

IIUD.DIMSI.Cerchas v1.0

2012



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**



**Análisis de cerchas por el
método de los nodos
(IIUD.DIMSI.Cerchas)**

Versión 1.0.0

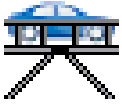
Copyright© Universidad



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRACISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA INDUSTRIAL**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Configuración	3
1.2. Resolución de las cerchas.....	4
2. Introducción IIUD.DIMSI.CERCHAS	6
2.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS	10
3. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.....	13
3.1. Requerimientos del sistema.....	13
3.2. Instalación	13
3.3. Desinstalar IIUD.DIMSI.CERCHAS	13
4. INTERFACE DE USUARIO	15



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



1. INTRODUCCIÓN

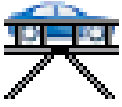
La cercha es uno de los principales tipos de estructuras empleadas en ingeniería. Proporciona una solución práctica y económica a muchas situaciones de ingeniería, especialmente en el diseño de puentes y edificios. Una armadura consta de barras rectas unidas mediante juntas o nodos. Los elementos de una cercha se unen sólo en los extremos por medio de pasadores sin fricción para formar armazón rígida; por lo tanto ningún elemento continúa más allá de un nodo.

Cada cercha se diseña para que soporte las cargas que actúan en su plano y, en consecuencia, pueden considerarse como una estructura bidimensional. Todas las cargas deben aplicarse en las uniones y no en los mismos elementos. Por ello cada cercha es un elemento sometido a fuerzas axiales directas (tracción o compresión).

1.1. Configuración

Una armadura simple se obtiene de adicionar barras a la armadura básica triangular. Debe observarse que una armadura simple no está necesariamente formada por triángulos. En una armadura simple el número total de barras es $b=2n-3$, donde n es el número total de nodos.

Cuando varias barras se unen entre sí por sus extremos para formar una configuración en tres dimensiones, la estructura obtenida se llama cercha espacial. Las condiciones de equilibrio para cada nodo se expresarán por las tres ecuaciones $\Sigma F_x=0$; $\Sigma F_y=0$ y $\Sigma F_z=0$, para evitar la resolución de muchas ecuaciones simultáneas, los nodos deberán seleccionarse cuidadosamente para descartar aquellos que contengan más de tres fuerzas desconocidas.



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



En un sistema estructural conformado por cerchas, se dispone de un sistema de arriostramiento lateral a fin de contrarrestar el desplazamiento longitudinal de la edificación debido a las fuerzas transversales.

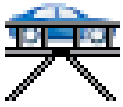
Una cercha está formada por los siguientes elementos:

- Los miembros de arriba cordón superior.
- Los miembros de abajo cordón inferior.
- Diagonales.
- Verticales Montantes o pendolones dependiendo del tipo de esfuerzo.

1.2. Resolución de las cerchas

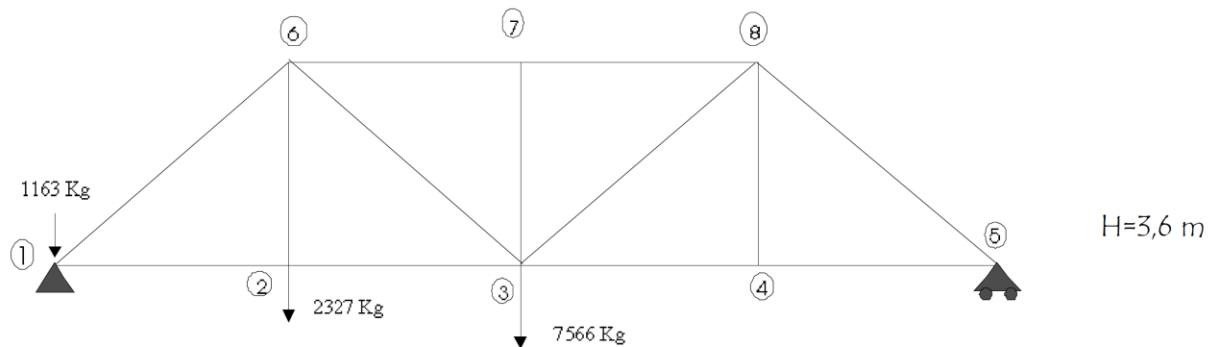
El método de los nodos se tiene que como toda la cercha está en equilibrio, cada pasador debe estar en equilibrio. El hecho de que un pasador esté en equilibrio puede expresarse haciendo un diagrama de cuerpo libre y escribiendo dos ecuaciones de equilibrio.

La distribución de nodos y barras en un armadura simple es tal que siempre es posible encontrar un nodo en que sólo haya dos fuerzas desconocidas. Estas fuerzas pueden calcularse siguiendo los métodos de equilibrio, y sus valores pueden trasladarse a los nodos adyacentes y tratarse como cantidades conocidas en dichos nodos. Este procedimiento puede repetirse hasta que se hallen todas las fuerzas desconocidas. En la figura siguiente se muestra el resultado típico de un proceso de diseño y cálculo estructural de cerchas.



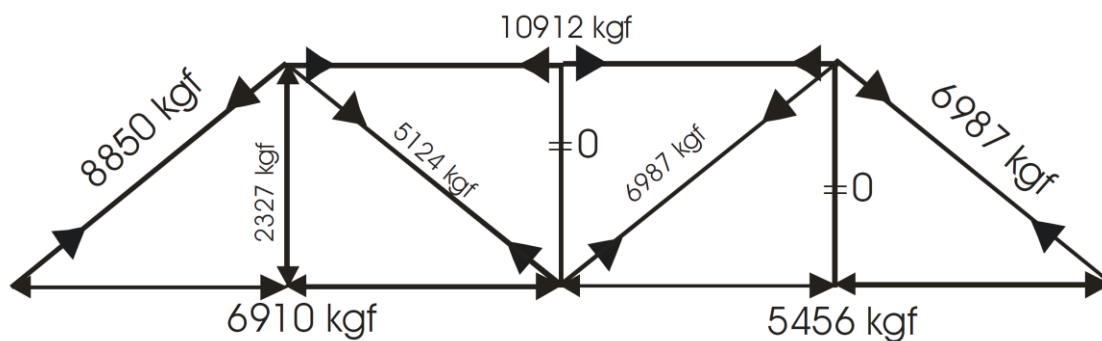
IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



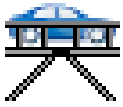
4 paneles de $4,5 \text{ m} = L = 18 \text{ m}$

Esquema de la Cercha.



Fuerzas que actúan en las barras de la cercha.

Fig 1 Planteamiento y solución típica de un proceso de cálculo y diseño estructural de cerchas.



2. Introducción IIUD.DIMSI.CERCHAS

La cercha es una de las principales estructuras usadas en ingeniería. Estas estructuras son el corazón de sistemas tan simples como anclaje de techos, pero también para estructuras complejas en edificaciones y puentes (ver Fig 2). La mecánica aplicada y la estática son la base usada para el diseño de estos componentes. Dentro del plan académico de Ingeniería Industrial en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ofrece el curso de Mecánica Aplicada. En este curso es necesario abordar temas de estática, dinámica y resistencia de materiales, lo cual conlleva a una cantidad de tema muy importante.

Existen métodos sistemáticos para el dimensionamiento de este tipo de estructuras, esencialmente se pueden nombrar dos métodos: método del elemento y método de los nodos. El objetivo que se sigue en la mayoría de los cursos universitarios, es la memorización de alguno de estos procedimientos y orientar al estudiante a solucionar problemas tipo, sin profundizar en los resultados obtenidos, ni en la geometría y sus variantes que implicaciones tendría sobre la estructura analizada.

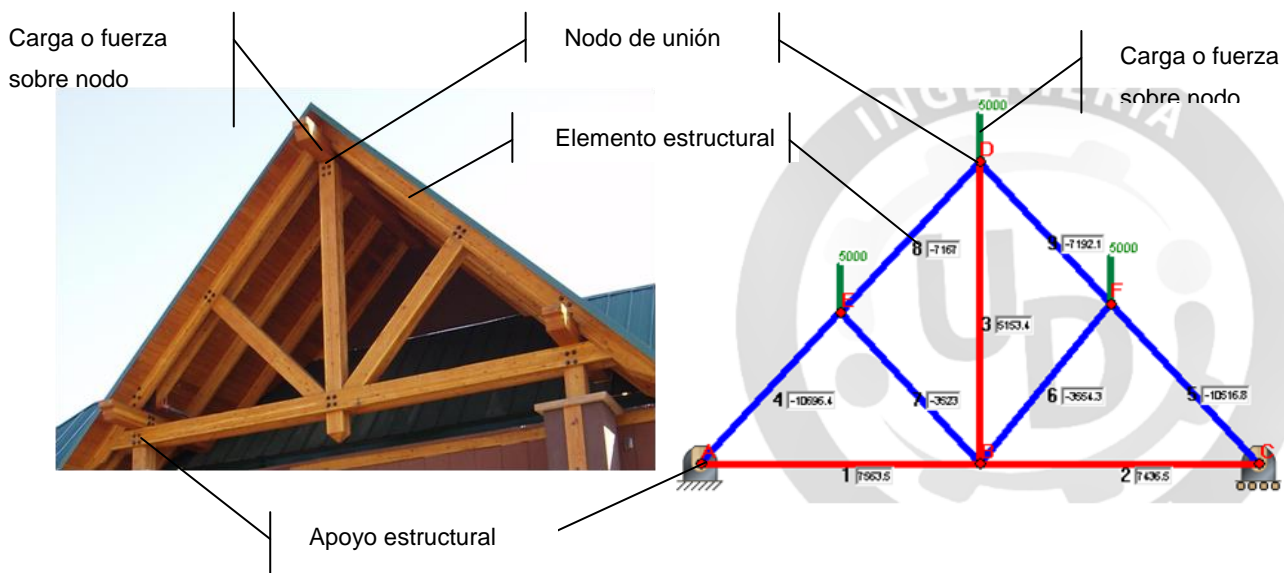
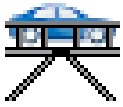


Fig 2 Partes principales de una cercha y representación esquemática (Fotografía tomada de Timberwork, Inc, USA).

El apropiamiento adecuado de este tipo de problemas, se debe orientar es más al análisis de estructuras, con lo cual el estudiante pueda hacer variaciones a una estructura base. Con este método



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

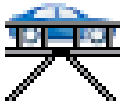
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



es más factible que el estudiante pueda determinar la distribución de cargas dentro de la estructura y como con pequeñas variaciones de la geometría conlleva a importantes cambios sobre la distribución de cargas.

El método de los nodos, para la solución de estructuras tipo cerchas, esta basado en la estática que determina que si cada nodo de una estructura esta en equilibrio la sumatoria de las fuerzas debe ser igual a cero y cada elemento debido a la tercera ley de Newton realiza una acción en carga igual en los nodos de anclaje. Con esta premisa se forma un sistema de ecuaciones por cada nodo, y con ello el sistema se convierte en una matriz la cual es solucionado según los métodos descritos por el álgebra lineal.

El software **IIUD.DIMSI.CERCHAS** fue diseñado en plataforma Microsoft® Visual Basic® 6. Su diseño permite resolver una cercha bidimensional, de geometría variable, con cargas aplicadas en los nodos de unión y usando el método de los nodos. Está constituido por una área grafica (ver Fig 3) en la cual el usuario seleccionando diferentes herramientas como apoyos, elementos estructurales o nodos de unión puede crear cualquier configuración de cercha bidimensional. La creación de cerchas se realiza de manera completamente grafica o por medio de incursión de coordenadas absolutas de igual manera que cualquier sistema CAD.



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

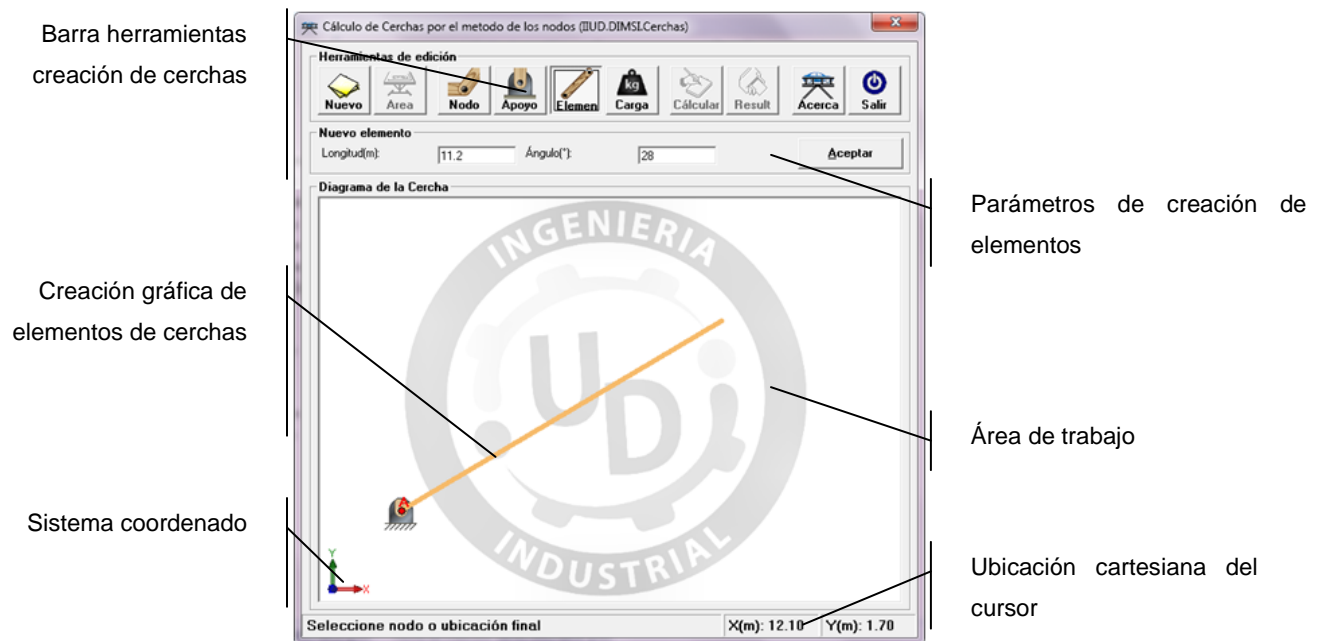
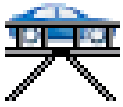


Fig 3 Partes principales Software **IIUD.DIMSI.CERCHAS**

Una vez el usuario ha definido la estructura a analizar, puede ahora ingresar las cargas o fuerzas tras seleccionar el nodo de aplicación. Con la estructura definida geoméricamente es posible proceder a calcular la estructura. Los resultados son mostrados en forma gráfica por medio de un código de colores (rojo componentes a tensión, azul componentes a compresión y color neutro sin carga) y una cifra en el centro de cada componente que corresponde con la carga sometida en la interfaz del programa.

IIUD.DIMSI.CERCHAS le permite al estudiante plantear diferentes soluciones, viendo en cada momento cuales son las consecuencias de realizar cambios sobre la geometría de la cercha. En la Fig 4 se puede ver como a partir de un diseño definido el estudiante, puede observar como el elemento 5, no está sometido a ninguna fuerza (color neutro). El estudiante toma la decisión de quitar la diagonal (elemento 9) para obligar que el elemento 5 trabaje, pero esto acarrea que la estructura no sea estable (y por ello no es posible calcular su configuración de fuerzas), pues el rectángulo central es inestable. El siguiente paso que decide realizar es agregar dos diagonales más, pero esto acarrea que ahora sean dos elementos de la estructura no soporten carga.



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

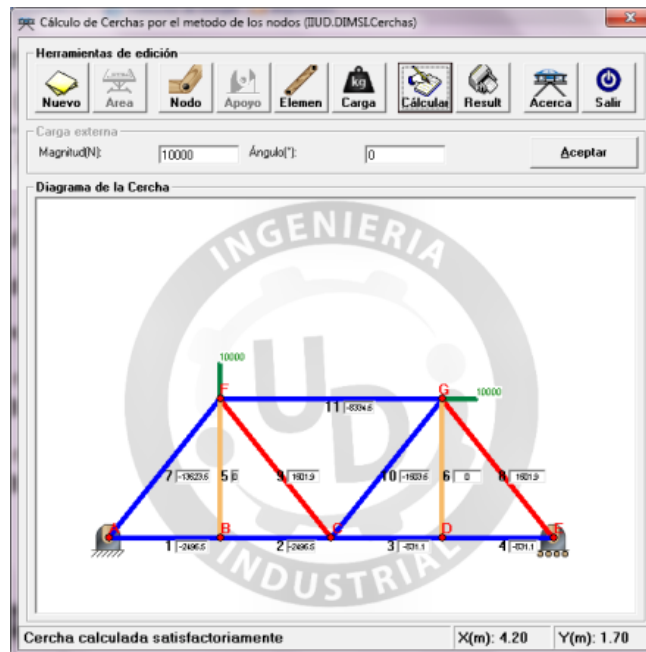
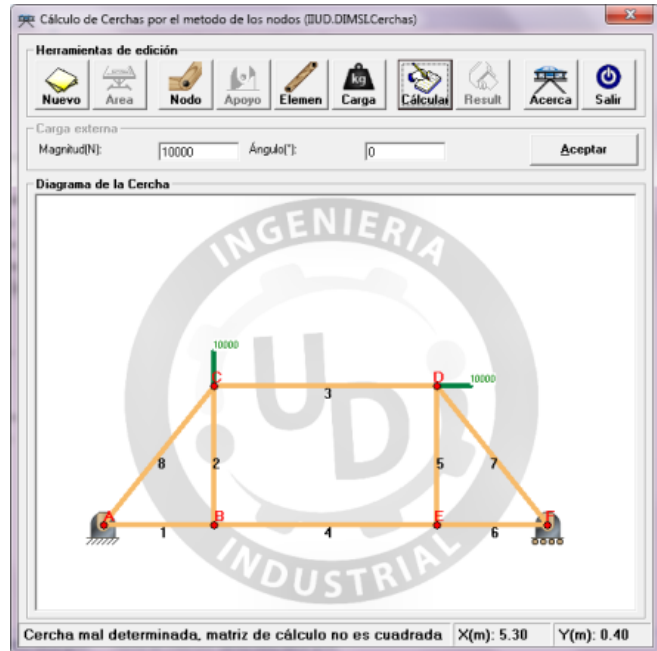
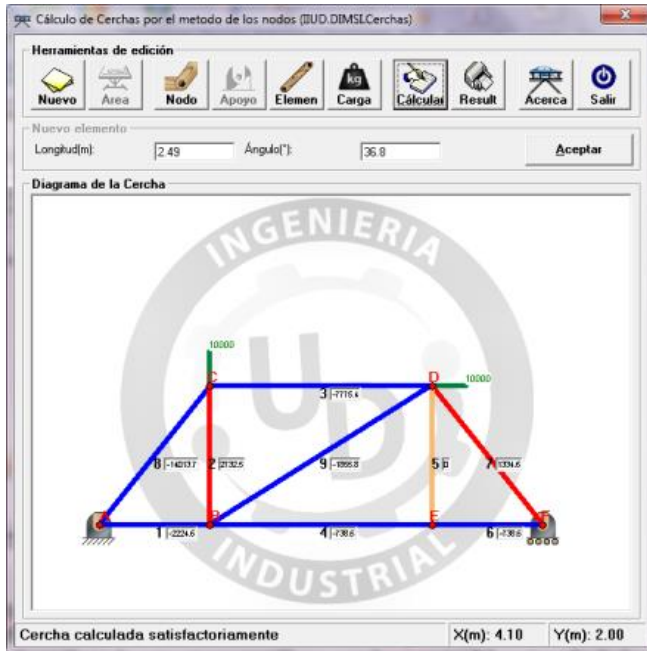
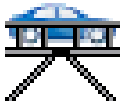


Fig 4 Ejemplo de uso software. Izq: Estructura mal diseñada no estable. Centro: Alternativa de diseño 1 y Der: Alternativa de diseño 2



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Todas estas variaciones de la estructura inicial, van permitiendo al estudiante entender como es el funcionamiento mecánico de una cercha, sin estar preocupado por el método de cálculo, el cual está completamente ceñido a una “receta” de solución.

El software de todos modos no está planteado para ser una caja negra, y por ello es posible visualizar la matriz de cálculo que fue generada para solucionar la estructura (ver Fig 5), con lo cual el estudiante puede verificar los datos obtenidos por él para la solución de forma manual del problema.

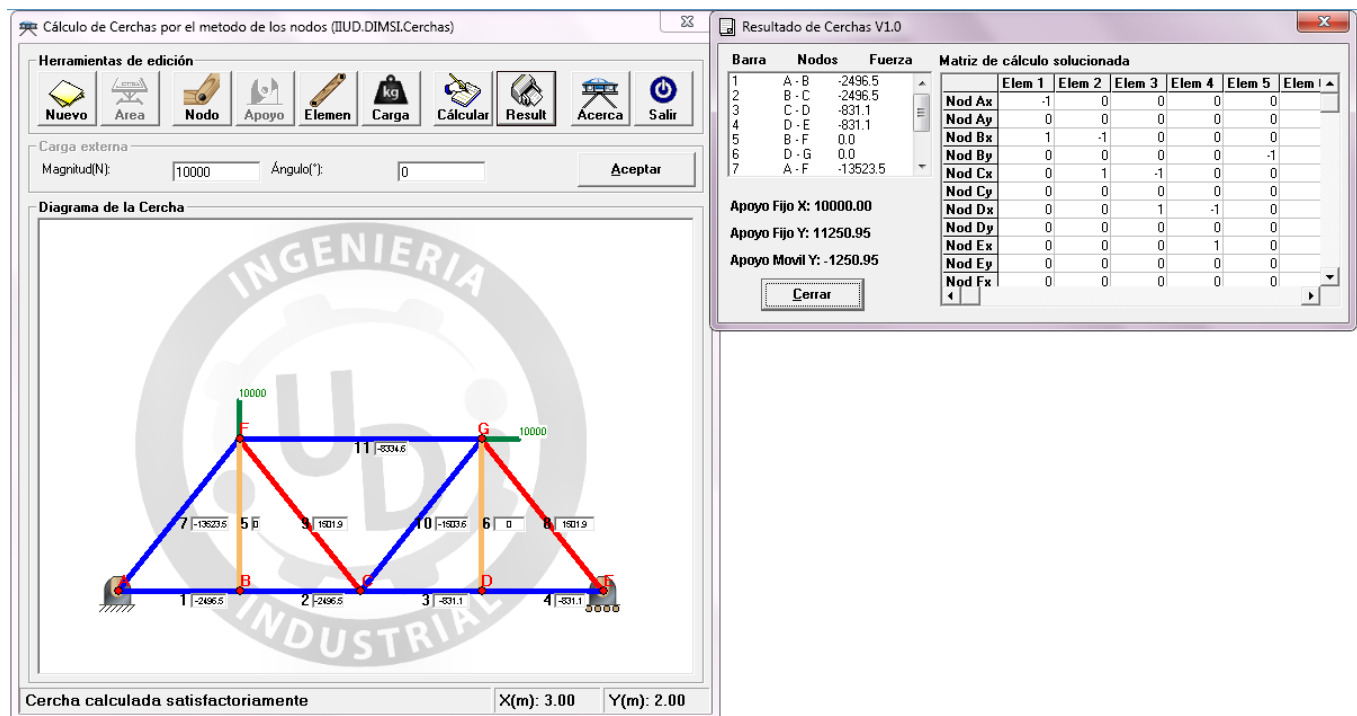
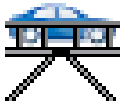


Fig 5 Visualización de matriz de cálculo y solución de apoyos en IIUD.DIMSI.CERCHAS

2.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El propósito inicial de esta etapa del trabajo no incluye la recopilación de datos numéricos referentes a la aceptación o utilidad de la implementación del software en los cursos, sin embargo si se recogieron impresiones del cuerpo docente y de algunos estudiantes alrededor de dicha alternativa.



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



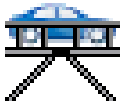
Los conceptos en términos generales se confirman unos a otros en cuanto a que se debe innovar en el aula para lograr la atención de los estudiantes, además se deben ofrecer dichas novedades vinculadas a lo que ellos manejan a diario y mantienen como un referente permanente, el recurso computacional; la penetración del recurso informático personal hace que cada vez sea su herramienta más cercana, en la mayoría de los casos mucho más cercana que una calculadora científica o un cuaderno y un bolígrafo.

La barrera del costo, licenciamiento y en últimas disponibilidad del aplicativo se rompe automáticamente, ya que el software presentado se desarrolló dentro de las actividades de investigación y desarrollo del grupo docente de la facultad de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por lo mismo se considera un software libre cuyos derechos patrimoniales le pertenecen a la universidad. Esto anterior, sumado a que los recursos de máquina requeridos son bajos, por no decir mínimos, logra que su difusión sea masiva.

En las primeras etapas de implementación se identifican retos que deberán ser superados para poder llegar a una ejecución satisfactoria, lo primero es la disponibilidad del recurso informático tipo PC o portátil, es claro que solo en la medida de contar con estos recursos para todos y cada uno de los estudiantes participantes se logrará el éxito del desarrollo; la dinámica de la clase es otra, cambia a tal punto que si solo una parte de la clase cuenta con el paquete (máquina de cómputo + software) el devenir de la sesión será lento, frustrante para todos y muy poco productivo, tanto que se podría considerar nocivo.

Por un lado se tiene un grupo de estudiantes que demandan más tiempo de cálculo para poder culminar sus ejercicios a mano que evidentemente copan cuatro o más veces el tiempo que quienes los resuelven automáticamente, por otro lado la fracción de la clase que disponen del software quieren avanzar y desarrollar mayor número de ejercicios en el mismo tiempo; mientras esto sucede el docente trata de acompañar a los dos grupos en objetivos diferentes.

El segundo reto crucial tiene que ver con la capacitación en el uso del aplicativo, estos software específicos, que resuelven tareas sencillas pero repetitivas, se deben caracterizar por tener un manejo muy sencillo, intuitivo, que siga de manera natural la secuencia de resolución ya preestablecida por el

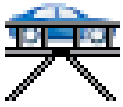


IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



trabajo manual, de lo contrario se desvía el enfoque de complementariedad y de herramienta agilizadora, por una capacitación en el uso de software y el fenómeno a comprender pasa a segundo plano.



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



3. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0 es un software diseñado en plataforma Windows® usando como lenguaje de programación Visual Basic. A continuación se hace una descripción del proceso de instalación y puesta en funcionamiento.

3.1. Requerimientos del sistema

Para ejecutar el modulo deberá tener como mínimos recursos de sistema los siguientes:

- Computador PC o compatible con procesador Pentium IV (o superior) y velocidad de procesador superior a 1.5 GHz.
- Sistema operativo: Microsoft® Windows XP/Vista/7 o superior
- Espacio libre en disco duro: 50 Mb.
- 512 Mb de memoria extendida RAM

3.2. Instalación

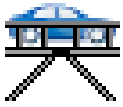
Para la instalación del software de adquisición y configuración en su computador, se deben seguir los siguientes pasos:

- Inicie Windows™ introduzca el CD en la unidad E. (Donde la letra E corresponde al nombre de la unidad de CD, disponible en su computador)
- Entre al Explorador de Windows™ y seleccione la unidad correspondiente donde se encuentre los instaladores (Unidad E o F), luego entre a la Carpeta Instaladores.
- Ejecute el programa **SETUP** de esta unidad, Con este comando se inicia el programa de instalación.
- Siga cuidadosamente cada uno de los pasos que el programa le indique.

3.3. Desinstalar **IIUD.DIMSI.CERCHAS**

Para desinstalar el software **IIUD.DIMSI.CERCHAS** de su sistema, debe seguir los siguientes pasos:

- Inicie Microsoft® Windows™, si no ha sido iniciado anteriormente.

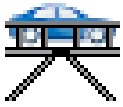


IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



- Haga clic en **Configuración/Panel de control** del menú **Inicio**, Ahora haga doble clic sobre el icono **Adicionar/Quitar Programas**, De la lista de programas que pueden ser desinstalados, haga clic en **IIUD.DIMSI.CERCHAS**, y siga cuidadosamente las instrucciones que aparecerán en pantalla.



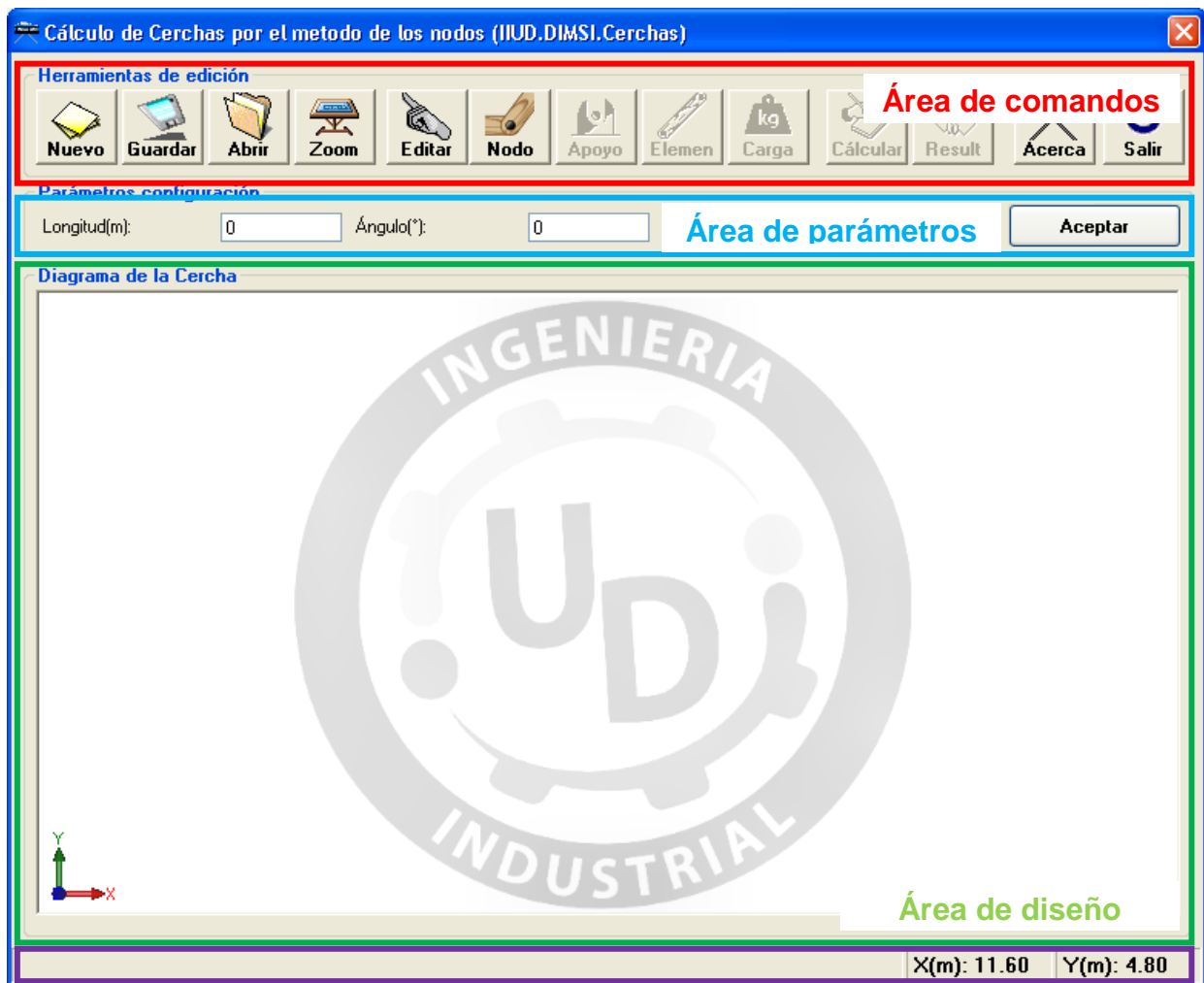
IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



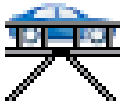
4. INTERFACE DE USUARIO

La interfaz del usuario del software **IIUD.DIMSI.CERCHAS** se muestra en la Fig 6. A continuación se hace una breve descripción de cada una de las áreas del software.



Área de mensajes

Fig 6 Partes y áreas principales del software





IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

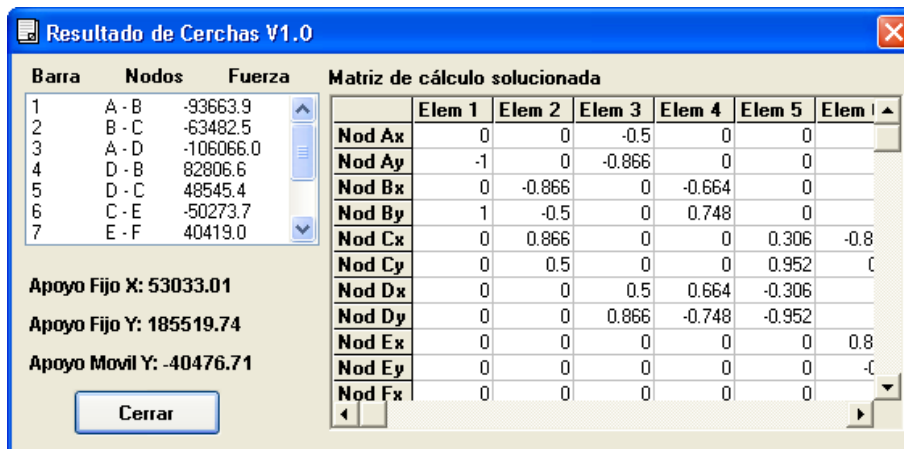
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



- **Área de comandos:** Agrupa los botones usados para activar las diferentes acciones/comandos del software. Los botones se activan desactivan de acuerdo a la etapa de diseño disponible.
- **Área de parámetros:** Agrupa los botones usados para activar las diferentes acciones/comandos del software. Su configuración y etiquetas cambian de acuerdo al comando seleccionado.
- **Área de diseño:** Región disponible para la edición y visualización de la estructura en proceso de diseño. Obedece a varios comandos de selección manual por uso del botón izquierdo del mouse.
- **Área de mensajes:** Muestra los mensajes de error o sugerencias generados por el software durante el proceso de diseño.

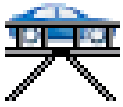
Una vez la cercha se encuentra completamente determinada y se procede a calcular su solución

mediante el accionamiento del comando , es posible accionar el comando , con lo cual se despliega la ventana de visualización de resultados y matriz de cálculo mostrada en la Fig 7. Las filas de la matriz de cálculo corresponde a las ecuaciones relacionadas por cada nodo en las dos direcciones, mientras las columnas obedecen a la relación geométrica de dirección de los elementos o barras. Los resultados del cálculo de los apoyos se muestran en la sección lateral izquierda.



Barra	Nodos	Fuerza	Matriz de cálculo solucionada					
			Elem 1	Elem 2	Elem 3	Elem 4	Elem 5	Elem 6
1	A - B	-93663.9						
2	B - C	-63482.5						
3	A - D	-106066.0						
4	D - B	82806.6						
5	D - C	48545.4						
6	C - E	-50273.7						
7	E - F	40419.0						
Apoyo Fijo X: 53033.01								
Apoyo Fijo Y: 185519.74								
Apoyo Movil Y: -40476.71								
<input type="button" value="Cerrar"/>								
Nod Ax			0	0	-0.5	0	0	
Nod Ay			-1	0	-0.866	0	0	
Nod Bx			0	-0.866	0	-0.664	0	
Nod By			1	-0.5	0	0.748	0	
Nod Cx			0	0.866	0	0	0.306	-0.8
Nod Cy			0	0.5	0	0	0.952	0
Nod Dx			0	0	0.5	0.664	-0.306	
Nod Dy			0	0	0.866	-0.748	-0.952	
Nod Ex			0	0	0	0	0	0.8
Nod Ey			0	0	0	0	0	-0.8
Nod Fx			0	0	0	0	0	0

Fig 7 Ventana de visualización de resultados y matriz de cálculo



IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0


PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

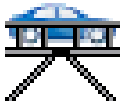


Se puede visualizar en el dibujo el resultado calculado para cada elemento si se hace clic sobre un ítem de la lista mostrada en la parte superior izquierda, una vez se selecciona el elemento es resaltado en verde brillante.

En la Tabla 1 se hace una descripción pormenorizada de los botones y comandos gráficos disponibles dentro del software. Cada comando puede estar o no habilitado de acuerdo a la configuración y etapa de diseño alcanzada por el usuario.

Tabla 1 Botones de interfaz y comandos del programa

N°	NOMBRE	ICONO	FUNCIÓN
1	Nuevo proyecto		Elimina los elementos dibujados en la cercha actual y permite el ingreso de toda una nueva estructura
2	Guardar proyecto		Almacena en disco el proyecto diseñado
3	Abrir proyecto		Abre un proyecto almacenado en disco
4	Tamaño del área del dibujo		Cambia el tamaño del área de diseño y la relación de escala entre el ancho y el alto de la cercha.
5	Editar elemento estructural		Permite que el usuario seleccione un elemento del dibujo para editarlo. Se debe seleccionar esta herramienta y luego hacer clic sobre el elemento que se desea editar.
6	Crear Nodo		Permite que el usuario cree un nodo por ubicación X,Y o haciendo click sobre el área de diseño
7	Seleccionar nodo de apoyo		Permite que el usuario seleccione un nodo donde se instalaran alguno de los dos apoyos disponibles de la estructura: Nodo fijo en las dos direcciones o nodo móvil en la dirección X




IIUD.DIMSI.CERCHAS v1.0

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Tabla 1 Botones de interfaz y comandos del programa (continuación)

N°	NOMBRE	ICONO	FUNCIÓN
8	Crear elemento estructural o barra		Crea un elemento estructural o barra mediante la selección de un nodo y su ubicación final por coordenadas XY o longitud ángulo de la barra (crea automáticamente el segundo nodo). También es posible seleccionar dos nodos ya existentes
9	Crear o editar carga estructural		Agrega o edita la carga aplicada en un nodo de la estructura, mediante la selección del nodo y configuración de magnitud con ángulo de aplicación. Si la fuerza es positiva la carga va hacia el nodo.
10	Calcular fuerzas en la estructura		Calcula la distribución de fuerzas internas de la estructura, mostrando en colores el tipo de sollicitación y magnitud.
11	Ver resultados		Muestra la matriz de cálculo asociada a la estructura y los resultados obtenidos
12	Acerca del programa		Despliega una ventana indicativa de los desarrolladores. Acceso directo a la ayuda del programa
13	Salir del proyecto		Finaliza la aplicación