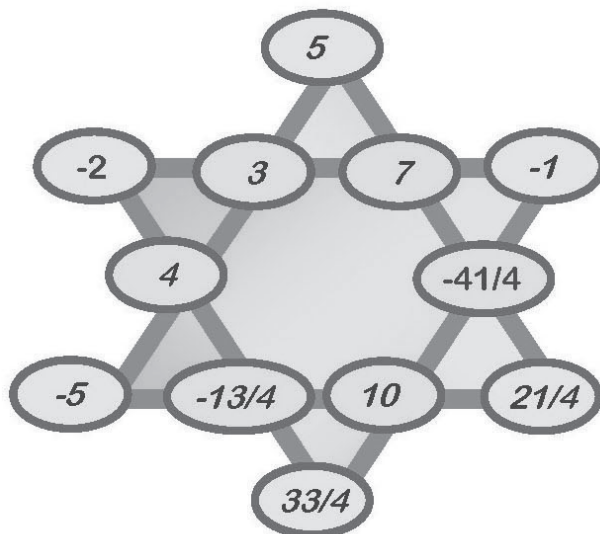


Fig. 43. Estrella Mágica resultante Ejemplo 13

Se observa que todos los valores propuestos están ubicados según el esquema propuesto, por segmento los elementos suman 7, por tanto en total sumaran 21, entonces si los elementos de los vértices suman igual que los elementos de los cortes, cada uno de esas sumas debería ser la mitad del total, en este caso esa adición será  $21/2$ , lo que es cumple como se puede observar.

**XI. ESTRELLAS MÁGICAS DE SEIS PUNTAS CON NÚMEROS QUE NO FORMAN SERIE ARITMÉTICA, QUE LA SUMA DE SUS VERTICES SEA IGUAL A LA SUMA DE LOS CORTES Y QUE LA SUMA DE LOS ELEMENTOS POR SEGMENTO SEA UN VALOR DADO**

Hemos visto ya que en una estrella mágica de seis puntas el valor de la suma total de elementos es tres veces el valor de la suma de los elementos en cada segmento y además, si la suma de las puntas es igual a la suma de los elementos de los cortes, estos deberán sumar la mitad del total, o una vez y media el valor de la suma por segmento. Con lo que podremos afirmar que al fijar un valor para el total del segmento, estamos fijando el

valor de la suma total de los elementos y la suma de puntas y cortes cuando estos coinciden.

$$\left\{ \begin{array}{l} a + d + g + k = k + j + i + h \\ k + j + i + h = h + f + c + a \\ h + f + c + a = l + j + g + e \\ l + j + g + e = e + d + c + b \\ e + d + c + b = b + f + i + l \\ \quad b + c + d + e = N \\ a + b + h + l + k + e = c + d + g + j + i + g \end{array} \right.$$

Con lo anotado, para este caso tenemos el siguiente sistema (siempre basándonos en el esquema de la figura 39).

Donde se observa que el sistema generado es de 7 ecuaciones con 13 variables, lo que posibilita que podamos arbitrariamente asignar valores a seis variables, debiendo recordar que los elementos de cada segmento no deben contradecir la condición de que los elementos de cada segmento deben sumar N.

Buscando la solución más general, asignaremos valores a las siguientes variables:

$$N = 10, c = C, j = J, b = B, k = K \text{ y } l = L.$$

Generando el siguiente sistema a resolver (las minúsculas son incógnitas y las mayúsculas datos).

$$\left\{ \begin{array}{l} D + G + A = n - k \\ D + E = n - b - c \\ F + H = n - c - a \\ F + I = n - b - l \\ E + G = n - l - j \\ H + I = n - j - k \\ A - D + E - F - G - I + H = c + j - b - k - l \end{array} \right.$$

Sistema consistente cuya solución es la siguiente:

$G = \frac{N}{4} - J + B$	$I = \frac{3N}{4} - B - K - L + C$
$E = \frac{3N}{4} - L - B$	$A = \frac{N}{2} + J - K - B - L + C$
$F = \frac{N}{4} + K - C$	$H = \frac{N}{4} - J + B + L - C$
$D = \frac{N}{4} - C + L$	

Se observa que si N es un número múltiplo de 4, todos los resultados serán enteros.

**Ejemplo 14.** Construir una estrella mágica que contenga en sus elementos los números -3, 5, -10, 8, -7, los elementos de cada segmento sumen 12 y sus vértices sumen igual cantidad que sus cortes.

De antemano podemos afirmar que el total de elementos será 36, los vértices así como los cortes sumaran 18.

Este ejemplo cumple con las condiciones de lo explicado anteriormente, sujetándonos siempre al esquema de la Fig. 39, asignaremos por tanto los valores a las variables de la siguiente forma:

$$N = 12, C = -3, J = 5, B = -10, K = 8 \text{ y } L = -7.$$

Aplicando las formulas indicadas se tendrá como resultado:

G = -12, I = 15, E = 26, A = 17, F = 14, H = -16 y D = -1, valores con los cuales se construye la estrella mágica de la Fig. 44, que cumple con todo lo solicitado.

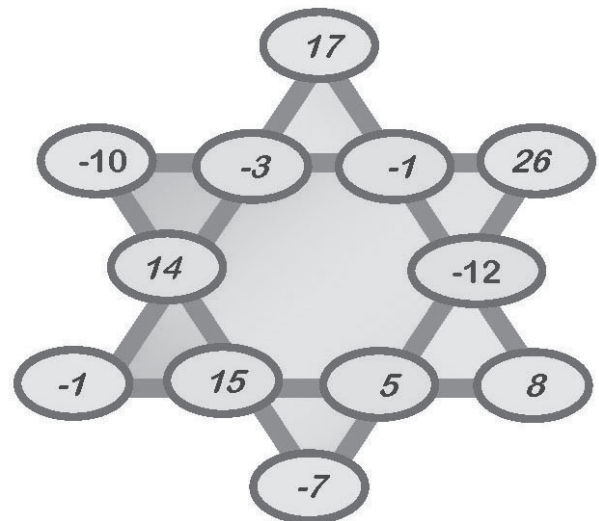


Fig. 44. Estrella Mágica resultante Ejemplo 14

## XII. ESTRELLAS MÁGICAS DE SEIS PUNTAS CON NÚMEROS QUE NO FORMAN SERIE ARITMÉTICA, QUE LA SUMA DE SUS VERTICES SEA IGUAL A LA SUMA DE LOS CORTES Y A LA SUMA DE LOS ELEMENTOS POR SEGMENTO

En este caso deberemos recordar que anteriormente se indico que si la suma de los elementos los

vértices de una estrella de seis puntas es igual a la suma de los elementos del corte, esta suma será una vez y media el valor de la suma de los elementos de cada segmento, en consecuencia, para que esta igualdad se de será suficiente y necesario que los elementos sumen 0, y esto lo podemos lograr planteando un ejercicio como el anterior donde  $N = 0$ .

**Ejemplo 15.** Construir una estrella mágica que contenga en sus elementos los números -3, 5, -10, 8, -7, sus vértices sumen igual cantidad que sus cortes y este valor sea igual a la suma de los elementos del segmento.

Por tanto asignaremos los siguientes valores a las variables:

$$N = 0, C = -3, J = 5, B = -10, K = 8 \text{ y } L = 6.$$

Aplicando las formulas indicadas se tendrá como resultado:

$$G = -15, I = -7, E = 4, A = -2, F = 11, H = -6 \text{ y } D = 9.$$

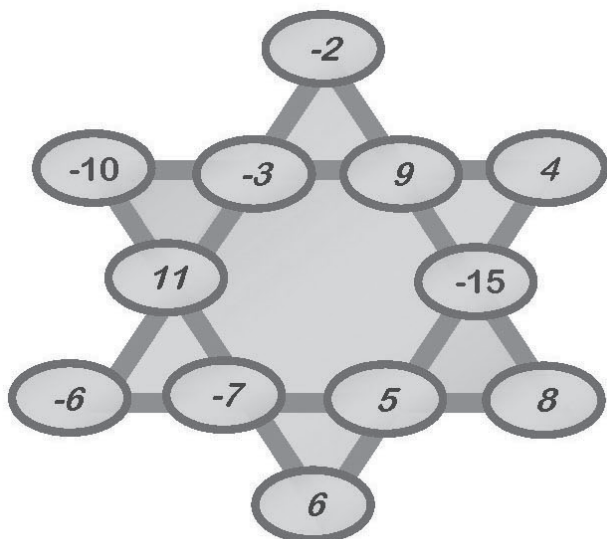


Fig. 45. Estrella Mágica resultante Ejemplo 15

En la Fig. 45 se observa que se han cumplido todas las condiciones requeridas, la suma de cada segmento es 0, consecuentemente la suma total también es cero, al igual que la suma de los elementos de los vértices y los elementos de los cortes.

NOTA: Esta claro que por cada solución presentada, como toda estrella mágica de seis puntas, existen 47 derivadas.

En consecuencia se puede anotar que es posible imponer algunas condiciones más, de forma que sean integradas al sistema de ecuaciones, si este es consistente, podremos encontrar soluciones, que cumplan lo requerido.

**XIII. ESTRELLA MÁGICA DE SEIS PUNTAS, INDICANDO EL TOTAL POR SEGMENTO; QUE COINCIDAN LA SUMA DE SUS VERTICES Y LA SUMA DE SUS CORTES Y QUE ADEMÁS COINCIDAN LA SUMA DE LOS VERTICES DE LOS DOS TRIANGULOS GRANDES QUE FORMAN LA ESTRELLA**

Este es un caso derivado, teniendo en cuenta que al fijar el total por segmento, fijamos también el total de los elementos (triple) y las suma de vértices (una vez y media), y teniendo como referente el esquema de la Fig. 39, planteamos el sistema:

$$\left\{ \begin{array}{l} D + G + A + K = N \\ D + E + B + C = N \\ F + H + C + A = N \\ F + I + B + L = N \\ E + G + L + J = N \\ H + I + J + K = N \\ A + E + B + K + L + H = D + F + G + I + C + J \\ A + H + K = E + B + L \end{array} \right.$$

Sistema de ocho ecuaciones con trece incógnitas, por lo que hay libertad de asignar valores a cinco variables, por condición de ejercicio fijaremos  $N = n$ , además cuidando que no se presente contradicción alguna fijaremos valores para:

$$i = I, j = J, c = C \text{ y } d = D.$$

La última ecuación es la que indica que los vértices de los triángulos que forma la estrella coinciden.

Con lo que se tendrá el siguiente sistema, las mayúsculas son incógnitas, las letras minúsculas son datos:

$$\left\{ \begin{array}{l} n - d = G + A + K \\ n - d + c = E + B \\ n - c = F + H + A \\ n - i = F + B + L \\ n - j = E + G + L \\ n - i - j = H + K \\ A + E + B + K + L + H - F - G = d + i + c + j \\ A + H + K = E + B + L \end{array} \right.$$

Sistema que brinda la solución:

$A = i + j - \frac{n}{4}$	$G = \frac{n}{2} - d - c$
$E = \frac{3n}{4} - j$	$K = \frac{3n}{4} - j + c - i$
$F = n - i - j$	$L = c + d - \frac{n}{4}$
$H = \frac{n}{4} - c$	$B = \frac{n}{4} - c - d + j$

Resultado que puede ser aplicado.

**Ejemplo 16.** Construir una estrella mágica, donde la suma por segmento sea 44, contenga los elementos  $c = 20, d = -12, i = 12$  y  $j = -8$ , coincidan la suma de vértices con la suma de cortes y además los vértices de los triángulos grandes suman igual valor.

Aplicando las formulas obtenidas se tiene como resultado:  $A = -7, G = 14, E = 41, K = 49, F = 40, L = -3, H = -9$  y  $B = -5$ , que, conforme se observa en la Fig. 46, constituye una estrella mágica de seis puntas que contiene los elementos solicitados, todos sus segmentos contienen elementos que suman 44, además los vértices de los dos triángulos grandes suman 33. En consecuencia la suma total de elementos es 132 ( $3 \times 44 = 132$ ), y los vértices y cortes suman un valor igual 66 ( $44 \times 1.5 = 66$ ).

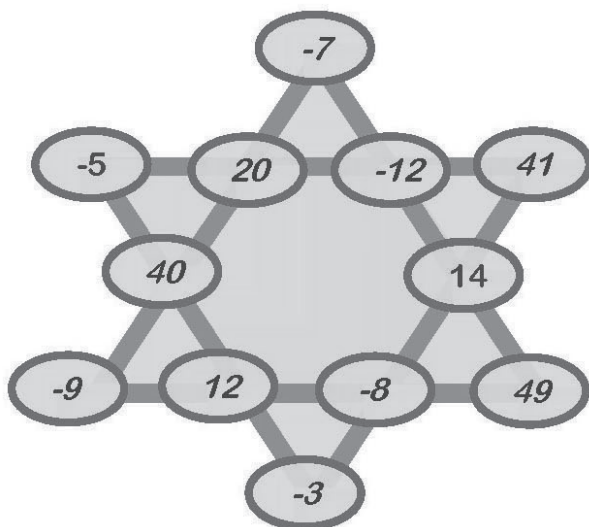


Fig. 46. Estrella Mágica resultante Ejemplo 16

Nota, si además deseamos que coincidan la suma por segmento, la suma de vértices, la suma de cortes y la suma de vértices de los triángulos grandes, deberemos únicamente asignar a  $N$  el valor de cero, y obtener nuevamente resultados, ó simplemente disminuirémos 11, ya que este es la cuarta parte de 44, si a cada uno de los cuatro elementos disminuimos 11 en total al segmento se disminuye 44 y se tiene que la suma es cero, que es la condición planteada, con ella generamos los elementos de la Fig. 47.

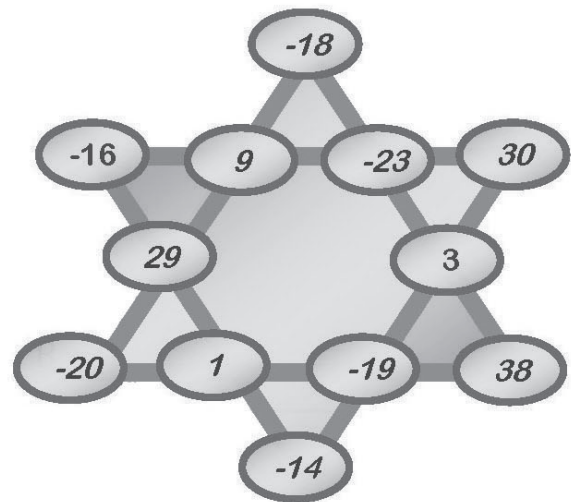


Fig. 47. Estrella Mágica resultante Ejemplo 16 - suma cero

Se observa que tanto los elementos de un segmento, la totalidad de los elementos, todos los vértices, todos los cortes y los vértices de los triángulos grandes suman cero.

Se pueden plantear otras condiciones, mismas que deben traducirse en ecuaciones del sistema, si se logra un sistema consistente, podremos hallar soluciones y en base de estas construir las estrellas mágicas que cumplan con lo requerimientos.

### REFERENCIAS

- [1] M. V. Vásquez, Estrellas mágicas y ecuaciones lineales, Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, V3 N5, Corporación Universitaria Republicana. 2016
- [2] J. L. Adams, Guía y juegos para superar bloqueos mentales, Gredisa, Barcelona. 1999.
- [3] M. De Alonso, Los juegos en el aula, Servicio de Publicaciones de CSI-CSIF. 2012.



- [4] M. Gardner, *Matemática para divertirse*, Granica, Barcelona. 1988.
- [5] R. Ramírez, «El ingenio no tiene edad», Encuentro de profesores de matemáticas de Primaria y Secundaria, Castellón 2003.
- [6] R. Ramírez y S. Morales, «¿Cuánto de ingenio hay en un problema de ingenio?», Investigación en el aula de matemáticas. Resolución de problemas, Cardeñoso, J.M. y otros (Eds.), departamento de Didáctica de la Matemática y SAEM THALES, Granada, pp. 223-228. 2002.
- [7] Revista Quo, n.º 95, Agosto 2003, pp.110-111.
- [8] I. Stewart, *Ingeniosos encuentros entre juegos y matemática*, Gredisa, Barcelona. 2000.
- [9] S. Calvo-Fernández, «Estrella mágica de cinco puntas». Ministerio de Educación y Ciencia (España). 2001.

