

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE
MULTIPLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA
ASIGNATURA RESISTENCIA DE MATERIALES**

JÉSSICA FERNANDA CÁCERES RAMÍREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2016**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE
MULTIPLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA
ASIGNATURA RESISTENCIA DE MATERIALES**

JÉSSICA FERNANDA CÁCERES RAMÍREZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Mecánica**

Director
OCTAVIO ANDRÉS GONZÁLEZ ESTRADA
Ingeniero Mecánico, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2016**

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios...

A mi madre Francy Elena, el motor de mi vida, la persona que me sostiene y me anima. Gracias por esas noches de desvelo, esas lágrimas de consuelo, esas palabras de aliento y esos abrazos de júbilo. Gracias por enseñarme que desistir nunca será una opción y que las obras de arte también llevan color negro.

A mi padre Hernando Cáceres, quien siempre ha sido la primera persona en creer en mí y se ha sacrificado enormemente por hacerme feliz. Gracias por enseñarme la importancia de la bondad, la humildad y la paciencia. Gracias por mostrarme que aunque la vida me lleve por diferentes rumbos, el mejor lugar del mundo siempre será el hogar.

A mi hermana Angie Valentina, quien siempre ha estado en los momentos que más la he necesitado. Gracias por ser esa fuerza que me motiva a mejorar, por hacerme reír cuando se atraviesa la tristeza. Gracias por enseñarme que el mundo no es blanco o negro, por el contrario hay que apreciar todos los matices.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Leonidas Vásquez Chaparro por su gran ayuda durante la realización del proyecto y durante toda mi carrera.

Al profesor Octavio Andrés González director de este proyecto y a los demás docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica por su tiempo y dedicación.

Al grupo de desarrollo del software CALUMET, en especial a Alejandro Riaño y al profesor Luis Ignacio González Ramírez, de quienes recibí gran apoyo y asesoría.

A Claudita, Rosalbita y al profesor Gabriel Yáñez por su colaboración y cariño.

A César Luis Calderón su compañía y motivación.

A Karine, Merlín, Elizabeth, Talhía, Diana, Tahilyn, Sami, Andrea, Adriana, Elcy y Mayra por brindarme su amistad incondicional, por acompañarme en los malos momentos y por regalarme tantos buenos recuerdos.

Al rugby que me permitió conocer gente maravillosa y me ayudó a formar mi carácter.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes a lo largo de este camino.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. OBJETIVOS	13
1.1. OBJETIVO GENERAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.13
2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.14
2.1. TECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.14
2.2. SOFTWARE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.14
2.3. LA WEB COMO PLATAFORMA PARA LA ENSEÑANZA¡ERROR!	MARCADOR NO DEFINIDO.15
2.4. ANTECEDENTES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.17
2.5. CONCEPTOS BÁSICOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES¡Error!	Marcador no definido.21
3. METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LLEVAR A CABO EL SOFTWARE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.30
3.1. FASE DE INICIO Y PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO DE GRADO ...	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.30
3.2. FASE DE DISEÑO DEL CONTENIDO DEL SOFTWARE¡ERROR!	MARCADOR NO DEFINIDO.31
3.3. FASE DE DESARROLLO DEL SOFTWARE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.35
3.4 . PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE	¡Error! Marcador no definido.36
4. PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE FINAL ...¡ERROR!	MARCADOR NO DEFINIDO.38
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.38
4.2. EJERCICIOS PORPUESTOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.38
4.3. FUNCIONAMIENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.39
5. ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE¡Error!	Marcador no definido.40
6. CONCLUSIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.48
7. RECOMENDACIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.49
BIBLIOGRAFÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características de las Nuevas Tecnologías en la Educación.	14
Figura 2. Características de un software educativo.	15
Figura 3. Esfuerzo en un elemento sometido a carga axial.	22
Figura 4. Deformación normal de un elemento sometido a carga axial	22
Figura 5. Elemento sometido a un par de torsión.	23
Figura 6. Elemento sometido a torsión	24
Figura 7. Elementos de sección maciza circular y no circular sometidos a torsión.	25
Figura 8. Elemento de sección rectangular sometido a flexión.	26
Figura 9. Viga deformada sometida a cargas de Flexión.	27
Figura 10. Círculo de Mohr para el ensayo de tensión al momento de la fluencia.	28
Figura 11. Representación gráfica de la teoría de Tresca.	28
Figura 12. Comparación de las teorías de Tresca y Von Mises.	29
Figura 13. Flujo del Proceso de construcción de una tarea a partir del formato definido.	30
Figura 14. Algoritmo básico de un evaluador de expresiones.	37
Figura 15. Diagrama de flujo para “crear pregunta profesor”	40
Figura 16. Diagrama de flujo para “crear pregunta estudiante”.	41
Figura 17. Diagrama de flujo para “revisión de pregunta por un estudiante”.	42
Figura 18. Diagrama de flujo para “responder pregunta en una actividad”.	43
Figura 19. Diagrama de flujo del proceso Revisar respuestas de un taller.	45
Figura 20. Diagrama de flujo del proceso Calificar respuestas.	45
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso “Dar nota a la respuesta”.	46

LISTA DE ANEXOS

Este Anexo se encuentra en carpeta adjunta.

Anexo A. Manual de usuario.

RESUMEN

TÍTULO: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE MULTIPLATAFORMA PARA EL ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA RESISTENCIA DE MATERIALES *

AUTOR: JÉSSICA FERNANDA CÁCERES RAMÍREZ**

PALABRAS CLAVE: RESISTENCIA DE MATERIALES, SOFTWARE EDUCATIVO, GENERADOR DE EJERCICIOS.

DESCRIPCIÓN:

En este proyecto se desarrolla un software interactivo generador de ejercicios, contenido en una plataforma virtual, que pretende mejorar el conocimiento de la asignatura Resistencia de Materiales en los alumnos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. El propósito general de este proyecto es implementar una herramienta de estudio didáctica y moderna, que sea entretenida y novedosa para que quien la use aprenda de forma amena, sintiéndose más atraído a reforzar sus conocimientos sobre el tema.

Mediante el desarrollo de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) se plantea la elaboración de un software anidado en un entorno educativo virtual, que genere problemas, de manera aleatoria, sobre los diferentes temas de la asignatura Resistencia de Materiales. El estudiante podrá realizar continuamente ejercicios correspondientes a la temática del curso y así conocer su nivel de aprendizaje, adicionalmente el docente tendrá la posibilidad de ejecutar periódicamente evaluaciones formativas que le permitirán reconocer los conceptos en los cuales están fallando sus alumnos para así hacer énfasis en las teorías que se deben ser reforzadas.

El programa se escribió en los lenguajes de programación Java, Java Script y HTML para la presentación de los contenidos, siendo así multiplataforma y portable, es decir, podrá utilizarse en cualquier sistema operativo y se podrá abrir desde diferentes dispositivos electrónicos.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Octavio Andrés González Estrada, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TÍTULO: DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A MUTIPLATAFORM SOFTWARE FOR TRAINING AND EVALUATION OF MECHANICS OF MATERIALS SUBJECT *

AUTOR: JÉSSICA FERNANDA CÁCERES RAMÍREZ**

PALABRAS CLAVE: MECHANICS OF MATERIALS, EDUCATIONAL SOFTWARE, EXCISES.

DESCRIPCIÓN:

This project develops an interactive exercises generator software, content on a virtual platform, which aims to improve the learning in mechanics of materials subject taken by students at the school of Mechanical Engineering. The general purpose of this project is to implement a modern and didactic study tool that is entertaining and innovative for the user to learn in an enjoyable way, being more attracted to reinforce their knowledge on the subject.

Through the development of the new Information and Communication Technologies (ICTs), it's proposed the elaboration of a software, nested in a virtual educational environment, which generates problems, in a random way, related to the different topics of the Subject of Resistance of Materials. The student may continually make exercises corresponding to the subject and would get to know their level of knowledge, the teacher additionally can count with a reliable way to perform assessments that will allow him to recognize the concepts in which students are failing

The program was written in the programming languages Java, Java Script and HTML for the presentation of the contents, being thus multiplatform and portable, which means that it can be used in any operating system and can be opened from different electronic devices.

* Bachellor tesis.

** Faculty of Physical - Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Octavio Andrés González Estrada, Mechanical Engineer

INTRODUCCIÓN

Debido a su importancia y a su vasto contenido, Resistencia de Materiales es una de las asignaturas problemáticas del pensum ya que muchos de los estudiantes presentan problemas de aprendizaje que se traducen en un bajo rendimiento académico, perdiendo la materia en una o más ocasiones.

Con la realización de este proyecto se pretende dar al estudiante un material de estudio interactivo que lo mantenga interesado en el curso, permitiéndole ejercitarse constantemente mediante el desarrollo de problemas que le van a permitir fortalecer su capacidad de análisis y aumentar sus habilidades cognitivas.

Al implementar el programa en la plataforma educativa virtual de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el docente tendrá la posibilidad de realizar controles, de manera periódica, las cuales se podrán utilizar como referencia del nivel de estudio y comprensión de sus alumnos sobre el contenido visto en clase.

En la primera parte del presente trabajo se enmarcan los Objetivos, seguidos del Marco Teórico y Antecedentes, en donde se presentan conceptos básicos y una revisión de trabajos previos realizados en este mismo campo. En la Metodología se hace una explicación sobre los pasos realizados para el desarrollo e implementación del software, posteriormente, se tiene el capítulo Resultado Final, en el que presenta el programa realizado.

En el capítulo de Análisis se presenta el comportamiento interno del software y se muestran las Conclusiones, con las cuales se verifica el cumplimiento de los objetivos mostrando las bondades y limitaciones del Software. De igual manera se plantean ciertas Recomendaciones para trabajos futuros basados en este proyecto.

OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto son los siguientes:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un software multiplataforma que permita entrenar y evaluar al estudiante en los temas correspondientes a la asignatura Resistencia de Materiales.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información correspondiente al contenido y evaluación de cada uno de los temas trabajados en la asignatura Resistencia de Materiales, para definir el tipo y la cantidad de ejercicios que deben ser tenidos en cuenta al momento de realizar el software.
- Definir los ítems que se pueden variar para así estandarizar los ejercicios en cada uno de los temas, teniendo como base criterios de diseño que serán previamente establecidos de acuerdo a la información recolectada.
- Desarrollar un software multiplataforma en lenguaje JAVA que genere, resuelva y evalúe ejercicios de acuerdo a los parámetros y criterios definidos previamente. El software abarcará los temas de carga axial, torsión, flexión y carga combinada.

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Este capítulo presenta las definiciones, investigaciones y antecedentes que sirvieron como punto de partida en la obtención de la base conceptual necesaria para poder llevar a cabo este proyecto.

2.1. TECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN

Es común creer que la palabra tecnología hace referencia únicamente a computadores, tabletas, celulares y demás dispositivos electrónicos que permiten estar en contacto con la web, pero según la Real Academia de la lengua Española (RAE), la palabra tecnología se define como el “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”.

La tecnología educativa es una disciplina que estudia los procesos de enseñanza y de transmisión de la cultura mediados tecnológicamente en distintos contextos educativos (Area Moreira, 2009).

Figura 1. Características de las Nuevas Tecnologías en la Educación (La tecnología en el marco de la sociedad de la información, 2002).

Condicionamientos que se deben tener en cuenta al implementar nuevas tecnologías en la educación.

El profesor no puede ser sustituido por los medios.

El uso de los recursos debe ser reflexivo, crítico y adaptado a la realidad.

El fin último de la integración y uso de medios es lograr aprendizajes significativos

Los medios deben integrarse en una pedagogía innovadora acorde con los cambios de rol de alumnos y profesores de los nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje.

2.2. SOFTWARE

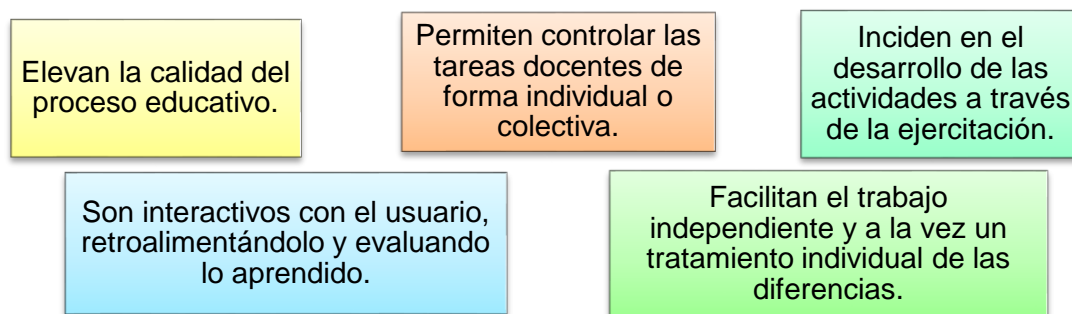
Se conoce como software al conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que cuando se ejecutan proporcionan las características, función y

desempeño buscados. En la actualidad el software puede ser tanto un producto como un vehículo para entregar un producto (Pressman, 2010).

Se define al software educativo como aquellos programas capaces de servir de apoyo y ayuda al aprendizaje del alumno, nunca de sustituto a la labor pedagógica del profesor (Torres, y otros, 2009).

A continuación se presentan las características del software educativo (Pérez Rodríguez , y otros, 2008).

Figura 2. Características de un software educativo.



Se debe hacer énfasis en su carácter interactivo, ya que esta será la clave de su éxito. Si no hay interacción el usuario no piensa y su función queda relegada a oprimir botones, lo cual resulta tedioso y se traduce en el abandono del material de trabajo. Además el programa debe darle al estudiante la posibilidad de evaluarse y retroalimentar su aprendizaje (Programas interactivos para la enseñanza de materiales, 2002).

2.3. LA WEB COMO PLATAFORMA PARA LA ENSEÑANZA

Desde sus inicios la world wide web, o simplemente web, ha sufrido varias transformaciones gracias a los avances tecnológicos y a las necesidades que los diferentes tipos de usuarios (personas) demandan.

La web 2.0 es la concepción de la red como plataforma donde el usuario tiene rol activo. Un claro ejemplo es Wikipedia, que es una enciclopedia digital que permite que los lectores la editen y la actualicen de manera libre y gratuita.

E-learning es la simplificación de electronic learning en inglés o aprendizaje electrónico en español, consiste en la utilización de las nuevas tecnologías multimedia y de Internet para mejorar la calidad del aprendizaje facilitando el acceso a recursos y servicios, así como a la colaboración e intercambio remoto.

En el e-learning, el proceso formativo tiene lugar a través de una especie de entorno virtual en el cual tiene lugar la interacción profesor-alumnos así como las actividades de los estudiantes con los materiales de aprendizaje (Area Moreira, y otros, 2009).

Tabla 1. Modelos formativos apoyados en e-learning.

Modelo de enseñanza presencial con apoyo de Internet	Modelo semipresencial o de blended learning	Modelo a distancia o de educación on line
Internet y específicamente el aula virtual es un complemento o anexo a la docencia presencial. A veces se utiliza el aula virtual en salas de informática bajo supervisión del docente. En otras ocasiones el aula virtual es un recurso de apoyo para el estudio del alumno en su hogar.	Integración y mezcla de clases presenciales con actividades docentes en aula virtual.	Titulaciones on line (asignaturas, cursos, máster, doctorado) ofertados a distancia través de campus virtuales.
Se mantiene el modelo presencial de docencia: en horarios y en aulas tradicionales.	No hay diferenciación nítida entre procesos docentes presenciales y virtuales. Existe un continuum en el proceso	Apenas hay encuentro físico o presencial entre alumnos y profesores. Casi todo el proceso educativo

	educativo.	es a distancia.
En este modelo se utiliza el aula virtual de forma similar a una fotocopiadora: para que los estudiantes tengan acceso a los apuntes/ejercicios de la asignatura.	Se innova el modelo presencial de docencia: en los horarios, en los espacios y en los materiales.	Lo relevante son los materiales didácticos y el aula virtual.
El aula virtual se concibe como un espacio de información: se ofrece programa asignatura, horarios, tutorías, calificaciones, apuntes, etc. Existe poca comunicación e interacción social a través del aula virtual.	El aula virtual es un espacio para la información, la actividad de aprendizaje y la comunicación entre profesores y alumnos.	Cobra mucha importancia la interacción social entre los estudiantes y el docente mediante los recursos virtuales.

2.4. ANTECEDENTES

Pueden encontrarse diferentes programas que han sido creados para el apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de diversas asignaturas, entre los trabajos y softwares más destacados se encuentran los que se mencionan a continuación.

La universidad EAFIT implementa un software generador automático de tareas apoyado en el uso de TICs. Con esta herramienta el estudiante puede realizar ejercicios cuando lo desee.

Los valores del ejercicio son generados aleatoriamente, es decir, se puede desarrollar varias veces el mismo problema, pero en todos los casos va a tener datos diferentes, además, trae incorporado un sistema de calificación inmediato, que no sólo le permite al estudiante saber instantáneamente si el ejercicio le quedó bien o mal, también le permite al docente emplear el programa como

herramienta evaluativa, ahorrando tiempo al momento de calificar (Generador automático de tareas como apoyo a los procesos de evaluación, 2012).

El programa que se presenta en (Software para la Enseñanza Didáctica de Mecánica de Materiales, 2007), se enfoca el entendimiento de los ensayos de laboratorio que acompañan el curso de teoría. El software se creó en Macromedia Flash versión 8.0, tiene un ambiente ameno y es de fácil manejo; Una vez que el estudiante ha estudiado cada ensayo dispone de distintos tipos de evaluaciones.

La herramienta didáctica de (Software educativo para el trabajo con matrices, 2016) está escrita en C++ Builder y desarrolla operaciones entre matrices, permitiendo visualizar el procedimiento; además contiene material teórico para que el estudiante revise los conceptos que necesita para desarrollar los ejercicios.

En (Resolución de ecuaciones no lineales e interpolación numérica usando software educativo elaborado con herramientas gratuitas., 2010) se realizó una aplicación gratuita que se puede usar libremente para la enseñanza-aprendizaje de algunos métodos numéricos, en donde se deben mostrar de forma numérica y gráfica el comportamiento de los mismos. El programa se elaboró en PHP, HTML, CSS, la librería JGGraph, la cual agrega al lenguaje importantes facilidades para el manejo de gráficos estadísticos.

La Guía Interactiva de Autoaprendizaje de SPSS. Versión 3.0, es un proyecto que desarrolla un programa interactivo para el aprendizaje autónomo del paquete estadístico SPSS, una característica muy importante es que es un software libre y se encuentra programado en Java Script (Software interactivo de aprendizaje, 2011).

En la plataforma hardware-software PhysicsSensor presentada en, se encuentran diferentes temas de física aplicados a la ingeniería. El software fue desarrollado por docentes de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y se

implementó en Java, por lo tanto es multiplataforma, la tarjeta de adquisición de datos corresponde a la ARDUINO (Aristizábal Ramírez , 2013).

SimulPhysics es un software que contiene un conjunto de simulaciones interactivas sobre diferentes tópicos de la física que apoyan la asimilación de los conceptos desarrollados en la parte teórica del curso (Aristizábal Ramírez , 2013).

(Nueva herramienta virtual para la enseñanza de la caracterización mecánica de materiales, 2014), presenta una herramienta interactiva que simula un laboratorio virtual en 3D, donde el usuario puede ejecutar un ensayo de tracción en un material y está diseñado en los programas 3D Studio Max® y Quest 3D®, ya que el uso conjunto de ambos programas ayuda a que el programa sea tridimensional, interactivo y muy realista.

(Herramienta de Software para el Aprendizaje de Sistemas Difusos en un Curso de Control Digital, 2016), consiste en un software llamado FuzzyPCA, donde el estudiante aprende a utilizar el toolbox de lógica difusa de Matlab® y relaciona los conceptos aprendidos en el área de control industrial, con casos prácticos.

El software libre y educativo presentado en (Lara Porras, 2014) le enseña al alumno a utilizar paquetes estadísticos como SPSS, R.R Commnader y RStudio, además tiene una guía precisa para el desarrollo de actividades que podrán ser seguidas en cualquier momento.

La calculadora de deformaciones de vigas (CDVY) mostrada en (2016), es una aplicación informática bajo el entorno de Windows para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en vigas, la ventana principal le da al usuario la posibilidad de escoger el tipo de viga y carga que desee calcular, además muestra las fórmulas que se usan para la solución del problema, además tiene la opción de visualizar diferentes tipos de gráficas que hacen parte de la solución del problema.

El paquete MDSolids, es un software para el estudio de Resistencia de Materiales que le permite al usuario resolver ejercicios sobre carga axial, flexión, torsión y carga combinada, además de un par de ítems adicionales.

La aplicación para Android Frame Design 2D, realiza análisis estático y lineal de estructuras en 2D, permite analizar reacciones, esfuerzos y deformaciones en vigas.

Beam design es una aplicación para Android se pueden introducir y editar vigas hiperestáticas, fuerzas, etc. Es un apoyo tanto de forma gráfica como textual. Los cálculos se realizan de forma transparente en segundo plano sin molestar a su trabajo y se presentan casi inmediatamente. Tiene la ventaja de ser portátil y de fácil manejo, aunque sus opciones son reducidas.

Autodesk Forceeffect es una aplicación que se puede descargar gratuitamente de Android, que permite crear diagramas de fuerzas de una forma muy sencilla y visual sin tener que recurrir al computador para ello.

Se puede utilizar la imagen de una estructura como por ejemplo el cuadro de una bicicleta y trazar líneas sobre las barras introduciendo a la vez los puntos de apoyo y las fuerzas que ejercen cada una para calcular otros datos o simplemente, crear un diagrama de fuerzas de una forma simple y rápida.

Celosías paramétricas es una aplicación para Android que genera automáticamente estructuras mediante la combinación de valores de 35 parámetros geométricos, mecánicos, apoyos y cargas y muestra la influencia de cada uno de ellos en su comportamiento estructural.

ABAKAL es un programa de cálculo de vigas partiendo de la longitud de la viga y el tipo de apoyos en cada uno de sus extremos así como las cargas aplicadas, además esta aplicación permite guardar dentro de un informe el cálculo realizado, dicho informe se guarda en la memoria del Smartphone.

2.5. CONCEPTOS BÁSICOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

A continuación se presenta una revisión de los conceptos generales de los temas vistos en la Materia Resistencia de Materiales.

En su definición más simple, esfuerzo, se puede describir como la fuerza por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuidas a través de una sección dada. Sus unidades están dadas por una unidad de fuerza dividida por una unidad de área.

En el Sistema Internacional (SI) se utiliza el Pascal (Pa).

$$1 Pa = 1 \frac{N}{m^2} \quad (1)$$

En el sistema inglés se utiliza la libra fuerza por pulgada cuadrada (psi).

$$1 psi = 1 \frac{lbf}{in^2} \quad (2)$$

Se dice que un elemento se *deforma* cuando por acción de una fuerza externa, cambia su forma, ya sea que se alargue, contraiga, gire o se pandee.

La deformación es elástica cuando al retirar el estímulo externo, el elemento regresa a su forma original o la deformación puede ser plástica, cuando al retirar el estímulo externo, el elemento no regresa a su forma original.

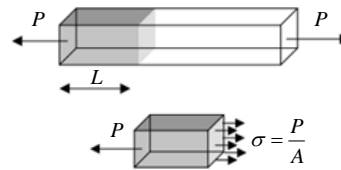
Elementos sometidos a carga axial.

Se dice que un elemento está bajo carga axial, cuando se somete a un par de fuerzas axiales aplicadas en el centroide de la sección transversal. Estas fuerzas producen esfuerzos y deformaciones normales.

El *esfuerzo normal* usualmente se designa con la letra griega sigma (σ), se define como la fuerza que actúa perpendicular a la superficie, por unidad de área.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Figura 3. Esfuerzo en un elemento sometido a carga axial.

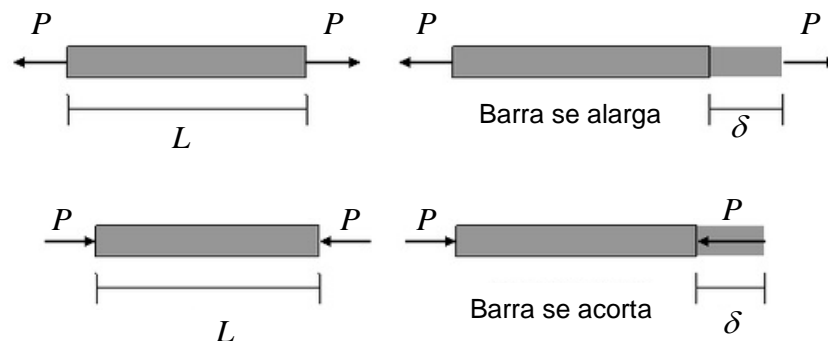


El *esfuerzo cortante* usualmente se designa con la letra griega tau (τ) y se define como la intensidad de fuerza cortante por unidad de área, el esfuerzo cortante es aquel que tiende a cortar o cizallar el elemento en una dirección tangente a la cara sobre la cual actúa.

$$\tau = \frac{V}{A_{\text{corte}}} \quad (4)$$

Cuando una pieza es sometida a la acción de cargas axiales de tracción en el elemento se produce un alargamiento y si por el contrario la carga es de compresión, la pieza se acorta en vez de alargarse, a esto se le llama *deformación normal*.

Figura 4. Deformación normal de un elemento sometido a carga axial



La fórmula para calcular la deformación de un elemento sometido a carga axial es:

$$\delta = \frac{P.L}{A.E} \quad (5)$$

Dónde:

δ : Deformación.

P: Carga axial

L: Longitud de la barra.

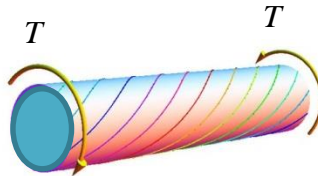
A: Área de la barra.

E: Módulo de rigidez del material.

Elementos sometidos a pares de torsión.

Un par de torsión es un momento que tiende a hacer girar a un miembro con respecto a su eje longitudinal y produce esfuerzos cortantes.

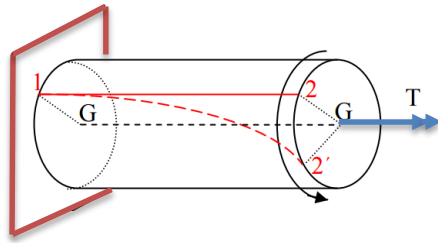
Figura 5. Elemento sometido a un par de torsión.



Para encontrar los esfuerzos y deformaciones en elementos sometidos a fuerzas de torsión, se debe tener en cuenta su sección transversal.

La *teoría de Coulomb* se aplica para elementos de sección circular maciza y dice, que los radios de las secciones transversales giran, permaneciendo rectos mientras que las generatrices de la superficie lateral (línea 1-2), se transforma en hélices (curva 1-2'), como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Elemento sometido a torsión



De acuerdo a la *teoría de Coulomb* la torsión genera un esfuerzo cortante el cual se calcula mediante la fórmula:

$$\tau_p = \frac{T}{J} \times C \quad (6)$$

Dónde:

τ_p : Esfuerzo cortante a la distancia P.

T: Momento torsor total que actúa sobre la sección.

C: Distancia desde el centro geométrico de la sección hasta el punto donde se está calculando el esfuerzo cortante.

J: Momento polar de inercia.

Las deformaciones en una barra sometida a torsión se producen al girar sus secciones transversales alrededor del eje geométrico de la misma y su valor se calcula mediante la fórmula:

$$\varphi = \frac{T \times L}{J \times G} \quad (7)$$

Dónde:

φ : Ángulo de torsión.

T: Momento torsor total que actúa sobre la sección.

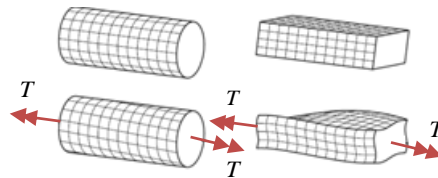
L: Longitud del eje.

J: Momento polar de inercia.

G: Módulo de rigidez.

La determinación de esfuerzos y deformaciones en una pieza de sección cualquiera sometida a torsión, se debe a la *teoría de Saint Venant* que predice un alabeo seccional o curvatura de la sección transversal.

Figura 7. Elementos de sección maciza circular y no circular sometidos a torsión.



Saint Venant dedujo que los mayores esfuerzos estaban en los puntos medios de lados mayores, siendo su valor:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T}{\alpha.h.b^2} \quad (8)$$

Dónde:

$\tau_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo cortante máximo.

T: Momento torsor total que actúa sobre la sección.

h y b: Los lados del prisma, donde h>b.

α : Coeficiente que depende e h/b.

El valor de la deformación angular φ se calcula mediante la fórmula:

$$\varphi = \frac{T}{\beta.G.h.b^3} \quad (9)$$

Dónde:

φ : Ángulo de torsión.

T: Momento torsor total que actúa sobre la sección.

β : Coeficiente que depende e h/b .

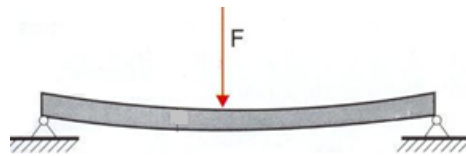
h y b : Los lados del prisma, donde $h > b$

G : Módulo de rigidez.

Elementos sometidos a cargas de flexión.

Se dice que un elemento está sujeto a flexión pura cuando se somete a pares iguales y opuestos que actúan en el mismo plano longitudinal, especialmente, se tiene en cuenta la flexión en vigas. Una viga no es más que un elemento esbelto que soporta cargas aplicadas perpendicularmente a sus ejes longitudinales.

Figura 8. Elemento de sección rectangular sometido a flexión.



Las fuerzas internas en cualquier sección transversal de un elemento simétrico en flexión pura son equivalentes a un par. El momento flector es la suma algebraica de los momentos producidos por todas las fuerzas externas a un mismo lado de la sección respecto a un punto de esa sección.

En el caso de flexión pura el eje neutro pasa por el centroide de la sección y se observa que I es el momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje centroidal perpendicular al plano del par M .

$$\sigma = \frac{M.C}{I} \quad (10)$$

Dónde:

σ : Esfuerzo de flexión.

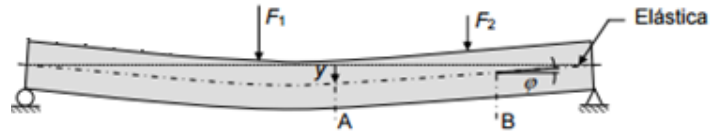
M : Momento flector.

I : Momento de inercia.

C: La distancia máxima a la superficie neutra.

Debido a la flexión una viga se curvará La deformación de una viga se cuantifica mediante los parámetros Y y $\tan\phi$, denominados deflexión y pendiente de la elástica, respectivamente. La deflexión de una viga es la desviación de un punto situado sobre la elástica, con respecto a su posición inicial (sin carga), y la pendiente de una viga es la pendiente de la recta tangente a la elástica en el punto considerado.

Figura 9. Viga deformada sometida a cargas de Flexión.



Elementos sometidos a carga combinada.

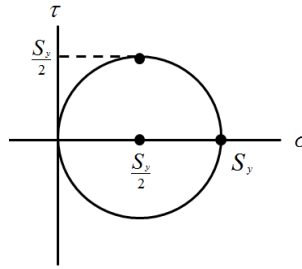
Un elemento puede estar sometido a la combinación de cada tipo de carga, si las cargas están en el rango elástico se puede aplicar el principio de superposición mediante el cual se determina el efecto de cada carga por separado y finalmente se suman los efectos.

La *teoría de falla de Tresca* establece que la falla se producirá cuando el esfuerzo cortante máximo absoluto en la pieza sea igual o mayor al esfuerzo cortante máximo absoluto de una probeta sometida a un ensayo de tensión en el momento que se produce la fluencia.

El esfuerzo cortante máximo absoluto es entonces para el ensayo de tensión al momento de la fluencia:

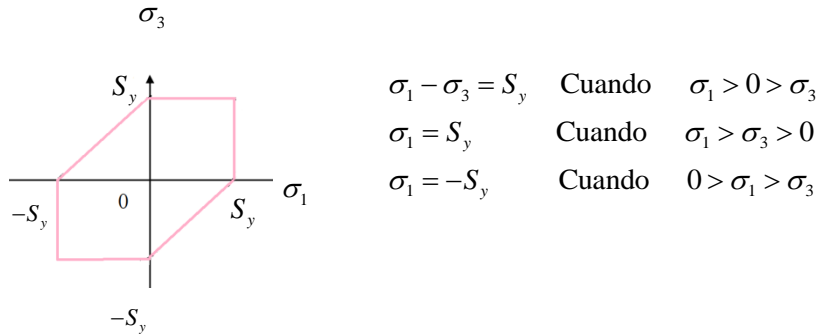
$$\sigma = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (11)$$

Figura 10. Círculo de Mohr para el ensayo de tensión al momento de la fluencia



La falla ocurrirá cuando en la figura 11, el punto determinado por los esfuerzos σ_1 y σ_3 se encuentren fuera del hexágono.

Figura 11. Representación gráfica de la teoría de Tresca.

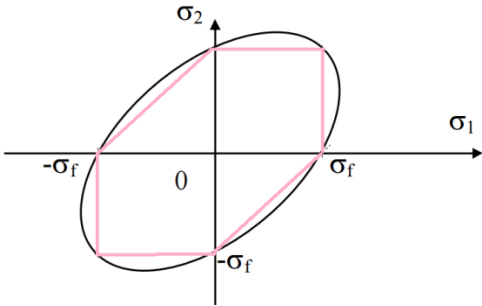


La *teoría de falla de Von Mises* establece que la falla se producirá cuando la energía de distorsión por unidad de volumen debida a los esfuerzos máximos absolutos en el punto crítico sea igual o mayor a la energía de distorsión por unidad de volumen de una probeta en el ensayo de tensión en el momento de producirse la fluencia.

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) - (\sigma_x \cdot \sigma_y) + 3\tau_{xy}^2} \quad (12)$$

La falla ocurrirá cuando en la figura 12, el punto determinado por los esfuerzos σ_1 y σ_3 se encuentren fuera de la elipse.

Figura 12. Comparación de las teorías de Tresca y Von Mises.



3. METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LLEVAR A CABO EL SOFTWARE

A continuación se presenta la división de las tareas que permitirán desarrollar el Software que genere y evalúe ejercicios de Resistencia de Materiales.

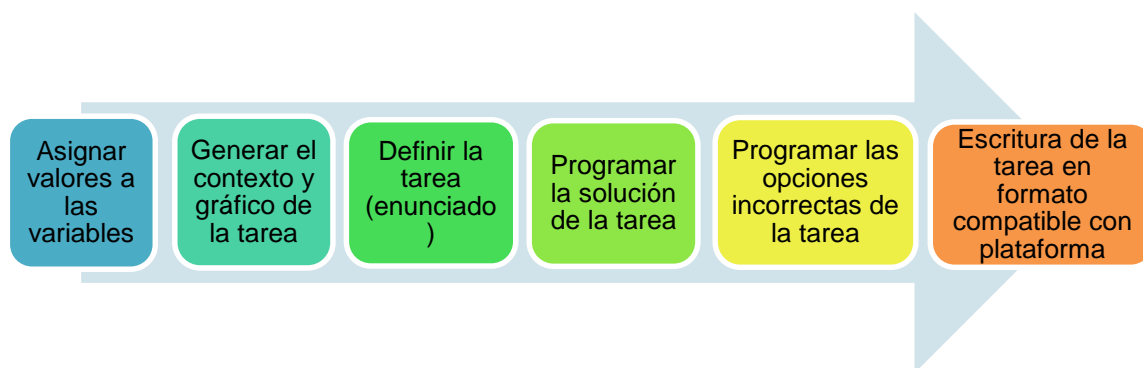
3.1. FASE DE INICIO Y PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO DE GRADO.

En la fase preliminar se hizo una documentación exhaustiva sobre los trabajos e investigaciones ya existentes para facilitar el desarrollo del proyecto, además se fijaron los objetivos, el alcance, los recursos y el tiempo que toma realizarlo.

En la literatura se encontró la plataforma de entrenamiento y evaluación para la asignatura Estática, Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad EAFIT. Este concepto permitió aterrizar las ideas y tener un panorama más claro.

La figura 13 muestra la estructura del algoritmo del generador que produce diversas versiones de la tarea (Generador automático de tareas como apoyo a los procesos de evaluación, 2012).

Figura 13. Flujo del Proceso de construcción de una tarea a partir del formato definido.



Fuente. GENERADOR AUTOMÁTICO DE TAREAS COMO APOYO A LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN. Restrepo Ochoa, Jorge Luis. Medellín, Colombia : Reunión Nacional ACOFI, 2012.

3.2. FASE DE DISEÑO DEL CONTENIDO SOFTWARE.

En esta fase se identifica el contenido temático y evaluativo del curso, además de los parámetros que se pueden variar para poder generar múltiples versiones del mismo ejercicio sin llegar a modificar su estructura.

Para llevar a cabo esta fase del proceso se siguieron los siguientes pasos:

Definición del objetivo de aprendizaje. Para poder definir el ejercicio que se va a plantear se debe saber qué es lo que se quiere lograr con él, es decir, identificar las competencias que el estudiante debe adquirir durante el curso.

Al finalizar el curso se espera que el estudiante:

1. Reconozca el tipo de carga que produce una fuerza o un momento aplicado sobre un elemento de máquina, de acuerdo a la forma cómo actúa.
2. Calcule los esfuerzos y las deformaciones que se presentan en cualquier punto de un elemento de máquina o elemento estructural sometido a un tipo específico de carga.
3. Seleccione el punto crítico donde se presentan los mayores esfuerzos en cualquier elemento mecánico sometido a varios tipos de carga simultáneamente.
4. Defina el estado de esfuerzo plano en el punto crítico de cualquier elemento de máquina sometido a diferentes tipos de carga externa.
5. Calcule el esfuerzo normal equivalente en el punto crítico de cualquier elemento de máquina sometido a diferentes tipos de carga externa, de acuerdo a una teoría de falla especificada.
6. Analice la posibilidad de que un elemento de máquina sometido a diferentes tipos de carga falle, porque las cargas son muy altas para unas dimensiones y un material especificado, porque las dimensiones son muy pequeñas para unas

cargas y un material especificado, o porque el material no es el apropiado para unas cargas y unas dimensiones especificadas.

Búsqueda del ejercicio. Primero se debe hacer una revisión del programa de la asignatura Resistencia de Materiales y allí se identifican los grandes temas de la materia los cuales son: carga axial, flexión, torsión y carga combinada.

Tabla 2. Revisión del contenido temático del curso.

Resistencia de Materiales	
Justificación: La Resistencia de Materiales estudia la mecánica de sólidos deformables mediante modelos simplificados elástico lineales, relacionado en el diseño los parámetros de geometría, solicitaciones y material.	
Temas	Contenido
Análisis de carga axial	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo normal y esfuerzo cortante en cualquier plano. • Deformación normal y unitaria bajo carga axial y deformación bajo esfuerzos cortantes. • Esfuerzo permisible y factor de seguridad. • Efectos de los cambios de temperatura. • Aplicación a sistemas estructurales estáticamente determinados e indeterminados bajo carga axial.
Análisis de torsión	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo cortante y deformación por torsión en secciones circulares. • Esfuerzo cortante y deformación por torsión en secciones no circulares. Aplicación a sistemas estructurales, estáticamente determinados e indeterminados, bajo cargas de torsión.
Análisis de flexión	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo normal y esfuerzo cortante por flexión. • Ecuación de la elástica y cálculo de deflexiones por los diferentes métodos. • Aplicación a sistemas estructurales estáticamente determinados e indeterminados bajo carga de flexión.
Análisis de carga y esfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo plano: esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo. • Círculo de Mohr para esfuerzos principales y esfuerzo cortante. • Deformaciones principales y ley generalizada de Hooke.

-
- combinados**
- Recipientes de paredes delgadas sometidas a presión interna.
 - Aplicación a sistemas estructurales estáticamente determinados e indeterminados bajo cargas combinadas.
-

Solución y generalización del ejercicio. Después de tener en cuenta el contenido temático, se revisa la bibliografía presentada por los docentes con el fin de buscar los ejercicios más representativos y comenzar a definir los parámetros que pueden variar para poder parametrizar variables y así garantizar una aleatoriedad en los datos del problema.

El ejercicio escogido se debe solucionar creando un algoritmo base que enuncie los pasos realizados, para así poder generar varias versiones del mismo problema modificando ciertos parámetros que permitan conservar la esencia del conocimiento.

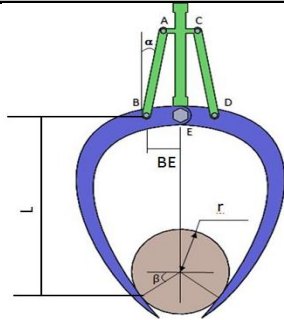
En la tabla 3 se presenta un ejemplo del diseño de un ejercicio que se incluyó en el programa.

Se tienen en cuenta los siguientes puntos:

- Un gráfico y un enunciado donde se proponen las preguntas que se quieren responder.
- Se identifican los elementos variables del ejercicio, es decir, los datos que el software genera aleatoriamente y que deben tener un rango previamente definido para evitar errores en las respuestas.
- Se desarrolla una solución general para el ejercicio, que permita programarla fácilmente.

Tabla 3. Diseño de un ejercicio.

Tema
Carga axial
Objetivo del Ejercicio
Determinación del esfuerzo normal en una máquina.
Enunciado



Se tiene una aparato compuesto por dos tenazas que soportan un elemento cilíndrico, tal y como se muestra en la figura.

Determine el esfuerzo normal desarrollado en el eslabón AB.

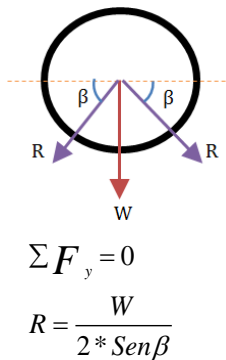
Determine el esfuerzo cortante desarrollado en el pasador A, considere que está a cortante doble.

NOTA: UNIDADES DADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL.

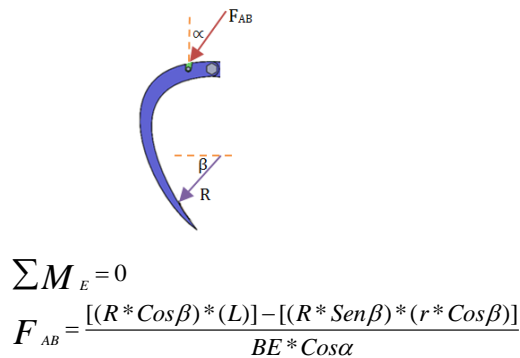
Elementos variables del Ejercicio	Rangos de Variación	
	Mín.	Máx.
Peso del cilindro [N]	1000	5000
Distancia BE [m]	0,3	0,9
Distancia L [m]	1	2
Radio del tronco [m]	0,1	0,5
Alpha	10°	80°
Betha	10°	80°
Diámetro de la Barra AB [m]	0,1	0,35
Diámetro de los Pasadores [m]	0,01	0,08

Solución del Ejercicio

D.C.L tronco



D.C.L tenaza



Esfuerzos

$$\sigma = \frac{F_{AB}}{A_{Barra}}$$

$$\tau = \frac{V}{A_{Pasador}} = \frac{F_{AB}/2}{A_{Pasador}}$$

3.3. FASE DE DESARROLLO DEL SOFTWARE.

En este punto ya se tiene claro el alcance y el diseño a seguir, ahora se debe decidir en qué lenguaje se va a desarrollar y en donde va a estar soportado, si será un software de escritorio o estará anidado en una plataforma virtual.

Software de escritorio.

A continuación se enumeran las ventajas y desventajas de realizar el programa como software de escritorio.

Ventajas:

- Multiplataforma, es decir, que pueda utilizarse con diferentes sistemas operativos.
- El estudiante lo puede utilizar siempre que tenga su computador a la mano.

Desventajas:

- No le permite al docente utilizarlo para realizar quices y talleres, porque no puede llevar un registro de sus notas.
- Si alguien quisiera añadir un nuevo ejercicio, necesariamente debe saber programar en JAVA.
- No va a permitir una comunicación fluida entre Docente-Alumno.

Software Web.

A continuación se enumeran las ventajas y desventajas de realizar el programa como software web.

Ventajas:

- Es multiplataforma.
- El estudiante lo puede utilizar desde cualquier dispositivo electrónico.
- Le permite al docente utilizarlo para realizar quices y talleres.

- Cualquier persona cercana a la materia y que tenga acceso al aula virtual va a poder ingresar ejercicios a la base de datos.

Desventajas:

- La interfaz del programa y los ejercicios va a estar limitada al entorno de la plataforma virtual que se escoja.

Al analizar las ventajas y desventajas anteriores, se toma la decisión de implementar el software en una plataforma virtual. Se tienen dos opciones, la primera es utilizar Moodle y la segunda es utilizar la Plataforma de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Se decide soportar el programa en la *Plataforma de la EIM*, porque la Escuela maneja allí su información institucional, fechas, horarios, calendarios, actas, trabajos de grado y demás actividades que realiza.

3.4. FASE DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE.

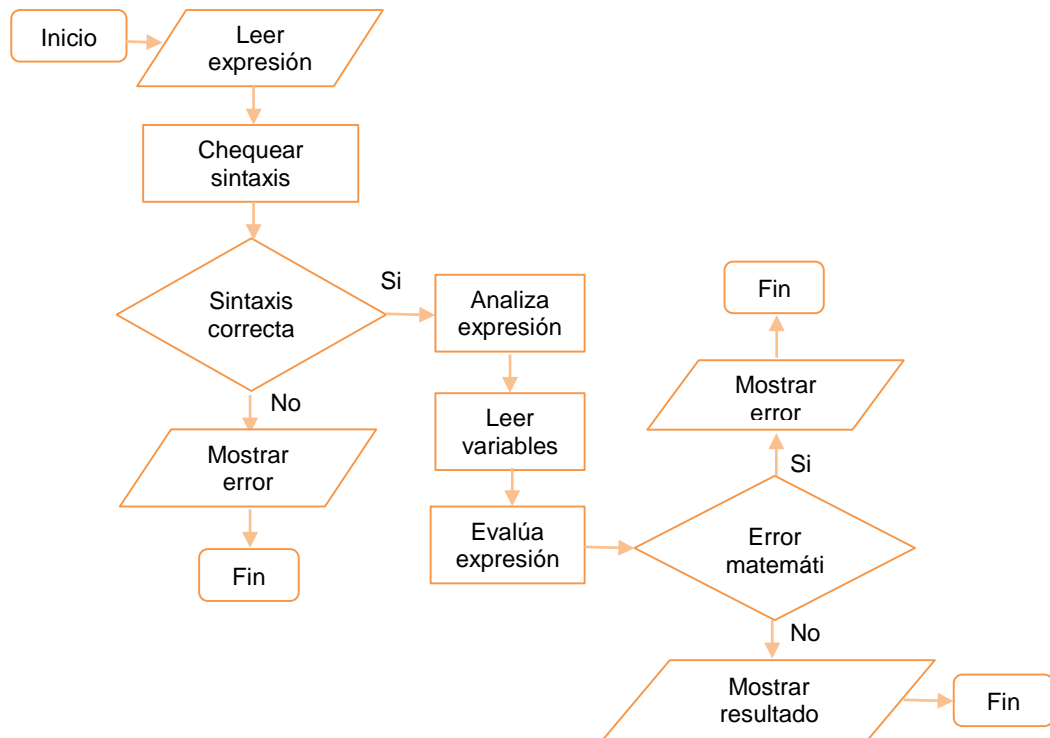
Teniendo definido el contenido del software y habiendo decidido implementarlo en la plataforma virtual de la EIM, se contacta al Grupo de Desarrollo de Software Calumet, encabezado por el profesor Luis Ignacio González, pues ellos son los encargados de administrar dicha Plataforma y se trabaja conjuntamente con ellos.

Un requerimiento importante en el software es que cualquier persona cercana a la materia, así no tenga conocimientos de programación, pueda ingresar ejercicios, es por ello que aparece la necesidad de programar un analizador de expresiones.

Un analizador de expresiones es un algoritmo que interpreta una expresión matemática con funciones preestablecidas, asigna valores a cada una de las variables que intervienen en la expresión y da una respuesta numérica.

En la Figura 14 se presenta el diagrama de flujo de un analizador de expresiones codificado en (Moreno Parra, 2012).

Figura 14. Algoritmo básico de un evaluador de expresiones.



4. PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE FINAL

En este capítulo se presentan las características del software implementado en la plataforma virtual de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE.

- El software se codificó en los lenguajes de programación Java y JavaScript, por lo tanto es multiplataforma (LINUX, Windows, Android, Mac), además se utilizó el lenguaje HTML, por sus siglas en inglés o lenguaje de marcas de hipertexto, para la presentación de los contenidos.
- La base de datos de ejercicios puede ser actualizada constantemente ya que cualquier persona que tenga acceso a la plataforma puede proponer problemas.
- El alumno podrá realizar ejercicios y conocer si su respuesta fue correcta o incorrecta, esto con el fin de ayudarlo a mejorar en sus estudios.
- El profesor podrá realizar quices de manera periódica ya que el programa califica los exámenes automáticamente.

4.2. EJERCICIOS PROPUESTOS.

La versión que se entrega tiene los siguientes temas:

- Carga axial – Esfuerzos
- Carga axial – Deformación.
- Torsión – Estáticamente Determinados.
- Torsión – Estáticamente Indeterminados.
- Flexión – Centroides y Momentos de Inercia.
- Flexión – Estáticamente Determinados.
- Carga combinada.

En la sección de Carga axial – Esfuerzos, se tienen nueve (9) ejercicios entre estructuras, marcos y máquinas.

En la sección de Carga axial – Deformación, se tienen nueve (9) ejercicios entre deformación en tornillos, deformación en barras y deformación por temperatura.

En las secciones restantes, se tienen tres (3) ejercicios de cada una.

4.3. FUNCIONAMIENTO.

El software ofrece dos (2) servicios:

- **Entrenamiento:** El profesor crea un taller colocando el número de problemas y el tiempo estipulado para desarrollarlos, que posiblemente sea entre una o dos semanas, así el estudiante puede ejercitarse constantemente.

Como el software tiene la opción de revisar respuestas, el alumno puede realizar el ejercicio las veces que quiera hasta estar seguro del procedimiento utilizado es el correcto.

- **Evaluación:** El profesor previamente crea un examen, colocando un número de problemas y un tiempo adecuado para desarrollarlos y lleva a los estudiantes a una sala de informática, como el CENTIC, para que los alumnos puedan realizar la actividad.

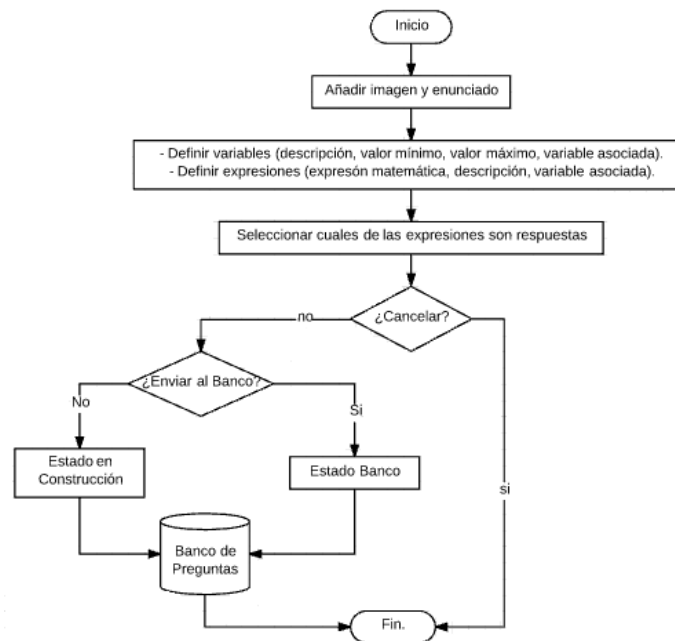
Al cabo del tiempo estipulado, el programa dará una calificación a cada estudiante de acuerdo a su desempeño.

5. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

En esta parte se explicaran con diagramas de flujo los procesos internos que realiza el Software al momento de crear una pregunta, presentar un taller o un examen, utilizar la opción de revisar en un taller, calificar una pregunta y dar la nota.

En la Figura 15 se presenta un diagrama de flujo con el proceso interno que se lleva a cabo cuando el profesor introduce una pregunta del tipo “crear preguntas con expresiones o SMMRCE”.

Figura 15. Diagrama de flujo para “crear pregunta profesor”.



Para que un profesor pueda incluir una pregunta en el software, primero debe añadir el enunciado y la imagen del problema, seguido de los datos y las ecuaciones matemáticas para desarrollar el ejercicio, posteriormente debe elegir que expresiones serán mostradas como respuesta.

El docente tendrá tres opciones:

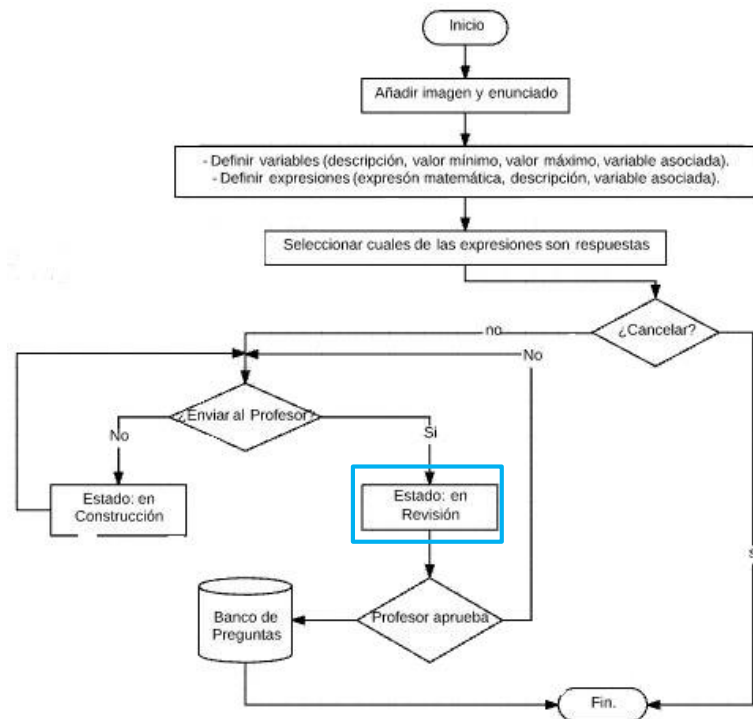
Si escoge la opción cancelar, la pregunta no será tenida en cuenta y se regresará a la página de inicio.

Si el docente elige la opción guardar, la pregunta quedara en construcción, es decir la almacena para que más adelante pueda editarla.

Si el docente elige la opción enviar al banco, la pregunta quedara en la base de datos del programa y podrá ser usada en cualquier actividad.

En la Figura 16 se presenta un diagrama de flujo con el proceso interno que se lleva a cabo cuando un estudiante introduce una pregunta del tipo “crear preguntas con expresiones o SMMRCE”.

Figura 16. Diagrama de flujo para “crear pregunta estudiante”.



Para que un estudiante pueda incluir una pregunta en el software, primero debe añadir el enunciado y la imagen del problema, seguido de los datos y las

ecuaciones matemáticas para desarrollar el ejercicio, posteriormente debe elegir que expresiones serán mostradas como respuesta.

El estudiante tendrá tres opciones:

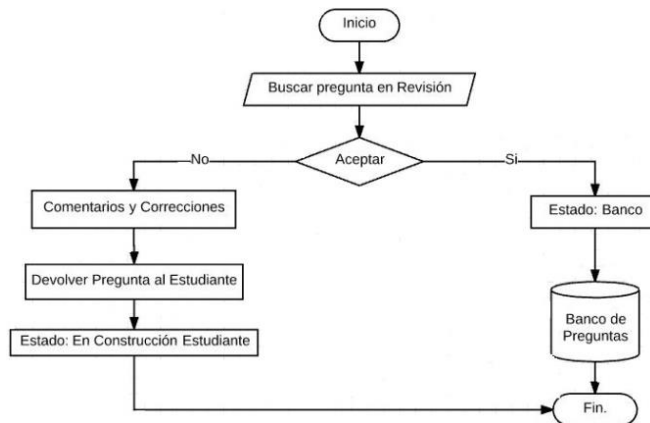
Si escoge la opción cancelar, la pregunta no será tenida en cuenta y se regresará a la página de inicio.

Si el estudiante elige la opción guardar, la pregunta quedara en construcción, es decir la almacena para que más adelante pueda editarla.

Si el estudiante elige la opción enviar al profesor, la pregunta quedará en revisión y será enviada al docente para que decida si se puede enviar al banco o si debe devolverla al alumno para que la edite y la envíe nuevamente.

En la Figura 17 se presenta un diagrama de flujo con el proceso interno que se lleva a cabo cuando un estudiante le envía una pregunta al profesor.

Figura 17. Diagrama de flujo para “revisión de pregunta por un estudiante”.



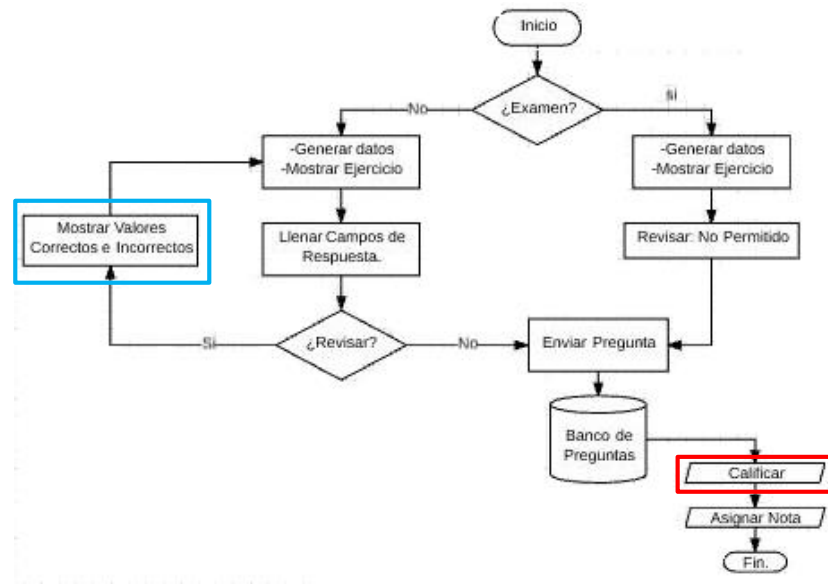
Cuando el estudiante le envía una pregunta al docente, éste tiene dos opciones:

Si el profesor acepta la pregunta, será indexarla al banco de preguntas.

Si el profesor no acepta la pregunta, puede enviársela al estudiante con una serie de comentarios y correcciones para que pueda ser editada.

En la Figura 18 se presenta un diagrama de flujo con el proceso interno que se lleva a cabo cuando un estudiante responde una pregunta en una actividad.

Figura 18. Diagrama de flujo para “responder pregunta en una actividad”.



El software le permite al docente crear dos tipos de actividad, examen y taller, que serán habilitados al estudiante, cuando crea conveniente.

Si el estudiante está presentando un taller, el software generara datos aleatorios y le mostrará, también aleatoriamente, alguno de los ejercicios propuestos por el docente. Después de desarrollar el problema y llenar los campos de respuesta, el alumno tiene dos opciones:

Si decide revisar su respuesta el software le mostrará cuales valores tiene correctos y cuales incorrectos y el programa generará datos diferentes para que realice de nuevo el ejercicio y así pueda aclarar sus dudas. Este proceso lo podrá hacer las veces que considere necesario hasta tener certeza de su procedimiento.

Cuando el estudiante este seguro de su respuesta, podrá enviarla y obtendrá inmediatamente una calificación, que se espera sea positiva, ya que ha tenido la opción de revisar su procedimiento varias veces.

Si el estudiante está presentando un examen, el software generara datos aleatorios y le mostrará, también aleatoriamente, alguno de los ejercicios propuestos por el docente.

El estudiante deberá desarrollar el problema y dar una solución en el tiempo estipulado, en este caso, la opción revisar respuesta no está habilitada, por lo tanto, solo tendrá una posibilidad de acertar.

Cuando el estudiante envíe su respuesta, obtendrá inmediatamente una calificación que será almacenada en la base de datos de la plataforma para que el docente la pueda visualizar en el listado de alumnos.

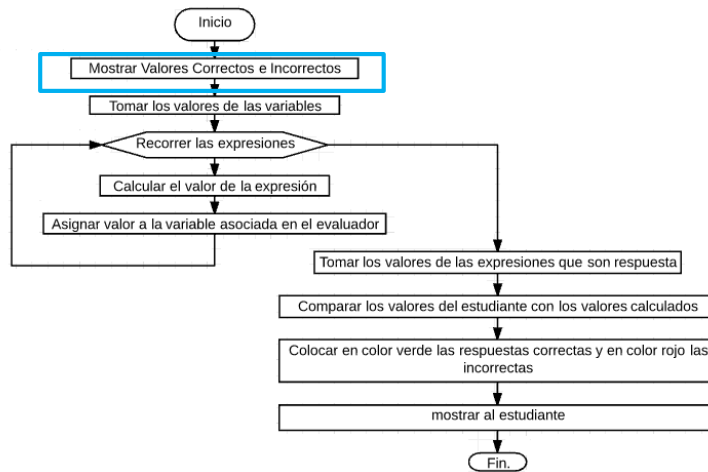
Los procesos resaltados de la Figura 18 tienen una codificación adicional.

En la Figura 19 se presenta el algoritmo del proceso Revisar respuestas en un taller.

Cuando el estudiante desarrolla un taller y oprime la opción revisar, el programa sigue una serie de pasos internos para mostrarle si sus respuestas son correctas o no.

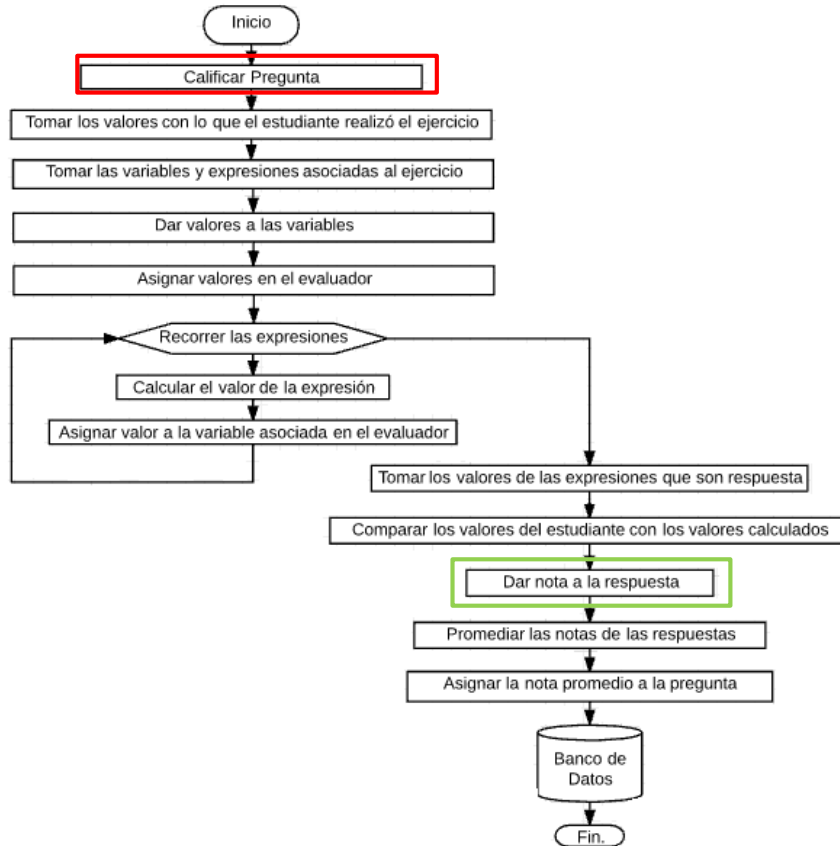
Esta secuencia consiste en tomar los datos generados aleatoriamente y con ellos calcular la solución a las ecuaciones matemáticas codificadas, después de ello, el software compara los valores hallados de las expresiones indicadas como respuestas con los valores ingresados por el usuario, mostrando en rojo las casillas con respuestas erróneas y en verde las casillas con respuestas correctas.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso Revisar respuestas de un taller.



En la **Figura 20** se presenta el algoritmo del proceso calificar respuesta en un examen.

Figura 20. Diagrama de flujo del proceso Calificar respuestas.

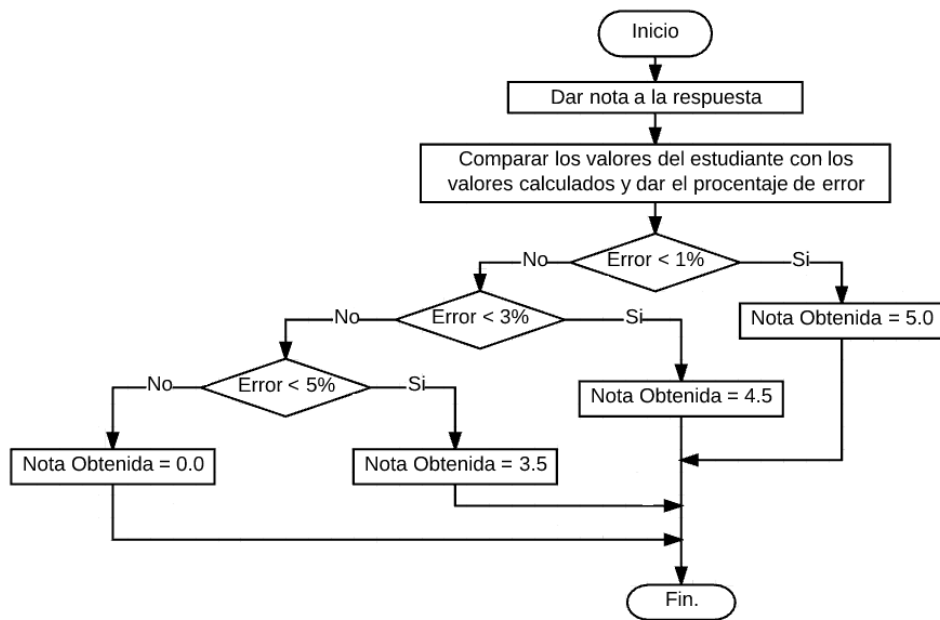


Cuando el estudiante desarrolla un examen y decide enviar la respuesta el programa sigue una serie de pasos internos para calificar su respuesta.

Esta secuencia consiste en tomar los datos generados aleatoriamente y con ellos calcular la solución a las ecuaciones matemáticas codificadas, después de ello, el software compara los valores hallados de las expresiones indicadas como respuestas con los valores ingresados por el usuario.

Inmediatamente, el programa realiza otro proceso llamado “dar nota a la respuesta” y se encuentra explicado en la Figura 21 se presenta el algoritmo del proceso “Dar nota a la respuesta”.

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso “Dar nota a la respuesta”.



Cuando el programa compara los valores de respuesta calculados y los valores de respuesta ingresados, mide el error porcentual entre ellos y da una nota de acuerdo a ello.

Si el error es menor al 1%, la nota obtenida por el estudiante será 5,0, si el error esta entre el 1% y el 3%, la nota obtenida por el estudiante será 4,5, si es error esta entre el 3% y el 5%, la nota obtenida por el estudiante será 3,5, y por último, si el error es superior al 5%, la nota obtenida por el estudiante será de 0,0.

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo desarrolló un software multiplataforma para la materia Resistencia de Materiales, que además de generar ejercicios de manera aleatoria, los resuelve y califica, todo esto con la finalidad de permitirle al usuario entrenar y evaluar su concepto sobre la asignatura.

El software inicialmente se iba a implementar únicamente en la asignatura Resistencia de Materiales, pero se logró obtener un programa que puede aplicarse a otras materias inclusive de otras facultades.

Al implementar una revisión de las respuestas, se le permite al alumno conocer sus errores y le da la opción de reintentar las veces que considere necesarias para completar la actividad satisfactoriamente.

Al tener una calificación inmediata el docente podrá realizar un mayor número de evaluaciones, pudiendo conocer el nivel de comprensión que está teniendo el curso.

Para llevar a cabo la realización del proyecto se recopiló una serie de información correspondiente al contenido y evaluación de cada uno de los temas trabajados en la asignatura.

Con este proyecto se logró crear una herramienta novedosa en estrategias docentes innovadoras que buscan favorecer una enseñanza basada en la participación activa del estudiante universitario.

Actualmente el software no está habilitado para realizar ejercicios de vigas indeterminadas, ya que aún no posee herramientas de métodos numéricos avanzadas, como métodos integrales.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación del software como herramienta de estudio y evaluación.

Se recomienda seguir con el desarrollo del software ya que es una herramienta muy útil tanto para el alumno como para el docente.

Se recomienda seguir alimentando la base de datos del programa.

BIBLIOGRAFÍA

Abakal, ingenieros consultores. [En línea] [Citado el: 1 de Octubre de 2016.] http://www.abakal.com/detalle_noticias.php?id_noticia=24.

Area Moreira, Manuel. 2009. Introducción a la Tecnología Educativa. *Introducción a la Tecnología Educativa*. La Laguna : Universidad de La Laguna, 2009.

Area Moreira, Manuel y Adell Segura, Jordi. 2009. e-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales. [aut. libro] Juan De Pablos. *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet*. Aljibe, Málaga : Aljibe, 2009.

Aristizábal Ramírez , Diego Luis. 2013. *Plataforma hardware-software PhysicsSensor*. Medellín, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2013.

Autodesk. [En línea] [Citado el: 1 de octubre de 2016.] <http://www.elandroidelibre.com/2012/07/autodesk-forceeffect-realiza-diagramas-de-fuerzas-de-forma-sencilla-y-rapida.html>.

Díaz Higuita, Juan y Gómez Gutiérrez, John. 2015. *Diseño e implementación de software educativo, como apoyo a todas las asignaturas de la institución educativa Isolda Echavarría*. Medellín : Universidad EAFIT, 2015.

GENERADOR AUTOMÁTICO DE TAREAS COMO APOYO A LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN. Restrepo Ochoa, Jorge Luis. 2012. Medellín, Colombia : Reunión Nacional ACOFI, 2012.

Herramienta de Software para el Aprendizaje de Sistemas Difusos en un Curso de Control Digital. **Gamarra , Margarita, Bertel , Francisco y Velásquez, Johnys. 2016.** 4, Barranquilla, Colombia : Fomación Universitaria, 2016, Vol. 9.

La tecnología en el marco de la sociedad de la información. **Chacón y Chacón Medina, Antonio. 2002.** 2002, Facultad de Ciencias de la Ecducación, Vol. 4, págs. 23-40.

Lara Porras, Ana María. 2014. *El software estadístico como herramienta de aprendizaje de la estadística en un entorno virtual*. Granada, España : Universidad de Granada, 2014.

Mansilla, Felix Hernando. [En línea] [Citado el: 1 de Octubre de 2016.] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fhm.parametrictrusses&hl=es_419.

MDSolids. [En línea] [Citado el: 1 de Octubre de 2016.] <http://www.mdsolids.com/>.

Moreno Parra, Rafael Alberto. 2012. *Desarrollo de un evaluador de expresiones algebraicas. Versión 2.0.* s.l. : <http://www.etnassoft.com/biblioteca/evaluador-de-expresiones-algebraicas-ii/>, 2012.

Nueva herramienta virtual para la enseñanza de la caracterización mecánica de materiales. **Vergara , Diego, Rubio, Manuel Pablo y Prieto, Fernando. 2014.** 17, s.l. : Revista Educación en Ingeniería, 2014, Vol. 9. ISSN 1900-8260.

Pérez Rodríguez , Jesús Javier y Malaver Hernández, Mara. 2008. *Software Educativo como Medio Instruccional para el Aprendizaje de la Asignatura Estadística en la Especialidad de Información y Documentación del Instituto Universitario Experimental de Tecnología Andrés Eloy Blanco.* Barquisimeto : Universidad Nacional Abierta de Venezuela, 2008.

Pressman, Roger S. 2010. *Ingeniería del Software.* Connecticut : MCGRAW-HILL, 2010.

PROGRAMAS INTERACTIVOS (SOFTWARE) PARA LA ENSEÑANZA DE MATERIALES. **Goodhew, Peter J. 2002.** 0738-7989, 2002, Journal of Materials Education, Vol. 24, págs. 39-43.

RESOLUCIÓN DE ECUACIONES NO LINEALES E INTERPOLACIÓN NUMÉRICA USANDO SOFTWARE EDUCATIVO ELABORADO CON HERRAMIENTAS GRATUITAS. **Ascheri, María E, y otros. 2010.** Santa Rosa, La Pampa, Argentina : III REPEM, 2010. CB-51.

Software educaativo para el trabajo con matrices. **Almaguel Guerra, Adrian, y otros. 2016.** 2, s.l. : Matemática, educación e internet, 2016, Vol. 16. ISSN 1659-0643.

SOFTWARE INTERACTIVO DE APRENDIZAJE. **Lara Porrás, Ana María, Román Montoya, Yolanda y Alfonso Uxó, ALejandro. 2011.** 2, Granada, España : Revista Investigación Operacional, 2011, Vol. 32.

Software para la Enseñanza Didáctica de Mecánica de Materiales. **Torres, Jorge. 2007.** 2, s.l. : Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education, 2007, Vol. 1. ISSN 1935-0295.

Torres, Ytaliar y Macias, Nelson. 2009. *SOFTWARE EDUCATIVO COMO APOYO EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MÉTODO DE REDUCCIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES.* Trujillo : Universidad de los Andes, 2009.

Uso de las NTIC para apoyar la enseñanza de la física básica para ingenieros: experiencia en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. **Aristizabal, Diego, y otros. 2013.** Medellín, Colombia : Virtual Educa, 2013.