



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

COMPETITIVIDAD Y RENDIMIENTO: CUALIDADES PRIMORDIALES DE LOS INGENIEROS DE HOY

Miller Humberto Salas Rondón, Norma Cristina Solarte Vanegas

**Universidad Pontificia Bolivariana
Bucaramanga, Colombia**

Luis Carlos Gómez Trimiño

**Consultor Nacional
Bucaramanga, Colombia**

Efraín Andrés Serrano Plata

**Consultor Internacional TNM Limited
Malabo, Guinea Ecuatorial**

Resumen

Buscando satisfacer las necesidades requeridas por la ingeniería, la tecnología computacional juega un papel fundamental en el desarrollo de los profesionales, especialmente en los ingenieros jóvenes. En la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, la experiencia que acumulan los ingenieros jóvenes de postgrado se ha direccionado para que mediante el trabajo en equipo puedan desarrollar una aplicación técnica para uso en ambientes de consultoría en donde se requiere poseer un alto nivel de competitividad y de rendimiento para responder a los cambios globales que se están desarrollando.

A través de esta experiencia se ha logrado favorecer el emprendimiento de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil que están aportando un desarrollo científico y tecnológico a través de un software de talla mundial desde Bucaramanga hasta ser utilizado en países de otro continente como es el caso de Guinea Ecuatorial en el continente Africano.

El software está realizado sobre la plataforma Visual Basic 6.0. La aplicación interactúa principalmente con Microsoft Office Excel 2010 donde se realizan todos los cálculos pertinentes, con los reportes obtenidos de Eagle Point, Acrobat y con AutoCAD 2007.

Con el software se pueden evaluar rápidamente proyectos de inversión, pre-dimensionar estructuras de pavimento flexible, obtener capacidades y niveles de servicio de una determinada vía, pre-dimensionar el espesor de la superestructura de un puente, clasificar suelos, diseñar muros en tierra armada, revisar el diseño horizontal y vertical de una vía, realizar en AutoCAD 2007 grillas en planta y perfil, realizar las anotaciones de un diseño en perfil y realizar los cuadros de curvatura para un proyecto vial.

Palabras clave: trabajo en equipo; diseño vial; software

Abstract

Seeking to satisfy the needs required by engineering, computer technology plays a key role in the development of professionals, especially young engineers. In the School of Engineering of the Universidad Pontificia Bolivariana, the experience acquired by young graduate engineers has addressed that through teamwork technique to develop an application for use in consulting environments where required to possess a high level of competitiveness and performance to respond to global changes that are taking place.

Through this experience has made encouraging entrepreneurship students from the Faculty of Civil Engineering are providing scientific and technological development through a world-class software from Bucaramanga to be used in countries other continent as is the case Equatorial Guinea in the African continent.

The software is realized on the platform Visual Basic 6.0. The application interacts primarily with Microsoft Office Excel 2010 where all calculations are performed with the reports obtained from Eagle Point, with Acrobat and AutoCAD 2007.

With the software you can quickly assess investment projects, pre-sized flexible pavement structures, obtain capabilities and service levels of a particular route, pre-measure the thickness of the superstructure of a bridge, classify soils, design of reinforced earth walls, check the horizontal and vertical design of a road, performing in AutoCAD 2007 grid plan and profile, make annotations in profile design and make pictures of curvature for a road project.

Keywords: *teamwork; road design; software*

1. Introducción

En la actualidad, la infraestructura vial de Colombia se encuentra en un atraso superior a 20 años con respecto a los otros países de Suramérica, por lo tanto es un país que requiere mejorar en temas de transporte e infraestructura. La necesidad de desarrollar nuestra infraestructura vial, ha generado un aumento drástico en la oferta de empleo en dicho campo, lo cual ha llevado a los profesionales Civiles a especializarse en vías terrestres.

Los Ingenieros que aspiran a especializarse en vías terrestres son de diferentes edades y sus bases profesionales vienen adaptadas a cada época de pregrado en su respectiva universidad; sin embargo en la actualidad la competitividad laboral está basada en el manejo de herramientas computacionales que aumenten el rendimiento del profesional.

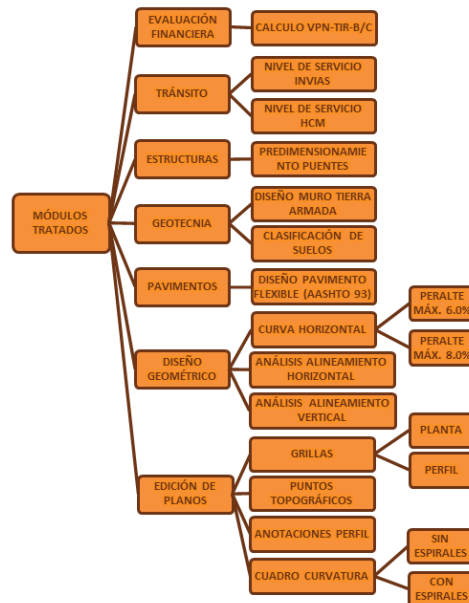
Por lo tanto, este proyecto analiza todas las bases educativas que se presentan en una especialización de vías terrestres, teniendo en cuenta los objetivos principales de cada asignatura, sobre las cuales se puedan obtener resultados numéricos y/o gráficos, para plasmarlos sobre un software (Visual Basic 6.0). Esta herramienta, requerirá de algunos datos de entrada para obtener posteriormente unos resultados que brindan rapidez para su análisis, procesamiento y presentación. De esta manera, se brinda a los futuros estudiantes de ingeniería civil y su especialización en vías y transporte, una herramienta informática que les permite ser eficientes en su trabajo al laborar en equipo, apoyar el aprendizaje diario de todos los participantes y ser competitivos ante una necesidad de una mejor infraestructura vial.

2. Descripción general del software desarrollado

El software realizado es una herramienta con su respectivo manual de usuario que contendrá una metodología interactiva para motivar su respectivo uso y su correcto aprendizaje. La ejecución de cada uno de los sub-programas permite brindar eficiencia para hacer un mejor trabajo en equipo, obtener rendimientos en cuanto a tiempos de entrega, procesamiento de la información, integración de diferentes procedimientos de cálculo, hacer análisis de resultados más prácticos, y poseer una disposición de entrega de resultados con formatos previamente establecidos.

La herramienta contiene algunos de los módulos estudiados en el programa de postgrado: Formulación y Evaluación de Proyectos, Ingeniería de Tránsito, Estructuras, Geotecnia, Pavimentos, Diseño Geométrico, y Edición de planos. La siguiente figura presenta el alcance de cada uno de los módulos a presentar tanto en el software como en el manual de usuario.

Figura 1. Diagrama general de los componentes del software.
Fuente: Propia.



3. Descripción Específica de cada una de las aplicaciones del Software

3.1 Evaluación de Proyectos. Calculo VPN – TIR – B/C

Descripción- Esta aplicación permite obtener el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, la tasa interna de retorno y la relación costo beneficio. Es una herramienta fundamental para evaluar los diferentes proyectos de inversión disponibles a corto y largo plazo.

Figura 2 Aplicación evaluación de proyectos.

Fuente: Propia

Datos de Entrada- Tasa de interés, ingresos y egresos esperados para un número determinado de periodos de tiempo.

Resultados- Total de ingresos y egresos actualizados a la tasa de interés dada, valor presente neto del proyecto, tasa interna de retorno y la relación beneficio costo.

3.2 Tránsito. Nivel de Servicio según norma INVIAS

Descripción- El manual de INVIAS aplica para vías de dos carriles, uno por cada sentido y se tiene en cuenta inicialmente una capacidad ideal de la vía $C_0=3200$ Veh/h en ambos sentidos, la cual se reduce al ser afectada por varios factores de corrección que representan la medida aproximada sobre la cual la vía se aleja de las condiciones ideales, calculándose así la capacidad de la vía. Según el HCM 2.000, la capacidad máxima de una carretera de dos vías es de 1.600 veh/h en cada dirección y de 3.200 en ambas direcciones cuando el tramo es largo. Con esta base en esta premisa se calcula el Nivel de Servicio.

Figura 3. Aplicación Nivel de Servicio INVIAS.

Fuente: Propia.

Datos de Entrada- Información general, anchos de bermas, anchos de calzada, longitud del tramo estudiado, pendiente longitudinal, radio mínimo, deflexión de la curva de radio mínimo, IRI o área afectada o nivel de funcionalidad, volumen en ambos sentidos en hora pico, distribución y composición del tráfico, porcentaje de zonas de no rebase y número de accesos por kilómetro.

Resultados- Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias (C_{60}), capacidad en vehículos mixtos por hora considerando variaciones (C_5), Nivel de Servicio e informe del procedimiento y cálculos realizados.

3.3 Estructuras. Predimensionamiento de Puentes

Descripción- Para el diseño geométrico de intersecciones a desnivel sobre las cuales se proyectan puentes, se requiere respetar el gálibo mínimo por la norma de diseño geométrico.

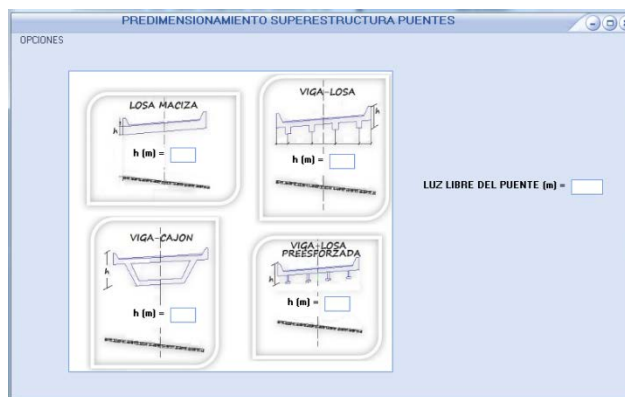
Para proyectar el perfil de diseño se requiere la altura de las vigas por lo tanto el diseñador geométrico debe tener un valor aproximado de la altura de la superestructura, dependiendo del tipo de puente que se pretenda realizar.

Datos de Entrada- Luz libre del Puente

Resultados- Altura de superestructura para cuatro tipos de puentes (losa maciza, viga-losa, viga-cajón y viga-losa preesforzada).

Figura 4. Aplicación Predimensionamiento de Puentes.

Fuente: Propia.



3.4 Geotecnia. Diseño Muro en Tierra Armada

Descripción- La mayoría de vías colombianas se realizan sobre terrenos montañosos y del diseño resultan muros. Los muros en tierra armada o tierra reforzada han cobrado gran valor en la construcción de vías y el programa permite su cálculo. El programa también posee un módulo de clasificación de suelos.

Datos de Entrada- Geometría del muro, propiedades del material de relleno, propiedades del refuerzo a colocar, sobre carga (estructura de pavimento), suelo de fundación, presión del sismo y peso de rueda.

Figura 5. Aplicación Diseño Muro Tierra Armada.

Fuente: Propia.



Resultados— Alturas de capas, esfuerzos en el muro, longitudes y despiece del refuerzo, informe del análisis de estabilidad al deslizamiento, volcamiento y análisis de capacidad portante.

3.5 Pavimentos. Diseño Pavimento Flexible (AASHTO 93)

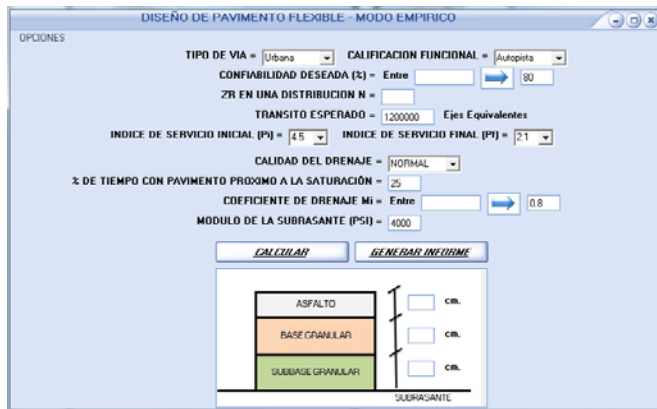
Descripción- El método de la ASSHTO 1993 se fundamenta en el número de repeticiones de ejes con cargas de diferente magnitud y disposición y el comportamiento de diferentes espesores de pavimentos, conformados con bases y subbases, colocados en suelos de características conocidas.

Datos de Entrada- Tipo de vía, clasificación funcional de la vía, confiabilidad deseada, tránsito esperado, índices de servicio, calidad del drenaje, porcentaje de tiempo en saturación, coeficiente de drenaje y módulo de la subrasante.

Resultados- Altura de capas (rodadura, base, subbase), informe del procedimiento y cálculos realizados.

Figura 6. Aplicación Diseño Pavimento Flexible (AASHTO 93)

Fuente: Propia.



3.6 Diseño Geométrico

El trazado de una vía requiere básicamente de la planimetría y altimetría, las cuales deben cumplir con los parámetros del manual INV-2008; es por ello, que se determinó dividir el módulo de diseño geométrico en 4 aspectos para el software, los cuales agilizan el proceso de diseño y el chequeo de la compatibilidad entre la planta y el perfil.

- Análisis del alineamiento horizontal y vertical

Figura 7. Aplicación Análisis Alineamiento Horizontal.

Fuente: Propia.



Descripción— El manual de Diseño geométrico en capítulo 2, especifica un procedimiento para la asignación de las velocidades del tramo, de las curvas horizontales y las velocidades de la entretangencia

horizontal. Al igual que también específica para los elementos en perfil. Todos los parámetros que deben considerarse en el diseño, se pueden establecer con el programa.

Datos de Entrada— La velocidad específica de la curva, el radio asignado y el ancho de la calzada, velocidad de diseño, peralte máximo, sentido vehicular, número de carriles que giran, anchos de carril y reporte horizontal obtenido de Eagle Point.

Resultados— Velocidad, radios de diseño, longitudes de espiral de diseño, longitudes de espiral, perfil de velocidades, reporte de los resultados. Velocidad específica de cada curva vertical, análisis de parámetros K de diseño, longitudes y pendientes de curvas verticales.

- Edición de Planos

Este módulo es el resultado de la experiencia y trabajo en diseño geométrico. Es importante plasmarlo en el software con el fin de permitir a los profesionales en trazado de vías, un ahorro en tiempo significativo en la edición de planos.

El software está enfocado en los reportes del Eagle Point y trabaja directamente con AutoCAD, el cual por medio de scripts dibuja automáticamente lo contenido en cada una de las aplicaciones del módulo.

4. Aplicaciones Nacionales e Internacionales

Cada vez los tiempos de ejecución de proyectos de consultoría son más reducidos. Se piensa que los programas son suficientes. Sin embargo, la realidad es que estos no responden todos los requerimientos, debiendo los ingenieros realizar adicionalmente una gran cantidad de cálculos o esperar a que ingenieros de disciplinas específicas los respondan. Este programa permite agilizar los tiempos invertidos por los ingenieros de diseño geométrico en desarrollar dichos complementos. La ventaja de este programa es que ya ha sido verificado en consultoras en Bucaramanga y ahora está siendo usado en Guinea Ecuatorial en la empresa TNM limited, por el colombiano Ing. Efraín Andrés Serrano quien está trabajando en dicha empresa. A continuación las siguientes figuras muestran algunos de los proyectos en donde se ha usado.

Figura 8. **Proyectos en Guinea Ecuatorial**



Fuente: Propia

5. Conclusiones

En la búsqueda de optimización del trabajo que se desarrolla para el diseño geométrico de una vía, se encuentra que el software comercial que existe no es suficiente. De ahí la necesidad, de complementar el

trabajo en equipo desarrollando una herramienta informática que permita mayor eficiencia en la entrega y presentación de los resultados.

El software se realizó sobre la plataforma Visual Basic 6.0 por medio de hojas de Excel programadas por los trabajos ejecutados, los cuales permiten facilitar el desarrollo académico y profesional de los ingenieros. El software cuenta con 6 módulos de la especialización y 1 módulo adicional para la ejecución rápida de planos de diseño geométrico. En conjunto cuenta con 17 hojas ejecutables, las cuales generan diferentes reportes y también una guía de uso.

Para el desarrollo del módulo diseño geométrico y edición de planos se requieren los software Eagle Point y AutoCAD 2007, plataformas que generan los reportes necesarios de diseño y sobre el cual dibuja lo requerido automáticamente. El programa se está aplicando en Colombia y en el exterior.

6. Referencias

Libros

- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington.
- Montero, S. (2010). Ingeniería de Puentes.
- Transportation Research Board.National Research Council. (2000). Highway Capacity Manual. Washington. D.C.

Fuentes electrónicas

- Enciclopedia Financiera consultado 25 de Julio de 2012 en <http://www.encyclopediainanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm>
- Escuela de Ingeniería en Construcción consultado el 12 de Octubre de 2012 en http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms1/05_terzaghi_3.pdf.
- Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín consultado en 18 de Octubre de 2012 en <http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-11.pdf>.
- Instituto Nacional de Vías. Consultado en 18 de Octubre de 2012 en <http://www.invias.gov.co/>

Sobre los autores

- **Miller Humberto Salas Rondón**, Matemático, Ingeniero Civil, Doctor en Ingeniería, Profesor asociado. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, miller.salas@upb.edu.co.
- **Norma Cristina Solarte Vanegas**: Ingeniero Civil, especialista en Vías Terrestres, Profesor Asistente. Universidad Pontificia Bolivariana, norma.solarte@upb.edu.co.
- **Luis Carlos Gómez Trimiño**: Ingeniero Civil, Especialista en Vías Terrestres, Universidad Pontificia Bolivariana. Consultor Nacional. luiscar02@hotmail.com.
- **Efraín Andrés Serrano Plata**: Ingeniero Civil, Especialista en Vías Terrestres, Universidad Pontificia Bolivariana. Consultor Internacional. efrainserrano11@gmail.com.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)