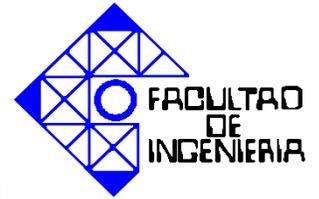




**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ING. ESTRUCTURAL**



**AJUSTE DEL PROGRAMA STRUSMART,
CONSIDERANDO LA DISTRIBUCIÓN DE LAS
LOSAS MACIZAS Y NERVADAS PARA
DETERMINAR LAS SOLICITACIONES SOBRE
LOS ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA
APORTICADA EN 3 DIMENSIONES.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL.**

Elaborado por:

Méndez Eduardo C.I. 17.789.380
Carrasquel Alejandro C.I. 17.985.024

Tutor:

PROF.: ING. POCATERRA ALEJANDRO.
PROF.: ING. QUINTANA JOSE.
PROF.: ING. RAMIREZ L. CARLOS.
PROF.: ING. RUSSO GIOVANNI.

Valencia 8 de Octubre 2011

DEDICATORIA

Este trabajo especial de grado, se lo dedicamos en primer lugar a Dios por iluminarnos en nuestro camino, por permitirnos alcanzar este objetivo.

A nuestros Padres y toda nuestra familia por el apoyo incondicional brindado durante toda nuestra carrera.

A nuestras amigas y amigos quienes nos apoyaron a no perder el ánimo de seguir adelante y logren alcanzar todas sus metas.

A las personas que nos han dado toda su confianza, nos han acompañado en parte de nuestras vidas y han sido nuestro apoyo emocional.

Eduardo Mendez & Alejandro Carrasquel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecemos a dios por otorgarnos la vida, salud, fortaleza y guía durante todo nuestro camino para logra las metas que nos propusimos al comenzar esta prestigiosa carrera.

A la reconocida Universidad de Carabobo por brindarnos la oportunidad de obtener conocimientos para una profesión y la vida.

A nuestros tutores, en especial al prof. Ing Alejandro Pocaterra y a la prof. Ing Mariela Aular por ofrecernos su apoyo y por dedicarnos su tiempo de manera incondicional para ayudarnos a cumplir satisfactoriamente con éste objetivo.

A todos nuestros familiares en especial a nuestros padres Yaritza Mendoza, Eduardo Mendez y Miriam Carrasquel por darnos todo lo necesario y nunca dejarnos solos en todo este tiempo dándonos el ejemplo y la motivación necesaria para lograr todo lo que deseamos.

A nuestro amigos Luis Pinto y Juan Carlos Romero por ofrecernos su ayuda desinteresada para lograr nuestro propósito.

Mención especial de Alejandro Carrasquel a Chardeliz Quintero por compatir en las buenas y en las malas, alcanzando esas metas que un día trazamos.

GRACIAS A TODOS POR ESTAR SIEMPRE PRESENTES..!!

Eduardo Mendez & Alejandro Carrasquel

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
LISTA DE ILUSTRACION	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCION.....	8
CAPITULO I.....	10
1 EL PROBLEMA	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	12
1.2.1 <i>Objetivo general:</i>	12
1.2.2 <i>Objetivos específicos:</i>	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	14
1.4 DELIMITACIONES:	16
CAPITULO II.....	18
2 MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 BASES TEÓRICAS:.....	19
2.2.1 <i>Análisis Estructural:</i>	19
2.2.2 <i>Procedimiento del método de los desplazamientos:</i>	20
2.2.3 <i>Momentos de empotramiento perfecto:</i>	21
2.2.4 <i>Cálculo de Cargas</i>	22
2.2.4.1 Cargas Muertas.....	22
2.2.4.2 Cargas Vivas	23
2.2.4.3 Cargas Eólicas o de Viento:.....	24
2.2.4.4 Cargas de Sismo:.....	25
2.2.5 <i>Predimensionado de los elementos estructurales</i>	26
2.2.5.1 Las losas	26
2.2.5.1.1 Predimensionado de losas macizas:.....	27
2.2.5.1.2 Pre dimensionado de losas nervadas:.....	27
2.2.5.2 Losas en una dirección:.....	28
2.2.6 <i>Diseño por flexión</i>	29
2.2.7 <i>Limitaciones dimensionales de las losas nervadas</i>	30
2.2.7.1 Nervios longitudinales	30
2.2.7.2 Nervios transversales.....	30
2.2.8 <i>Recubrimiento mínimo del acero de refuerzo</i>	31
2.2.9 <i>Deflexiones máximas en losas</i>	32
2.2.10 <i>Longitud de transferencia del acero de refuerzo:</i>	33
2.2.11 <i>Aceros de refuerzo longitudinal para momentos negativos:</i>	34
2.2.12 <i>Anclaje del acero de refuerzo longitudinal</i>	34
2.2.13 <i>Gancho estándar</i>	36
2.2.14 <i>Longitud de transferencia del acero de refuerzo</i>	36
2.2.15 <i>Transmisión de cargas entre elementos estructurales:</i>	37
2.2.15.1 Identificar las losas.	38
2.2.15.2 -Análisis de cargas.....	38

2.2.15.3	Calculo de solicitaciones.	38
2.2.15.4	-Transferencia de cargas.	38
CAPITULO III	.....	40
3	MARCO METODOLOGICO	40
3.1	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2	INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LOSAS.	41
3.3	DATOS DE ENTRADA	41
3.4	GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA.....	42
3.5	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	42
3.6	CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIZACIÓN	43
3.7	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....	43
3.8	CLASIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	43
3.9	DISTRIBUCIÓN DE LOSAS DE ENTREPISO Y TECHO	43
3.10	CÁLCULO DE SOLICITACIONES SOBRE LAS LOSAS	44
3.11	CÁLCULO DE LOS DIAGRAMAS DE CORTE Y MOMENTO.	50
3.12	CÁLCULO DE ACEROS DE REFUERZO	52
3.13	PREDIMENSIONADO DE VIGAS Y COLUMNAS	59
3.14	CARGAS ADICIONALES ACTUANTES	59
CAPITULO IV	.....	60
4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	60
4.1	REQUISITOS DEL SOFTWARE	61
4.1.1	<i>Comparación del resultado del calculo estructural por STRUSMART con métodos y programas ya certificados</i>	61
4.1.1.1	Valores de momentos arrojados por el programa SAP 2000.	61
4.1.1.2	Valores arrojados por el programa STRUSMART.	63
4.1.2	<i>Comparación del despiece arrojado por STRUMART con los resultados del procedimiento manual</i>	64
4.1.2.1	Acero propuesto por programa STRUSMART.	64
4.1.2.2	Acero propuesto por calculo manual.....	65
4.2	MANUAL DEL USUARIO	65
4.2.1	<i>Abrir un proyecto</i>	67
4.2.2	<i>Iniciar un proyecto</i>	68
4.2.3	<i>Carga de datos</i>	69
4.2.3.1	Característica de la Estructura.....	70
4.2.4	<i>Carga de elementos en volados</i>	71
4.2.5	<i>Predimensionado</i>	72
4.2.6	<i>Losas</i>	74
4.2.6.1	De la respuesta ser afirmativa “si”	76
4.2.6.2	De la respuesta ser negativa “no”	77
4.2.7	<i>Columnas</i>	80
4.2.8	<i>Pórticos Cargados</i>	81
CONCLUSIONES	.....	85
RECOMENDACIONES	.....	86
BIBLIOGRAFIA	.....	87

LISTA DE ILUSTRACION

<i>ILUSTRACIÓN 1. MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO.....</i>	21
TABLA 1. RELACIÓN ENTRE LUZ EFECTIVA Y ESPESOR DE LAS LOSAS MACIZAS CONSIDERANDO LOS TIPOS DE APOYOS	27
TABLA 2. RELACIÓN ENTRE LUZ EFECTIVA Y ESPESOR DE LAS LOSAS NERVADAS CONSIDERANDO LOS TIPOS DE APOYOS..	27
<i>ILUSTRACIÓN 2. RELACIÓN LARGO / ANCHO.....</i>	28
TABLA 3. RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS PARA PLACAS.....	32
TABLA 3. DEFLEXIONES MÁXIMAS EN LOSAS:	32
TABLA 4. FLECHAS MÁXIMAS PERMISIBLES EN ELEMENTOS A FLEXIÓN.....	33
TABLA 5. FACTORES DE MODIFICACIÓN DE LA LONGITUD DE TRANSFERENCIA.....	35
TABLA 6. FACTOR DE MODIFICACIÓN λd_h PARA LA LONGITUD DE ANCLAJE.....	36
<i>ILUSTRACIÓN 3- ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO PARA TRANSMITIR LAS CARGAS DE LAS LOSAS A LA ESTRUCTURA</i>	37
<i>ILUSTRACIÓN 5- DIAGRAMA DE FLUJO PARA CALCULO DE DIAGRAMAS DE CORTE Y MOMENTO</i>	51
<i>ILUSTRACIÓN 6- DIAGRAMA DE FLUJO PARA SELECCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO</i>	53
<i>ILUSTRACIÓN 7- DIAGRAMA DE MOMENTOS SAP 2000.....</i>	62
TABLA 7. COMPARATIVA DE CALCULO.....	63
<i>PANTALLA 1. BÚSQUEDA DE STRUSMART EN EL MENÚ INICIO DE WINDOWS.....</i>	66
<i>PANTALLA 2. PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE.....</i>	66
<i>PANTALLA 3. MENÚ DE ARCHIVO DE LA PANTALLA PRINCIPAL.....</i>	67
<i>PANTALLA 4. COMANDO NUEVO ARCHIVO, OPCIÓN GUARDAR.....</i>	68
<i>PANTALLA 5. PANTALLA DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....</i>	69
<i>PANTALLA 6. CARGA DE DATOS DE LA ESTRUCTURA.....</i>	70
<i>PANTALLA 7- CARGA DE DATOS DE LOS ELEMENTOS EN VOLADOS EN LA DIRECCIÓN "X".....</i>	71
<i>PANTALLA 8- CARGA DE DATOS DE LOS ELEMENTOS EN VOLADOS EN LA DIRECCIÓN "Z".....</i>	72
<i>PANTALLA 9- SELECCIÓN DEL TIPO DE ELEMENTO A PRE DIMENSIONAR.....</i>	73
<i>PANTALLA 10- SELECCIÓN Y CARGA DE DATOS DE LA LOSA DE TECHO.....</i>	74
<i>PANTALLA 11- SELECCIÓN DEL NIVEL EN QUE SE REALIZARA LA DISTRIBUCIÓN DE LOSAS.....</i>	75
<i>PANTALLA 12- SELECCIÓN DE LA PRIMERA LOSA DE ENTREPISO CON SUS RESPECTIVOS DATOS.....</i>	76
<i>PANTALLA 13- ÚNICAMENTE ACTÚAN CARGAS DE SERVICIO SOBRE LA LOSA.....</i>	77
<i>PANTALLA 14- PANTALLA DE CARGAS ADICIONALES PARA LAS LOSAS.....</i>	78
<i>PANTALLA 15- VENTANA DE REACCIONES, ACEROS POSITIVOS Y NEGATIVOS REQUERIDOS POR LA LOSA PARA LA CONFIGURACIÓN DE CARGAS ELEGIDA.....</i>	79
<i>PANTALLA 16- VENTANA DE DISTRIBUCIÓN DE ACERO A COLOCAR Y CÓMPUTOS MÉTRICOS.....</i>	79
<i>PANTALLA 17- PLANTA CON DISTRIBUCIÓN DE LOSAS.....</i>	80
<i>PANTALLA 18- SELECCIÓN DEL TIPO Y FORMA DE COLUMNA A PRE DIMENSIONAR.....</i>	81
<i>PANTALLA 19- VISTA DE UN PÓRTICO EN X DE LA ESTRUCTURA.....</i>	82
<i>PANTALLA 21- SELECCIÓN DE CALCULAR.....</i>	83
<i>PANTALLA 22- OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....</i>	84
<i>PANTALLA 23- REACCIONES EN LOS ELEMENTOS.....</i>	84



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL



AJUSTE DEL PROGRAMA STRUSMART, CONSIDERANDO LA DISTRIBUCIÓN DE LAS LOSAS MACIZAS Y NERVADAS PARA DETERMINAR LAS SOLICITACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA EN 3 DIMENSIONES.

Autores:

Mendez M. Eduardo A..
Carrasquel Alejandro J.

Tutor: Ing. Pocaterra Alejandro
Ing. Quintana Jose.

Año: 2011

RESUMEN

Este trabajo especial de grado tiene como motivo principal continuar el desarrollo del programa de cálculo estructural STRUSMAR para así contribuir al desarrollo de una biblioteca de programas de análisis estructural por la escuela de Ingeniería Civil para ser aplicada al diseño estructural, que sea de fácil acceso a los estudiantes y profesionales; mediante la elaboración de un software para el cálculo, pre dimensionado y evaluación de las fuerza sísmica de sistemas porticados en 3 dimensiones. Manteniendo los lineamientos planteados en la fase inicial de este proyecto, ser un programa que produzca resultados “confiables”, “amigable” con el usuario y de “fácil manejo”. Este Trabajo ha creado una serie de ajustes que se han integrado a la versión anterior que han aumentado el alcance de esta herramienta.

INTRODUCCION

Gracias a el avance de la tecnología en el área de la computación (software) que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas en el área en la que este, este aplicado.

En la construcción civil el proceso de diseño de cálculo de estructuras implica un proceso que comprende en primera instancia definir adecuadamente la configuración estructural, el pre dimensionado de los elementos estructurales, inclusión del sismo para la aplicación de los métodos de análisis estructurales que a menudo son muy extensos laboriosos, Actualmente los criterios de cálculos son los mismos a los utilizados en el siglo XVIII solo que ahora con el incremento de la creatividad y la capacidad constructiva, la complejidad de dichas estructuras se ha incrementado exponencialmente al igual que sus cálculos, trayendo esto como consecuencia la necesidad de simplificar la metodología del cálculo estructural, siendo los software uno de los principales instrumentos para lograr este objetivo.

En la universidad de Carabobo, Facultad de ingeniería en la escuela de civil se ha estado desarrollando un programa de cálculo estructural STRUSMART que posee además de las cualidades básicas de entregar cálculos de manera rápida, segura y confiable, da al estudiantado la posibilidad de acceder con mayor facilidad a el producto debido a sus bajos costos, de ahí el interés de ampliar el alcance de este

software contemplando todas las cargas de servicio a través de la distribución de losas que se haya propuesto en el proyecto.

Cabe destacar que para utilizar el programa STRUSMART versión 3.0, el cual presenta unos ajustes adicionales a la versión anterior no es necesario conocer la investigación anterior realizada ya que los datos de entradas que solicita el programa son mencionados y detallados en esta investigación previa.

El presente trabajo especial de grado está conformado por cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación. El capítulo uno comprende el planteamiento del problema, los objetivos del trabajo, la justificación del mismo, sus alcances y limitaciones. El capítulo dos expone los fundamentos teóricos, en los cuales se basó la elaboración del software. El capítulo tres explica la metodología aplicada para la elaboración del trabajo. El capítulo cuatro muestra y explica el manual de usuario del software elaborado, y también se exponen las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

CAPITULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La humanidad desde el principio de los tiempos ha tratado de optimizar dentro de sus alcances todo tipo de actividades con el fin de mejorar producción, disminuir tiempos de ejecución de actividades o simplemente un aumento de comodidad. Los software no escapan de estos precedentes y se han convertido en una de las mejores herramientas para simplificar en lo posible todo tipo de labores en la vida cotidiana de cualquier persona.

En el presente existe una variada gama de herramientas de programación que abarcan los distintos campos dentro de la ingeniería, manteniendo por ejemplo complejos aeropuertos en perfecta sincronización o simplemente está presente en la máquina de café exprés donde se pulsa un botón para disfrutar de esta bebida caliente en menos de un minuto, esto entre otros infinitos problemas pequeños y grandes que la ingeniería puede resolver con la aplicación de un programa de computación adecuado. La ingeniería civil no es la excepción, también han surgido programas con propósitos de acelerar los cálculos que quitan una cantidad de tiempo considerable.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo se ha tenido la iniciativa de crear un proyecto que contempla la creación de un software adaptado a las necesidades del estudiantado y gremio profesional de todo el país, se sabe que en cuanto a ingeniería estructural se refiere existen ya una serie de programas muy conocidos en el ramo, que en algunos casos los estudiantes y profesionales de la Ingeniería Civil presentan limitantes con respecto al uso de estos por su elevado costo, difícil acceso, una falta de adaptabilidad a las normativas venezolanas además, de la escasa interfaz que poseen y finalmente la dificultad para entender el idioma con que fue creado, trayendo esto como consecuencia poca eficiencia a la hora de calcular.

En esta investigación se tiene como propósito proseguir con la elaboración y mejora del Programa de Cálculo Estructural STRUSMART, enfocándolo en la elaboración de un programa de fácil acceso, con una manipulación sencilla para el usuario y todo esto en el idioma castellano que es el que oficialmente se maneja en el país y en América latina.

STRUSMART es un software de cálculo estructural creado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, el cual se encuentra en un proceso de desarrollo que ha cumplido dos etapas previas en donde se lograron resultados satisfactorios, pero sin embargo quedaron algunas limitaciones aun por cubrir, entre las cuales se pueden nombrar:

- ¿De qué manera crear un software que permita definir y calcular en su totalidad las losas de entepiso y de techo de una superestructura considerando las cargas de servicio de cada una de ellas?
- ¿Cómo diseñar un programa de cálculo estructural que se ajuste a las exigencias de la normativa venezolana?
- ¿De qué modo se podrán transmitir las cargas a las vigas que constituyen los pórticos de las superestructuras con las solicitaciones previamente calculadas provenientes de las reacciones de las losas sobre sus apoyos?
- ¿Cómo el software podrá mostrar las vistas de los pórticos que conforman la estructura con sus respectivas solicitaciones derivadas de las losas?
- ¿Cómo se logrará usando el lenguaje de programación visual basic solventar las necesidades anteriormente expuestas?

1.2 Objetivos de la investigación:

1.2.1 Objetivo general:

- Ajustar el programa STRUSMART, considerando la distribución de las losas macizas y nervadas para determinar las solicitaciones sobre los elementos de una estructura aporricada en 3 dimensiones.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Investigar los métodos estructurales necesarios para el ajuste del software STRUSMART, los cuales permitan incorporar las cargas proporcionadas por las losas a la estructura adaptando dicha metodología al lenguaje de programación Visual Basic para facilitar la interfaz del programa.
- Determinar los diagramas de flujo del método de cálculo estructural seleccionado para el análisis de las losas nervadas y macizas de las estructuras, con las solicitaciones debido a las cargas inicialmente establecidas en el software en la versión 1.0; con el fin de codificar dicho sistema utilizando el lenguaje de programación Visual Basic.
- Integrar los diagramas de flujo del método de cálculo de las losas nervadas y macizas con los que actualmente posee el programa STRUSMART, para el diseño del sistema de pórticos en la estructura y su posterior representación gráfica con sus respectivas solicitaciones.
- Adaptar un método sobre el lenguaje de programación de Visual Basic que posibilite al usuario la entrada y la corrección de datos necesarios para el cálculo estructural de losas de una manera sencilla; para luego obtener los resultados derivados de dichos cálculos y realizar su respectiva interpretación.

1.3 Justificación

En los últimos tiempos se ha presenciado un auge en la tecnología que ha ocasionado en gran parte del sector de la informática, un importante avance y este se ha traducido a su vez, en un gran número de software creados con la finalidad de simplificar el trabajo en la rama de la ingeniería civil. Dichos programas son hechos a nivel internacional en distintos países en el extranjero y con un idioma diferente al propio, haciendo complicada la comprensión para el usuario venezolano ó de habla hispana, además de estar diseñados sobre la base de las normativas utilizadas en el extranjero. Todo esto hace necesario construir programas que además de fácil acceso, sean académicos de rigor y se encuentren enmarcados dentro de las normativas venezolanas, dado que en ciertos casos además de no concordar con las normas venezolanas, se le agrega otra variable de consideración como lo son: Los elevados costos de las licencias originales. Todo esto beneficiando a la comunidad en general disminuyendo los tiempos de ejecución de proyectos, minimizando los costos y con esto facilitando la incursión de mas personas en la rama de la construcción.

En la Facultad de Ingeniería con la creación del programa STRUSMART, se pretende fomentar el uso de las nuevas tecnologías en el proceso de aprendizaje del diseño y cálculo estructural del estudiantado de ingeniería civil, aprovechando la facilidad de manejo del programa en la inclusión de sus datos así como obtención de resultados, lo cual es uno de los propósitos de la concepción de las herramientas tecnológicas y; en un futuro próximo al estar consumado el software, brindar a todos

los usuario ya no solo en la facultad si no a nivel nacional un programa de cálculo estructural académico confiable y de fácil acceso.

Este programa se está realizando con los conocimientos adquiridos durante toda la formación del pregrado y con las investigaciones realizadas de los diferentes procedimientos para el cálculo estructural existentes tales como métodos de análisis matricial (método de los desplazamientos) entre otros, con el fin de ayudar a la solución de los diferentes problemas presentados en el diseño de sistemas estructurales.

1.4 Delimitaciones:

El siguiente trabajo especial de grado, tendrá como finalidad la creación de un software de aplicación, bajo un lenguaje de programación mayormente grafico, el mismo se basa en el cálculo y el diseño de los sistemas estructurales de pórticos en 3 (tres) dimensiones; Tomando en cuenta las distintas distribuciones de losas que puede tener por piso una edificación, quedando esto a criterio del diseñador. Luego de conocer las solicitaciones sobre las losas obtener la distribución adecuada del acero de refuerzo y mostrar los pórticos que conforman la estructura con las respectivas cargas que actúan sobre estos.

Este trabajo especial de grado, comprenderá el estudio y diseño únicamente de losas macizas y nervadas en una dirección, para un sistema aporticado en (tres) dimensiones, pudiendo existir diferencias entre la distribución de losas por piso.

Por otra parte se considera únicamente estructuras de concreto armado para el desarrollo del programa.

El software está diseñado para que las losas macizas carguen en una sola dirección de pórticos en la estructura sin importar su relación ancho/largo.

La escaleras se diseñaran únicamente de tipo continua de placa a placa como losas macizas siempre previendo las cargas adicionales que tendrán que incluirse para el cálculo de la misma.

Quedara a criterio del proyectista el uso de nervios transversales de arriostamiento y el acero colocado en el mismo.

El programa solo considerara losas con un espesor constante a lo largo de toda su longitud.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

RIVAS, VARGAS (2009) *“Diseño de un programa para la solución de sistemas aporticados en 3 dimensiones”*.

“Este trabajo especial de grado tiene como motivo principal contribuir al desarrollo de una biblioteca de programas de análisis estructural por la escuela de Ingeniería Civil para ser aplicada al diseño estructural, que sea de fácil acceso a los estudiantes y profesionales...”

LINARES, CASTELLANOS (2010) “Ajuste del programa STRUSMART, considerando las estructuras en volados y los diferentes tipos de cargas de los sistemas aporticados en tres dimensiones”

“Este trabajo especial de grado tiene como motivo principal continuar el desarrollo del programa de cálculo estructural STRUSMART, tomando en cuenta estructuras en volados, diferentes tipos de cargas (distribuidas y puntuales) las cuales se pueden colocar de forma mixta en los diferentes elementos de la estructura que se que se va analizar...

Son de gran importancia ambos trabajos porque nos permite continuar con la investigación y así aportar soluciones a las limitantes existentes para ir ajustando y mejorando el programa todo esto sin perder el norte que es conseguir un software de fácil acceso, confiable y de manejo simple para los usuarios.

2.2 Bases Teóricas:

En el comienzo de esta investigación es de suma importancia aclarar y dar a conocer los diferentes criterios y conceptos referentes a la ingeniería civil que van a permitir el buen desenvolvimiento de la misma.

2.2.1 Análisis Estructural:

Para resolver el cálculo estructural fue necesario utilizar un método que permitiera obtener las solicitaciones de una estructura hiperestática, para ello fue escogido el denominado método de los desplazamientos que determinara una matriz de rigidez y un vector de cargas asociado a la estructura para obtener una relación entre la las cargas de los elementos y los desplazamiento sobre esta para obtener las solicitaciones de las losas.

2.2.2 Procedimiento del método de los desplazamientos:

Pasos a realizar para el buen desempeño de este método.

- (1) Seleccionar un sistema Q-d completo y un sistema q-d que sean apropiados
- (2) Determinar la matriz de transformación de coordenadas $[A]$
- (3) Se determina la matriz de rigidez por cada elemento $[k^i]$
- (4) Calcular la matriz de rigidez de la estructura $[K] = \sum [A^i]^t [k^i] [A^i]$
- (5) Obtener vector de fuerza del Problema Primario $[q_0]$.
- (6) Aplicando $\sum TV=0$ se obtiene el vector cargas primarias $[Q_0]$
- (7) Calcular la matriz de flexibilidad $[F] = [K^{-1}]$
- (8) Calcular matriz de relación cargas y fuerzas $[B] = [k]_x [A]_x [F]$
- (9) Obtener vector de fuerza del problema complementario $[q_c] = [B]_x [Q_0]$
- (10) Para obtener las fuerzas y momentos finales de la estructura, a los valores obtenidos en el paso anterior se debe sumar los correspondientes al problema primario quedando de la siguiente forma $[q] = [q_0] + [q_c]$

2.2.3 Momentos de empotramiento perfecto:

Son los momentos de reacción sobre un elemento que posee la característica de que ambos extremos tienen restringidos los desplazamientos para todas sus coordenadas. Varios de los métodos de análisis estructural incluyendo el método matricial de los desplazamientos usan el concepto de momentos de empotramiento.

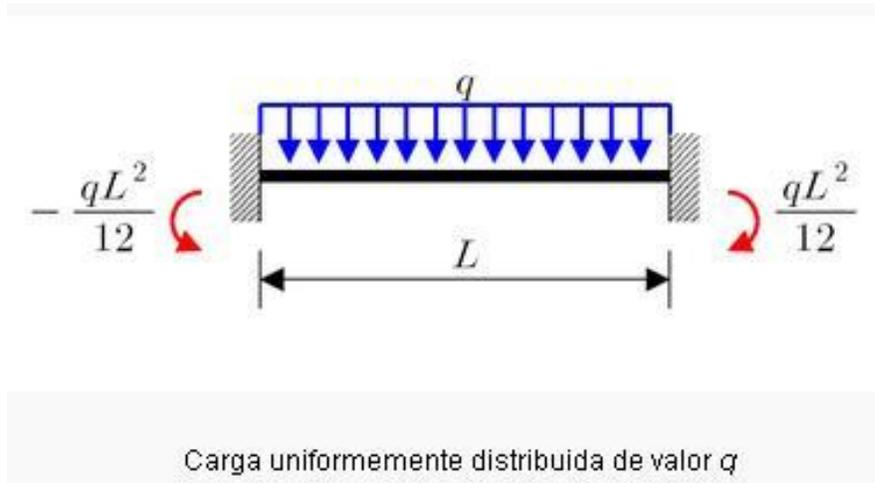


Ilustración 1. Momentos de empotramiento perfecto.

2.2.4 Cálculo de Cargas

Una de las tareas más importantes del proyectista es determinar de la manera más precisa posible el valor de las cargas que soportará la estructura durante su vida útil, así como su posición y también determinar las combinaciones más desfavorables que de acuerdo a los reglamentos pueda presentarse.

Aquí analizaremos el cálculo de los siguientes tipos de cargas:

- Cargas muertas
- Cargas vivas
- Cargas eólicas o de viento
- Cargas de Sismo

2.2.4.1 Cargas Muertas

Son aquellas cuya magnitud y posición permanecen prácticamente constantes durante la vida útil de la estructura. Consisten en los pesos de los diversos miembros estructurales y en los pesos de cualesquiera objetos que estén permanentemente unidos a la estructura, entre otros:

- Columnas
- Vigas

- Trabes
- Losas
- Muros
- Ventanas
- Plomería
- Instalaciones eléctricas y sanitarias

En algunos casos, una carga muerta estructural puede estimarse satisfactoriamente por medio de fórmulas basadas en los pesos y tamaños de estructuras similares. Con experiencia, se puede también “estimar” la magnitud de esas cargas. Sin embargo, una vez determinados los materiales y tamaños de los diversos componentes de la estructura, sus pesos pueden determinarse a partir de tablas que dan sus densidades.

2.2.4.2 Cargas Vivas

Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura. Pueden ser causadas por los pesos de los objetos colocados temporalmente sobre una estructura, por ejemplo:

- Personal.
- Mobiliario.

- Empujes de cargas de almacenes.

Las cargas mínimas especificadas en los códigos se determinan estudiando la historia de sus efectos sobre estructuras existentes. Usualmente esas cargas incluyen un margen para tener una protección contra deflexiones excesivas o sobrecargas repentinas.

Se supone que los pisos de edificios están sometidos a cargas vivas uniformes, que dependen del propósito para el cual el edificio es diseñado. Estas cargas están tabuladas en códigos locales, estatales o nacionales. Estos valores se determinaron con base en la historia de carga de varios edificios. Ellos incluyen márgenes contra la posibilidad de sobrecarga debido a cargas de construcción y requisitos de servicio. Además de las cargas uniformes, algunos códigos especifican cargas vivas concentradas mínimas, causadas por carretillas, automóviles, etc. Por ejemplo, cargas vivas, tanto uniformes como concentradas deben considerarse en una losa de un estacionamiento para automóviles.

2.2.4.3 Cargas Eólicas o de Viento:

Cuando las estructuras impiden el flujo del viento, la energía cinética de éste reconvierte en energía potencial de presión, lo que causa la carga de viento. El efecto del viento sobre una estructura depende de la densidad y velocidad del aire, del ángulo de incidencia del viento, de la forma y de la rigidez de la estructura y de la rugosidad de su superficie.

2.2.4.4 Cargas de Sismo:

Para efectos del presente trabajo de grado estas cargas sísmicas no tendrán ningún efecto sobre las solicitaciones de las losas, pues las mismas actuarán directamente sobre la estructura y por consiguiente serán tomadas en cuenta como corresponde.

Los sismos producen cargas sobre una estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de la estructura. Esas cargas resultan de la distorsión en la estructura causada por el movimiento del suelo y la resistencia lateral de ésta. Sus magnitudes dependen de la velocidad y tipo de aceleraciones del suelo, así como de la masa y rigidez de la estructura.

Estas cargas se pueden determinar como fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura, aunque en ocasiones debido a la altura de los edificios o esbeltez se hace necesario un análisis dinámico para determinar las fuerzas máximas a que estará sometida la estructura.

En la práctica, los efectos de la aceleración, velocidad y desplazamiento de una estructura pueden determinarse como un espectro de respuesta sísmica. Una vez establecida esta gráfica, las cargas sísmicas pueden calcularse usando un análisis dinámico basado en la teoría de la dinámica estructural. Este análisis es a menudo muy elaborado y requiere el uso de una computadora. Aunque éste puede ser el caso, tal análisis es obligatorio si la estructura es muy grande.

Algunos códigos requieren que se preste atención específica al diseño sísmico, especialmente en zonas que predominan sismos de alta intensidad.

2.2.5 Predimensionado de los elementos estructurales

2.2.5.1 Las losas

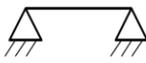
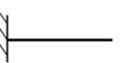
Son elementos estructurales superficiales planos, estos ocupan el área de la planta cuya función es separar los niveles de la edificación proporcionando un aislamiento acústico y térmico, además de transmitir las cargas de servicio (estas son acciones uniformemente distribuidas perpendiculares sobre el elemento que son el resultado de las acciones permanentes mas la variable) hacia sus apoyos que generalmente tienen son las vigas. Las losas se definen según el sentido de armado, en una o dos direcciones, y según los materiales, losa maciza o nervada.

Para efecto del pre dimensionado de losa, el objetivo fundamental es obtener el espesor de la misma. Tomando en cuenta que en la medida que las losas tengan mayor número de apoyos, entonces la dimensión de su altura será menor.

2.2.5.1.1 Predimensionado de losas macizas:

Los criterios de selección del espesor para una losa maciza son según los siguientes casos:

Tabla 1. Relación entre Luz Efectiva y Espesor de las Losas Macizas Considerando los Tipos de Apoyos

	Tipo de Apoyo			
	Para dos apoyos	Para tres apoyos	Para cuatro o mas apoyos	Para voladizos.
				
Espesor de la Losa	$L_n/20$	$L_n/24$	$L_n/28$	$L_n/10$

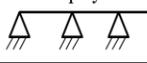
Nota. Datos tomados de Pocaterra A., (2010)

Estos espesores deberán ser considerados para garantizar que las deflexiones máximas normativas en placas no serán superadas.

2.2.5.1.2 Predimensionado de losas nervadas:

Los criterios de selección del espesor para una losa nervada son según los siguientes casos:

Tabla 2. Relación entre Luz Efectiva y Espesor de las Losas Nervadas Considerando los Tipos de Apoyos.

	Tipo de Apoyo			
	Para dos apoyos	Para tres apoyos	Para cuatro o mas apoyos	Para voladizos.
				
Espesor de la Losa	$L_n/16$	$L_n/18$	$L_n/21$	$L_n/8$

Nota. Datos tomados de Pocaterra A., (2010)

Estos espesores deberán ser considerados para garantizar que las deflexiones máximas normativas en placas no serán superadas.

2.2.5.2 Losas en una dirección:

Las Losas Unidireccionales se comportan básicamente como vigas anchas, que se suelen diseñar tomando como referencia una franja de ancho unitario (un metro de ancho).

Cuando las losas rectangulares se apoyan en dos extremos opuestos, y carecen de apoyo en los otros dos bordes restantes, trabajan y se diseñan como losas unidireccionales.

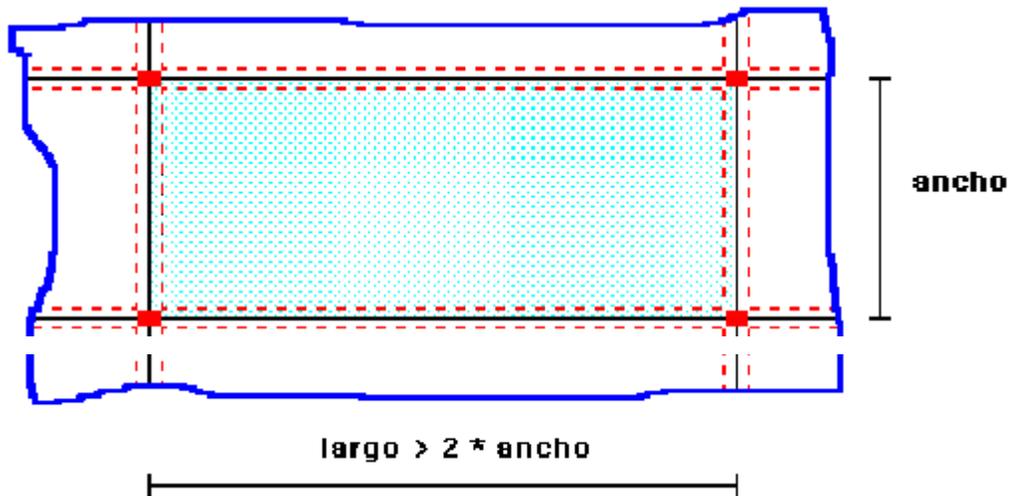


Ilustración 2. Relación largo / ancho

Cuando la losa rectangular se apoya en sus cuatro lados (sobre vigas o sobre muros), y la relación largo / ancho es mayor o igual a 2, la losa trabaja fundamentalmente en la dirección más corta, y se la suele diseñar unidireccionalmente, aunque se debe proveer un mínimo de armado en la dirección ortogonal (dirección larga), particularmente en la zona cercana a los apoyos, donde siempre se desarrollan momentos flectores negativos importantes (tracción en las fibras superiores). Los momentos positivos en la dirección larga son generalmente pequeños, pero también deben ser tomados en consideración.

Nota. Pocaterra A., (2010)

2.2.6 Diseño por flexión

En cualquier sección de un miembro flexionado, el área del acero de refuerzo mínimo en los lechos superior e inferior, se calculará con una de las siguientes ecuaciones:

Aceros mínimos para diseño por flexión

$$A_{s,\min} = \frac{0,79 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad \text{para } f'_c \geq 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{s,\min} = \frac{14}{f_y} b_w d \quad \text{para } f'_c < 315 \text{ kgf/cm}^2$$

Nota. Norma COVENIN 1753-(2006).

La cuantía máxima ρ máx no debe exceder de 0,025.

2.2.7 Limitaciones dimensionales de las losas nervadas

2.2.7.1 Nervios longitudinales

Las losas nervadas con nervios vaciados en sitios o prefabricados deben cumplir las condiciones dimensionales dadas a continuación:

(a). Los nervios no tendrán menos de 10 cm. de anchura en su parte superior y su anchura promedio no puede ser menor de 8 cm. Su altura libre no excederá de 3,5 veces el espesor promedio del alma.

(b). Para losas nervadas en una dirección, la separación máxima entre nervios, medida centro a centro,

no será mayor que 2,5 veces el espesor total de la losa, sin exceder 75 cm.

(c). En los extremos de las losas nervadas se hará un macizado mínimo de 10 cm.

2.2.7.2 Nervios transversales

Las losas nervadas de más de 5 m de luz serán rigidizadas por nervios transversales de arriostramiento, de la misma sección y armadura de los nervios longitudinales distribuidas por mitades como acero de refuerzo superior e inferior pero no menor de dos barras N° 4; la longitud no arriostrada de los nervios será 2,5 m como máximo. Independientemente de la luz de la losa se omitirá los nervios

transversales, si por cálculo se comprueba que no son necesarios para resistir la flexión transversal originada por la aplicación de cargas concentradas en diferentes puntos de la losa.

2.2.8 Recubrimiento mínimo del acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe tener los recubrimientos mínimos de protección dados a continuación; En ambientes agresivos deben utilizarse recubrimientos mayores que los mencionados, los cuales dependen de las condiciones de exposición. Cuando por razones estéticas la textura de la superficie de concreto implique la merma del material de recubrimiento, el mismo debe aumentarse en 1 cm. en las superficies afectadas. El recubrimiento mínimo en piezas de concreto vaciadas en sitio, no prefabricadas ni pre o pos tensadas, no podrá ser menor que los valores especificados en la Tabla siguiente.

Tabla 3. Recubrimientos mínimos para placas.

RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	DIÁMETRO DEL ACERO DE REFUERZO, d_b	RECUBRIMIENTO MÍNIMO ¹ , cm			
		Vigas y columnas ²	Losas y placas	Muros	Cáscaras y placas plegadas
Piezas al abrigo de la intemperie	$d_b \leq N^\circ 5$ (16M) y alambres con $d_b < 16$ mm	4,0	2,0		1,5
	N° 6 a N° 11 (20M a 36M)				2,0
	N° 14 y N° 18 (40M y mayor)		4,0		
Piezas expuestas a la intemperie en ambientes no agresivos	$d_b \leq N^\circ 5$ (16M) y alambres con $d_b < 16$ mm.	4,0			
	$d_b > N^\circ 6$ (20M)	5,0			
Piezas vaciadas sobre el terreno y permanentemente en contacto con el mismo	Todos los diámetros	7,5			No aplica
Notas:	1.	Para grupos de barras, véase la Subsección 7.2.3.2			
	2.	Al recubrimiento mínimo de protección se sumará el diámetro del acero de refuerzo transversal y se designará c_e , véase la ecuación (10-2).			

Nota. Norma COVENIN 1753-(2006).

2.2.9 Deflexiones máximas en losas.

Tabla 3. Deflexiones máximas en losas:

Volados	Tramos
$\delta_{maxinst} = \frac{q_{cv} * L^4}{8 * E_c * I_c}$	$\delta_{maxinst} = \frac{2,5}{384} * \frac{q_{cv} * L^4}{8 * E_c * I_e}$
$\delta_{Largo\ plazo} = \lambda \frac{q_{serv} * L^4}{8 * E_c * I_c}$	$\delta_{Largo\ plazo} = \lambda \frac{2,5}{384} * \frac{q_{serv} * L^4}{8 * E_c * I_e}$

Donde:

L = Longitud

q_{cv} = Carga viva

q_{serv} = Carga de servicio

I_c = Inercia crítica

E_c = Módulo de elasticidad del concreto

Tabla 4. Flechas máximas permisibles en elementos a flexión.

FLECHAS MÁXIMAS PERMISIBLES

TIPO DE MIEMBRO	FLECHA A CONSIDERAR	FLECHAS LÍMITES
Techos planos con pendiente mínima que no soportan ni están unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas.	Flecha instantánea debida a la carga variable.	L/180 ⁽¹⁾
Pisos que no soportan ni están unidos a miembros no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas.		L/360
Techos planos con pendiente mínima o pisos que soportan o están unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas.	Aquella parte de la flecha total que se produce después de colocar los componentes no estructurales (suma de la flecha a largo plazo debida a todas las cargas permanentes) y la flecha instantánea debida a cualquier carga variable adicional aplicada después de colocar los miembros no estructurales ⁽³⁾ .	L/480 ⁽²⁾
Techos planos con pendiente mínima o pisos que soportan o están unidos a componentes no estructurales no susceptibles de ser dañados por grandes flechas.		L/240 ⁽⁴⁾
<p>(1) Este límite no toma en consideración la posible formación de lagunas o charcos, porque se cumple la Norma Venezolana 3400.</p> <p>(2) Se puede exceder este límite si se toman medidas adecuadas para prevenir el daño de los miembros unidos o soportados.</p> <p>(3) La flecha a largo plazo debe determinarse de acuerdo con la Subsección 9.6.2 pero puede reducirse deduciendo la parte de la flecha que se produce antes de la colocación de los miembros no estructurales. Esta última puede determinarse con base en los datos técnicos referentes a las características de variación con el tiempo de las flechas de miembros similares a los considerados.</p> <p>(4) Este límite no será mayor que la tolerancia prevista para los miembros no estructurales. El valor puede ser excedido cuando la contra flecha proporcionada es tal que la diferencia entre ésta y la flecha total no supere el límite estipulado.</p>		

Nota. Norma COVENIN 1753-(2006).

2.2.10 Longitud de transferencia del acero de refuerzo:

En cualquier sección de los miembros de concreto reforzado, la tracción o compresión en el acero de refuerzo se transferirá a cada lado de dicha sección mediante prolongación del refuerzo o su anclaje mediante ganchos o dispositivos mecánicos, o una combinación de ambos. Los ganchos no se considerarán efectivos para transferir compresión.

2.2.11 Aceros de refuerzo longitudinal para momentos negativos:

Los aceros de refuerzo destinados a resistir los momentos negativos en los extremos de los miembros, se anclarán en o a través de los miembros que les sirven de apoyo mediante prolongación, ganchos o anclajes mecánicos. Cuando resistan momentos negativos dentro del tramo, se anclarán con una longitud igual a la altura útil del miembro ó 12db, la que sea mayor, como se especifica en la Sección 12.2.3.

Al menos un tercio del total de los aceros de refuerzo en tracción colocados para resistir momentos negativos en un apoyo se prolongarán más allá del punto de inflexión a una distancia no menor que la altura útil del miembro, 12 db, o 1/16 de la luz libre, la que sea mayor.

2.2.12 Anclaje del acero de refuerzo longitudinal

La longitud de anclaje mediante gancho estándar L_{dh} para barras con resaltes en tracción se calculara con la siguiente ecuación.

$$L_{dh} = \left(\frac{0.075 \cdot F_y \cdot \beta \cdot \lambda_{dh}}{\sqrt{F'_c}} \right) \cdot d_b$$

Donde β se especifica en (ver tabla 6)

λ = factor de modificación para la longitud de anclaje se especifica en (ver tabla7)

d_b = diámetro de la barra.

Tabla 5. Factores de modificación de la longitud de transferencia.

FACTOR DE MODIFICACIÓN	MULTIPLICADOR
<p>Factor de ubicación del refuerzo, α.</p> <p>Barras horizontales colocadas de tal manera que por debajo de la longitud de transferencia o de empalme se asegure el vaciado de 30 cm o más de concreto fresco.</p> <p>Para los otros casos.</p>	<p>$\alpha = 1,3$</p> <p>$\alpha = 1,0$</p>
<p>Factor de recubrimiento del refuerzo, β.</p> <p>Barras recubiertos de material epóxico con recubrimiento de concreto no menor que $3d_b$ o la separación libre menor que $6d_b$</p> <p>Otras barras recubiertos de material epóxico.</p> <p>Barras no recubiertas</p>	<p>$\beta = 1,5$</p> <p>$\beta = 2,0$</p> <p>$\beta = 1,0$</p>
<p>Factor del tamaño de la barra con resalto, γ</p> <p>Barras No. 6 (20M) o menores.</p> <p>Barras No. 7 y mayores.</p>	<p>$\gamma = 0,8$</p> <p>$\gamma = 1,0$</p>
<p>Factor por el peso del concreto, λ</p> <p>a. Concreto con agregado de peso normal</p> <p>b. Concreto con agregado liviano</p> <p>Cuando se especifica f_{ct}</p>	<p>$\lambda = 1,0$</p> <p>$\lambda = 1,3$</p> <p>$\lambda = 1,8 \sqrt{f'_c} / f_{ct} \geq 1,0$</p>
<p>Separación o recubrimiento, c_a</p>	<p>El menor valor entre:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La distancia del centro de la barra a la superficie más cercana del concreto, c_a; 2. La mitad de la separación centro a centro de las barras que se anclan, s.

Nota. Norma COVENIN 1753-(2006).

Tabla 6. Factor de modificación λ_{dh} para la longitud de anclaje.

BARRAS CON GANCHOS ESTÁNDAR	FACTOR DE MODIFICACIÓN λ_{dh}
1. Barra No. 11 (36M) y menores con ganchos Recubrimiento lateral del gancho no menor de 6.0 cm, y recubrimiento de la extensión del gancho de 90° recubrimiento no menor de 5 cm.	0,70
2. Barras No. 11 (36M) y menores con ganchos de 90° i) En la longitud de anclaje, L_{dh} , se disponen ligaduras o estribos con separación no mayor que tres veces el diámetro de la barra longitudinal. La separación entre la cara externa del gancho y el centro de la ligadura o estribo adyacente no será mayor que dos veces el diámetro de la barra longitudinal. ii) En la extensión del gancho, incluyendo el dobléz, se colocan ligaduras o estribos con separación no mayor que tres veces el diámetro de la barra. La separación entre la cara externa de la barra y el centro de la ligadura o estribo no será mayor que dos veces el diámetro de la barra longitudinal.	0,80
3. Barras No.11 (36M) y menores con ganchos de 180° En la longitud de anclaje, L_{dh} , se disponen ligaduras o estribos con separación no mayor que tres veces el diámetro de la barra longitudinal.	
4. El área del acero de refuerzo excede los requeridos por el análisis, excepto cuando el anclaje o el desarrollo de f_y sea específicamente requerido o en estructuras sismorresistentes con ND2 o ND3.	$\frac{A_s \text{ requerido}}{A_s \text{ proporcionado}}$

Nota. Norma COVENIN 1753-(2006).

2.2.13 Gancho estándar

Los ganchos estándar para estribos se limitan a barras No. 8 y menores, y el gancho con dobléz a 90° para estribos y ligaduras con extensión de 6db se limita a barras No. 5 y menores. Ambas limitaciones se adoptaron con base en resultados de investigaciones que demostraron la tendencia de los ganchos de 90° a abrirse bajo cargas elevadas en el caso de barras de diámetros más grandes.

2.2.14 Longitud de transferencia del acero de refuerzo

Para desarrollar las tensiones máximas que ocurren en el acero de refuerzo es necesario prolongar las barras desde el punto de tensión máxima o bien un anclaje. Esta longitud de transferencia o de anclaje es necesaria a ambos lados de tales puntos de tensiones máximas para asegurar la transferencia de tensiones entre el acero y el

concreto. Puesto que habitualmente el refuerzo tiene una longitud considerable a un lado del punto de tensión máxima, los cálculos se hace en un solo lado, por ejemplo el acero de refuerzo para momentos negativos se prolonga a través del apoyo hasta la mitad del tramo siguiente.

2.2.15 Transmisión de cargas entre elementos estructurales:

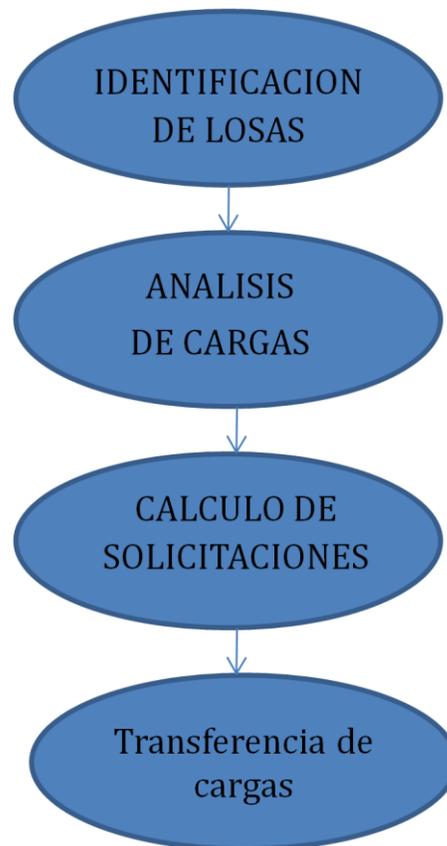


Ilustración 3- Esquema del procedimiento para transmitir las cargas de las losas a la estructura

2.2.15.1 Identificar las losas.

En el caso de un sistema de pisos con losas concreto armado, se identifican dos tipos de losas; Macizas, utilizadas para soportar grandes cargas de servicio y las nervadas que son las más comúnmente usadas debido a la capacidad de cubrir luces más grandes que las macizas, el uso de una de estas o la combinación de ambas para la distribución en una planta quedara a criterio del ingeniero proyectista.

2.2.15.2 -Análisis de cargas.

Esto es, determinar el peso que se repartirá por la losa, por metro cuadrado. Resulta de sumar el peso propio del material de construcción, así como acabados (losetas, capa de mezcla, etc). Además se deben sumar las "Cargas Vivas" que de acuerdo al uso de ese espacio, de acuerdo a la norma COVENIN.

2.2.15.3 Calculo de solicitaciones.

Luego de finalizado el análisis de carga se obtienen las cargas tanto viva como muerta que actuaran sobre la losa a calcular, estas representaran la carga de servicio que utilizara el método matricial para calcular los momentos en los apoyos y por ende conseguir los diagramas tanto de corte como de momento de todos los elementos.

2.2.15.4 -Transferencia de cargas.

En esta sección luego de obtenidas las reacciones en cada apoyo de la losa, cada una de estas será multiplicada por el largo de la viga que corresponda, con la finalidad de obtener la carga distribuida que actúa sobre esta y por consiguiente el

programa continúe con el calculo estructural como lo hacia las anteriores versiones de STRUSMART, solo que esta vez considerando las cargas aportadas por las losas.

CAPITULO III

3 MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de la investigación

En el siguiente capítulo se planteara con detalle la información necesaria para llevar a cabo las soluciones factibles al problema planteado y; poder cumplir con los objetivos generales y específicos para la “Consideración de las cargas transmitidas por las losas, con el fin de mejorar el programa STRUSMART, para determinar las solicitaciones en los elementos estructurales que conforman los sistemas porticados en tres dimensiones”. De igual forma pretende detallar las estrategias o procedimientos ejecutados para responder con éxito al alcance de la misma investigación. Según la **Norma UPEL 2005 (p.15)** se define como “el estudio de problemas, con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos.

La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterio, conceptualización, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor”. En tal sentido el presente Trabajo de Grado, se caracteriza fundamentalmente porque realiza análisis de fuentes secundarias, como textos bibliográficos y programas de cálculo estructural existentes en la actualidad.

3.2 Investigación y análisis de los métodos para el cálculo de losas.

Este trabajo tiene su inicio primeramente en la investigación y consulta bibliográfica de textos, trabajos de grado y páginas web, donde se definieron las bases teóricas referente al dimensionamiento y diseño de las losas de una edificación, también de que manera son capaces de transmitir las cargas desde el entrepiso hasta las vigas de carga.

Luego de conocer las variables y métodos a utilizar para el dimensionado y diseño de las losas de entrepiso y techo es posible estructurar los datos de entrada que necesitara el programa para su buen funcionamiento.

3.3 Datos de entrada

Las variables de entradas están estructuradas de la siguiente manera:

- Geometría de la estructura.
- Propiedades de los materiales.
- Característica de la Localización.
- Característica del Terreno.

-Clasificación de la Edificación.

-Escoger la distribución de las losas de entrepiso a criterio del usuario para cada piso de la edificación.

-De ser necesario colocar la ubicación de las vigas auxiliares en sus respectivas plantas.

3.4 Geometría de la estructura

La geometría de la estructura es la parte inicial y principal del programa, esta se define a partir de un sistema de coordenadas en dirección “X, Y, Z” donde se reflejan los diferentes elementos estructurales.

En las direcciones “X, Z” están presentes los diferentes pórticos que conforman la estructura y adicional se puede anexar los elementos en volados si dicha estructura los presenta y en la dirección “Y” están presentes los niveles de la estructura.

Con el ingreso de las variables antes mencionadas se obtienen los números de elementos, números de juntas, números de apoyos y el área de la planta.

3.5 Propiedades de los materiales

De acuerdo a las limitaciones mencionadas anteriormente el único material, con el que trabaja el programa es el Concreto, las propiedades elementales requeridas por el programa son, el Modulo de Elasticidad, Modulo de Cortante, Peso Especifico y Resistencia Cilíndrica todas ellas necesarias para la formación de la matriz de rigidez y el pre dimensionado de los elementos.

3.6 Características de la localización

Las características de la localización se utilizarán para obtener la zona y el riesgo sísmico por cada estado del país, para posteriormente aplicar el Método Estático Equivalente.

3.7 Características del terreno

Esto se define como el perfil geotécnico del terreno de fundación donde se va a encontrar la estructura, caracterizado por: tipo de material del Terreno de Fundación, Velocidad Promedio de la Onda de Corte (V_{sp}) y la Profundidad a la Cual la Onda de Corte Alcanza los 500 m/s (H), para posteriormente aplicar el Método Estático Equivalente.

3.8 Clasificación de la edificación

La edificación se va a clasificar bajo tres (3) criterios: según el Grupo, Nivel de Diseño y Tipo de Estructura.

3.9 Distribución de losas de entrepiso y techo

El usuario tendrá la posibilidad de diseñar su propia distribución de losas por piso, aumentando las posibilidades arquitectónicas del programa pudiendo generar plantas diferentes para cada piso.

3.10 Cálculo de solicitaciones sobre las losas

Esto fue posible gracias al uso del método de los desplazamientos que permitió conocer el valor de las cargas adicionales que serán añadidas a las vigas de carga posteriormente, por parte de las losas de entrepiso y techo.

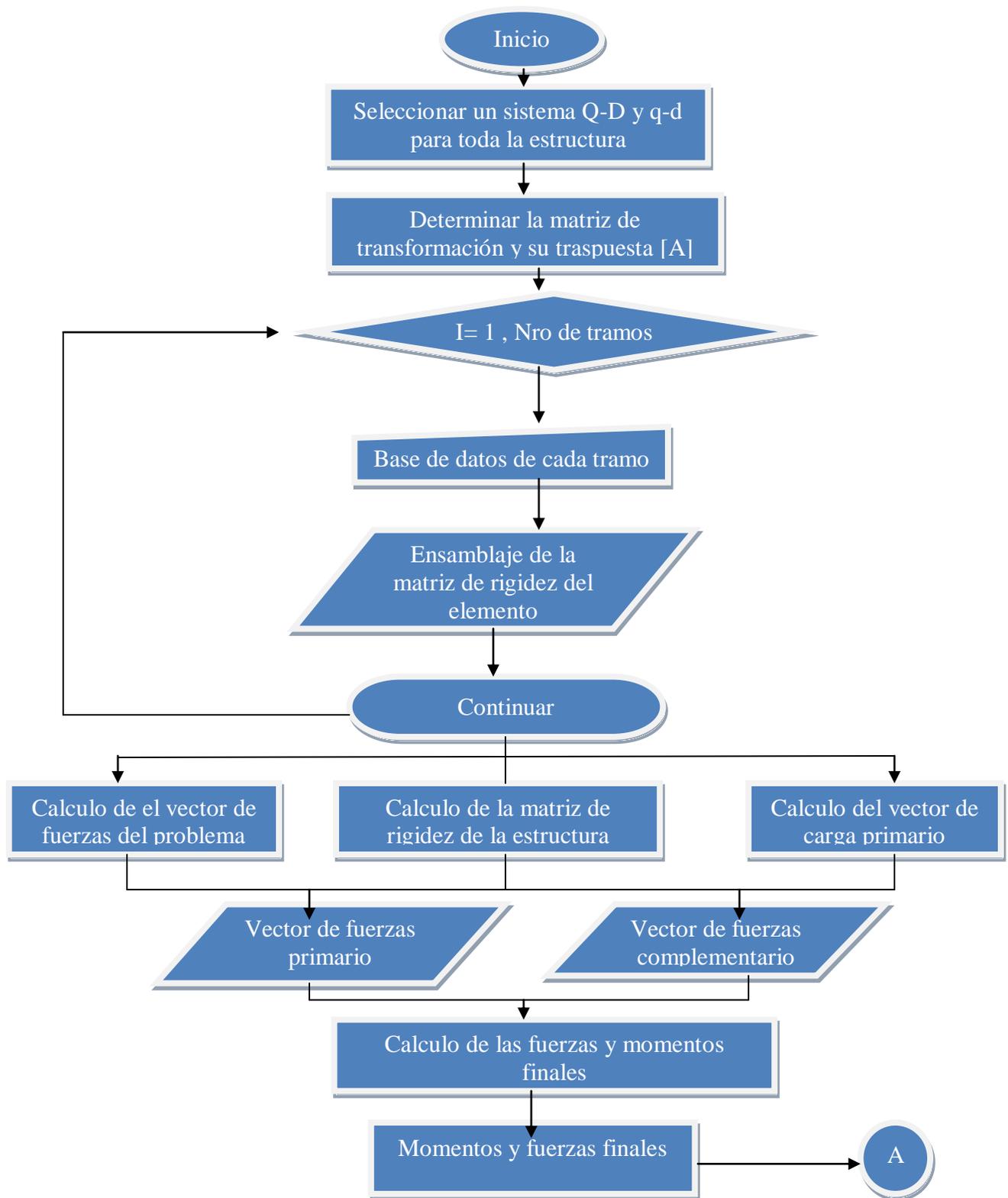


Ilustración 4- Diagrama de flujo del método matricial

Ejemplo :

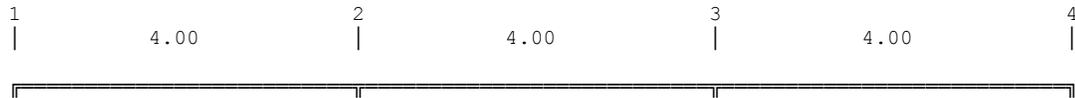
Losa nervada de espesor 25 cm.

Inercia = 24548 Kg/cm²

Elasticidad = 2.4x10⁶

Carga viva = 300 Kg

Carga muerta = 1165 Kg



Método de los desplazamientos explicado paso a paso en la sección 2.2.2

Se toma como premisa que las losas trabajan como diafragma rígido por lo tanto se asume Área = ∞

Paso 1:

Sistema Q-D



Sistema q-d



Paso 2:

Obtener la matriz de transformación [A] y [A]^t

$$[A]= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [A]^t= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Paso 3:

Obtener la matriz de rigidez de cada elemento.

$$k= \begin{bmatrix} 5891520 & 2945760 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2945760 & 5891520 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5891520 & 2945760 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2945760 & 5891520 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5891520 & 2945760 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2945760 & 5891520 \end{bmatrix}$$

Paso 4:

Obtener la matriz de rigidez de la estructura.

$$[K] = \sum [A_i]^t [k_i] [A_i]$$

$$[K] = \begin{bmatrix} 5891520 & 2945760 & 0 & 0 \\ 2945760 & 11783040 & 2945760 & 0 \\ 0 & 2945760 & 11783040 & 2945760 \\ 0 & 0 & 2945760 & 5891520 \end{bmatrix}$$

Paso 5:

Cargas del problema primario.

$$M_{ab} = \frac{q \cdot L^2}{12}$$

$$M_{ba} = -\frac{q \cdot L^2}{12}$$

$$[q_0] = \begin{bmatrix} 1953.33 \\ -1953.33 \\ 1953.33 \\ -1953.33 \\ 1953.33 \\ -1953.33 \end{bmatrix}$$

Paso 6:

Vector de cargas generalizadas obtenido realizando trabajo virtual.

$$[Q_0] = \begin{bmatrix} -1953.33 \\ 0 \\ 0 \\ 1953.33 \end{bmatrix}$$

Paso 7:

Calculo de la matriz de flexibilidad. $[F] = [K]^{-1}$

$$[F] = \begin{bmatrix} \frac{13}{66279600} & -\frac{7}{132559200} & \frac{1}{66279600} & -\frac{1}{132559200} \\ -\frac{7}{132559200} & \frac{7}{66279600} & -\frac{1}{33139800} & \frac{1}{66279600} \\ \frac{1}{66279600} & -\frac{1}{33139800} & \frac{7}{66279600} & -\frac{7}{132559200} \\ -\frac{1}{132559200} & \frac{1}{66279600} & -\frac{7}{132559200} & \frac{13}{66279600} \end{bmatrix}$$

Paso 8:

Matriz de relación cargas y fuerzas.

$$[B]=[k].[A].[F]$$

$$[B]= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{4}{15} & \frac{7}{15} & -\frac{2}{15} & \frac{1}{15} \\ -\frac{4}{15} & \frac{8}{15} & \frac{2}{15} & -\frac{1}{15} \\ -\frac{1}{15} & \frac{2}{15} & \frac{8}{15} & -\frac{4}{15} \\ \frac{1}{15} & -\frac{2}{15} & \frac{7}{15} & \frac{4}{15} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Paso 9:

Problema complementario.

$$q_c=[B].[Q_0]$$

$$[q_c]= \begin{bmatrix} \frac{195333}{100} \\ \frac{195333}{500} \\ \frac{195333}{500} \\ \frac{195333}{500} \\ \frac{195333}{500} \\ \frac{195333}{500} \\ \frac{195333}{100} \end{bmatrix}$$

Paso 10:

Luego de completado el método se obtienen los momentos desconocidos de la estructura a través del vector [q].

$$[q] = [q_0] + [q_c]$$

$$[q] = M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6 = \begin{bmatrix} 0 \\ -2343.996 \\ 2343.996 \\ -2343.996 \\ 2343.996 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3.11 Cálculo de los diagramas de corte y momento.

Es necesario conocer los momentos y cortes a lo largo de la losa para lograr conseguir los puntos críticos que dominarán el diseño del acero de refuerzo, STRUSMART alcanza un nivel de detalle de 11 valores de corte y momento por tramo siendo este un valor más que suficiente para tener una apreciación bastante acertada de cuáles serán los momentos y el lugar donde se requiere mayor cantidad de acero.

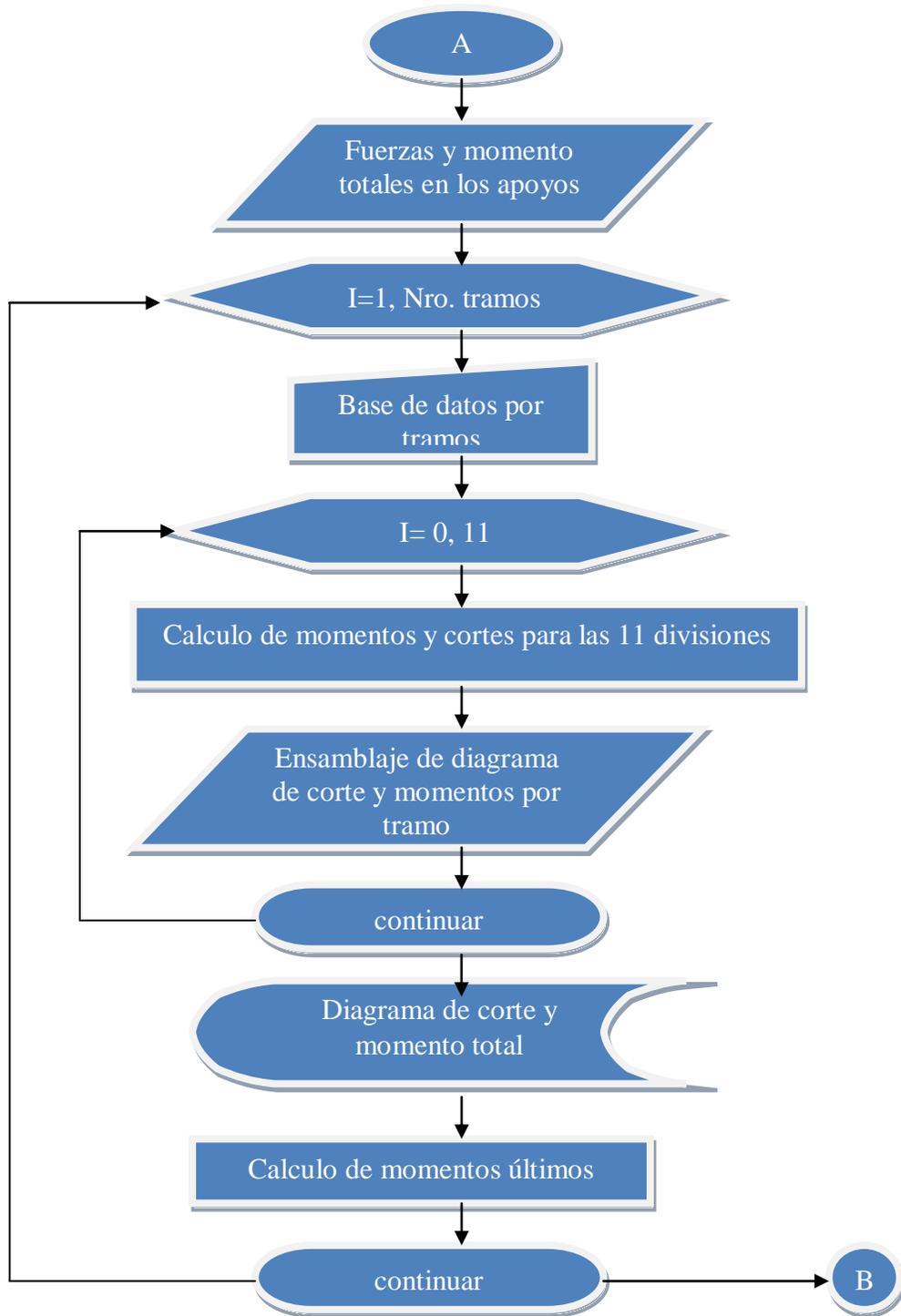


Ilustración 5- Diagrama de flujo para calculo de diagramas de corte y momento

3.12 Cálculo de aceros de refuerzo

Se calculará los aceros de refuerzo necesarios para resistir los momentos flectores tanto positivos como negativos respetando las deflexiones máximas permitidas por la norma COVENIN 1753-2006, primeramente se calculan los momentos actuantes dividiendo cada tramo de la losa en 11 partes dando como resultado los 11 valores de la envolvente a lo largo de la longitud de cada tramo de la losa. Luego se consiguen las áreas de acero necesarias para cumplir los requerimientos de los momentos.

Se realiza la repartición del acero necesario para cumplir los requerimientos anteriormente calculados utilizando los diámetros de cabilla comerciales, y tomando en cuenta las longitudes de desarrollo y de anclaje mencionadas en la normativa COVENIN 1753-2006.

Se mostrara en pantalla los cálculos métricos del acero a colocar.

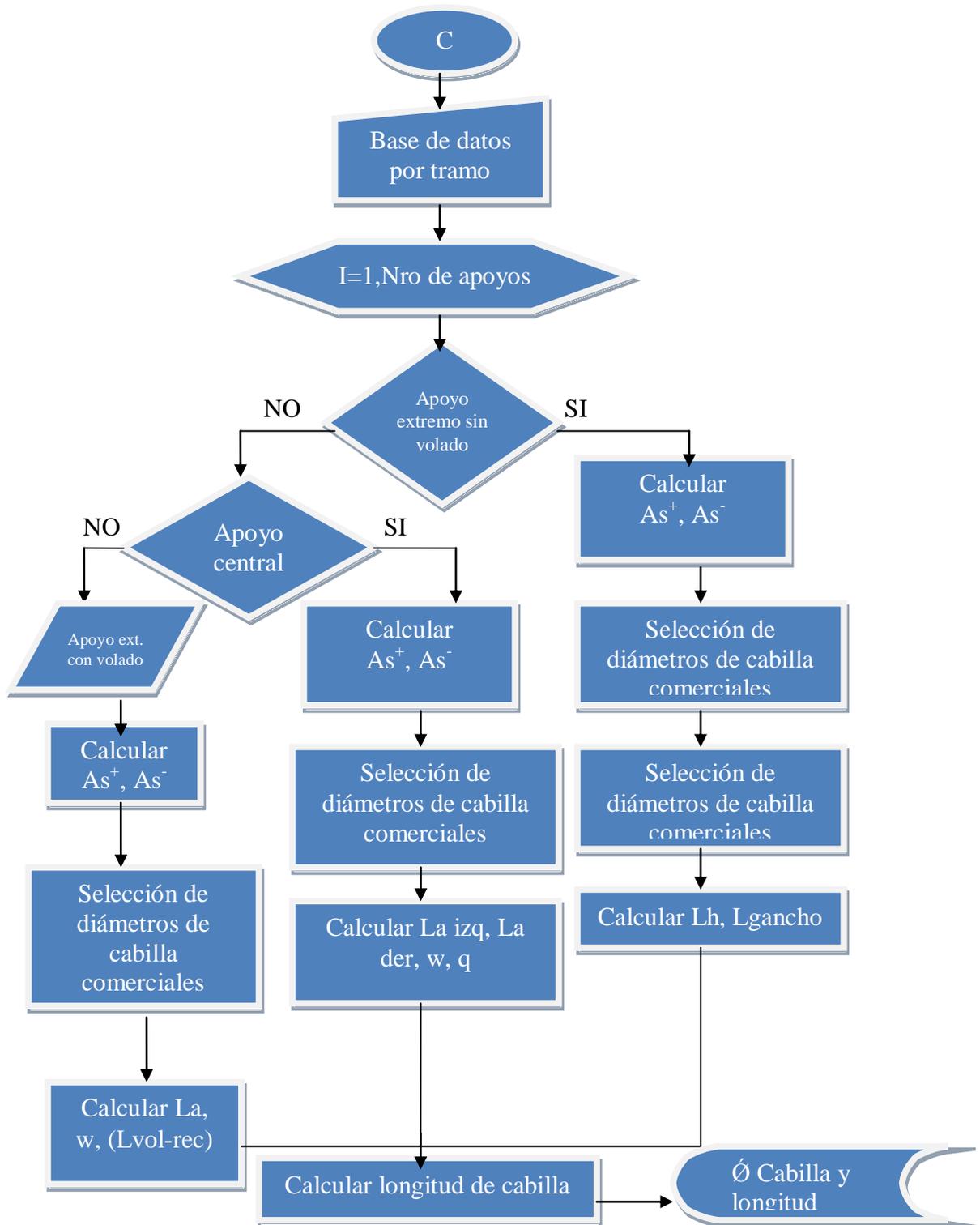


Ilustración 6- Diagrama de flujo para selección del acero de refuerzo

Ejemplo de cálculo:

Losa nervada de espesor 25 cm.

Inercia = 24548 Kg/cm²

Elasticidad = 2.4x10⁶

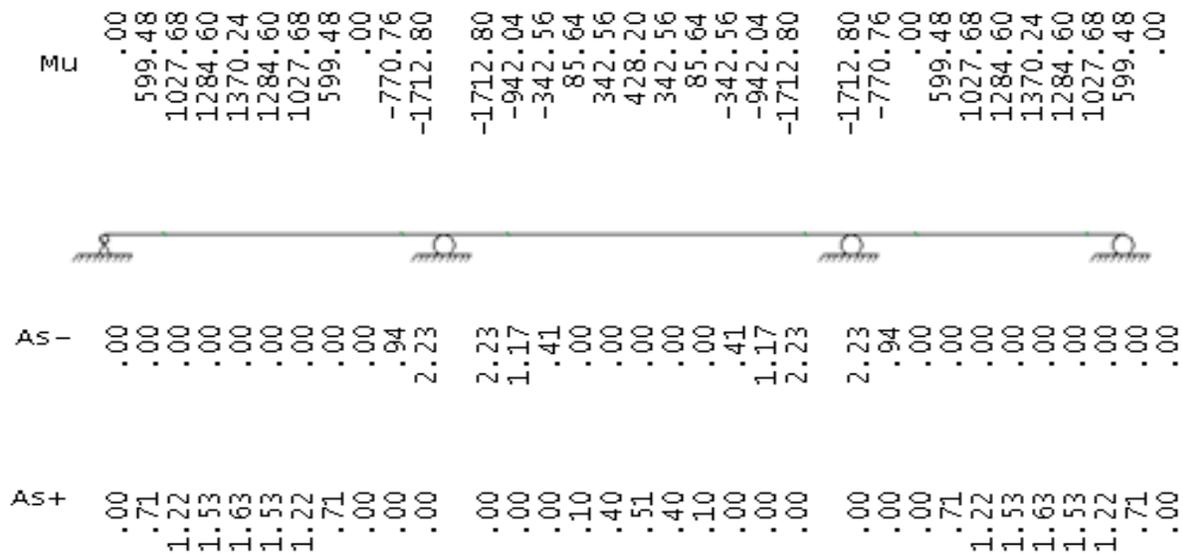
Carga viva = 150 Kg

Carga muerta = 583 Kg

Mu = momentos últimos (kg.m)

As⁺ = Aceros requeridos positivos.

As⁻ = Aceros requeridos negativos.



Formulas a utilizar para la distribución adecuada del acero de refuerzo:

$$\text{Momento normalizado para apoyos extremos} = \frac{q \cdot L_n^2}{24}$$

Donde:

q = Carga de servicio.

Ln = luz libre del tramo.

$$\text{Acero positivo} = A_s^+ = \frac{Mu}{0.9 * F_y * Ju * d}$$

$$\text{Acero m\u00ednimo}^+ = \frac{14}{F_y} * Bw * d$$

$$\text{Acero negativo} = A_s^- = \frac{Mu}{0.9 * F_y * x * Ju * d}$$

$$\text{Acero m\u00ednimo}^- = \frac{14}{F_y} * 2 * Bw * d$$

Donde:

Bw = Ancho del nervio.

d = Ancho de la secci\u00f3n menos el recubrimiento.

$$\text{Longitud de desarrollo (tramos centrales)} = L_d = \frac{0.283 * F_y}{\sqrt{F'c}} \left[\frac{\alpha * \beta * \lambda * \gamma}{\left(\frac{cd + ktr}{\phi} \right)} \right] * \phi$$

$$\text{Longitud de desarrollo (tramos extremos)} = L_d = \frac{L}{4}$$

Donde :

α = Factor de ubicaci\u00f3n del refuerzo.

β = Factor de recubrimiento del refuerzo.

λ = Factor debido al peso del concreto.

γ = Factor del tama\u00f1o de la barra.

Ktr = \u00edndice de acero de refuerzo transversal.

Cd = Recubrimiento.

ϕ = Di\u00e1metro de la barra.

L = longitud del tramo.

$$\text{Longitud de anclaje} = L_{dh} = \left(0.075 * \frac{F_y * \beta * \lambda * dh}{\sqrt{F'c}} \right) * \phi$$

$$\text{Gancho est\u00e1ndar de } 90^\circ = 16 * \phi$$

$$La \geq \begin{cases} 12\phi \\ \frac{Ln}{16} \\ d \end{cases}$$

Longitud de acero negativo = $2*La + PII + PID$

Donde:

PII= Distancia del apoyo al punto de inflexión por la izquierda.

PID = Distancia del apoyo al punto de inflexión por la izquierda.

La = Longitud de transmisión de tensiones adicional en el apoyo o en el punto de inflexión.

Calculo.

$As^- = \text{Aceros negativos.}$

Apoyo 1=4.

$$\text{Momento normalizado para apoyos extremos} = \frac{q*Ln^2}{24} = \frac{733*3.7^2}{24} = 418.11 \text{ kg.m}$$

$$\text{Factor de mayoracion} = Fc = \frac{1.2 \text{ CP} + 1.6 \text{ CV}}{\text{CP} + \text{CV}} = \frac{699.6 + 240}{733} = 1.28$$

$$\text{Acero negativo} = As^- = \frac{Mu}{0.9 * Fy * x * Ju * d} = \frac{418.11 * 1.28}{0.9 * 4200 * 0.95 * 0.225} = 0.66 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero mínimo} = \frac{14}{Fy} * 2 * Bw * d = \frac{14}{4200} * 2 * 10 * 22.5 = 1.5 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el acero mínimo por ser mayor al requerido 1.5 cm^2

1Ø 1/2”

1Ø 3/8”

Gancho estándar de $90^\circ = 16 * \phi = 20$ cm para ambos

$$L_d = \frac{L}{4} = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = 1 + 0.20 = 1.2 \text{ m}$$

1Ø 1/2” x 1.2m

1Ø 3/8” x 1.2m

Apoyo 2=3.

$$\text{Acero negativo} = A_s^- = \frac{Mu}{0.9 * F_y * x * J_u * d} = \frac{1712}{0.9 * 4200 * 0.95 * 0.225} = 2.12 \text{ cm}^2$$

Se utiliza 2.12 cm^2 por ser mayor al acero mínimo.

2 Ø 1/2”

Evalúo para conseguir en donde en el tramo 2 el momento es “0”

$$\frac{-735.5 * x^2}{2} + 1465 * x - 1172 = 0$$

$$X_1 = 1.11 \text{ m} \quad , \quad X_2 = 2.89 \text{ m}$$

Evalúo para conseguir en donde en el tramo 1 el momento es “0”

$$\frac{-735.5 * x^2}{2} + 1172 * x = 0$$

$$X_1 = 0 \quad , \quad X_2 = 3.19 \text{ m}$$

$$La \geq \begin{cases} 12\phi = 15.24 \\ \frac{Ln}{16} = 23.125 \\ d = 22.5 \end{cases}$$

$$La = 23.125 \text{ cm}$$

$$L_{\text{total}} = 0.81 + 1.11 + 2 * 0.23 = 2.38 \text{ m}$$

2 Ø ½" x 2.4 m

As^+ = Aceros positivos.

Tramo 1-2 = 3-4

$$\text{Acero positivo} = As^+ = \frac{Mu}{0.9 * Fy * Ju * d} = \frac{1370.24}{0.9 * 4200 * 0.95 * 0.225} = 1.69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero m\u00ednimo}^+ = \frac{14}{Fy} * Bw * d = \frac{14}{4200} * 10 * 22.5 = 0.75 \text{ cm}^2$$

Se utiliza 1.69 cm² por ser mayor al m\u00ednimo requerido.

1Ø 5/8"

Tramo 2-3.

$$\text{Acero positivo} = As^+ = \frac{Mu}{0.9 * Fy * Ju * d} = \frac{428.20}{0.9 * 4200 * 0.95 * 0.225} = 0.53 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el acero m\u00ednimo 0.75 cm² por ser mayor al requerido.

1 Ø ½"

3.13 Predimensionado de vigas y columnas

Para los efectos del pre dimensionado de los elementos, se requieren las cargas permanentes y variables de la estructura y la forma de la sección transversal de la columna.

3.14 Cargas adicionales actuantes

El programa considera dos tipos de cargas por ser la más comunes aplicables a las estructuras, que son la puntual y la distribuida. Ambos tipos de carga tienen diferentes casos, en cuanto a la carga distribuida este podrá variar de acuerdo a la extensión de la carga, si influye a lo largo de todo el elemento o parte de él. Y para la carga puntual puede tener su variación de acuerdo a su ubicación en el elemento. En el programa se desarrollara una ecuación general que abarque todos los casos.

En la facultad de ingeniería con la creación del programa STRUSMART, se pretende fomentar el uso de las nuevas tecnologías en el proceso de aprendizaje del diseño y cálculo estructural del estudiantado de ingeniería civil, aprovechando la facilidad de manejo del programa en la inclusión de sus datos así como obtención de resultados, lo cual es uno de los propósitos de la concepción de las herramientas tecnológicas y; en un futuro próximo al estar consumado el software, brindar a todos los usuario ya no solo en la facultad si no a nivel nacional un programa de calculo estructural académico confiable y de fácil acceso.

CAPITULO IV

4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Con el programa STRUSMART versión 3.0, se pueden llevar a cabo el análisis estructural y el pre dimensionado de sistemas porticados en tres dimensiones, de forma rápida y precisa, generado y ejecutado por el componente de Windows, Windows.NET Framework, que permite a este producto trabajar bajo el entorno de Windows. Además el programa contiene controles de fácil manejo para el usuario e interfaces creadas para que exista una buena interacción entre usuario y programa. Las funciones básicas del programa son:

- Realiza todos los cálculos de las solicitaciones de estructuras porticadas en tres dimensiones.
- Realiza el pre dimensionado de los elementos estructurales porticados.
- Realiza el cálculo y muestra la información referida a los parámetros sísmicos según el Método Estático Equivalente.
- Brinda una mayor interacción entre usuario-programa, debido a la poca complejidad de sus interfaces.
- Permite una introducción de datos de manera práctica y sencilla, mediante forma grafica.

- Permite trabajar con proyecto anteriores, y modificarlos.

4.1 Requisitos del software

El sistema está diseñado para trabajar, con los siguientes requisitos mínimos de trabajo:

- Microprocesador Pentium 4
- Disco Duro de 1.0 Gb
- Memoria RAM 1GB
- Resolución de pantalla mínima 1024x768 Píxel
- Sistema operativo Windows XP/ VISTA/ SEVEN
- Tarjeta de Video de 8 Mb

Los usuarios del sistema deben poseer un conocimiento mínimo de manejo de sistemas bajo ambiente Windows, requiriendo un adiestramiento en el uso de software.

4.1.1 Comparación del resultado del cálculo estructural por STRUSMART con métodos y programas ya certificados.

Para poder constatar que los resultados arrojados por STRUSMART son confiables se realizaron para un mismo modelo estructural el cálculo de sus solicitaciones atreves del método matricial y con el uso del software de cálculo SAP 2000.

4.1.1.1 Valores de momentos arrojados por el programa SAP 2000.

En la *ilustración 2* se observan los valores de los momentos en los apoyos suministrados por SAP 2000 que posteriormente serán comparados con los de STRUSMART.

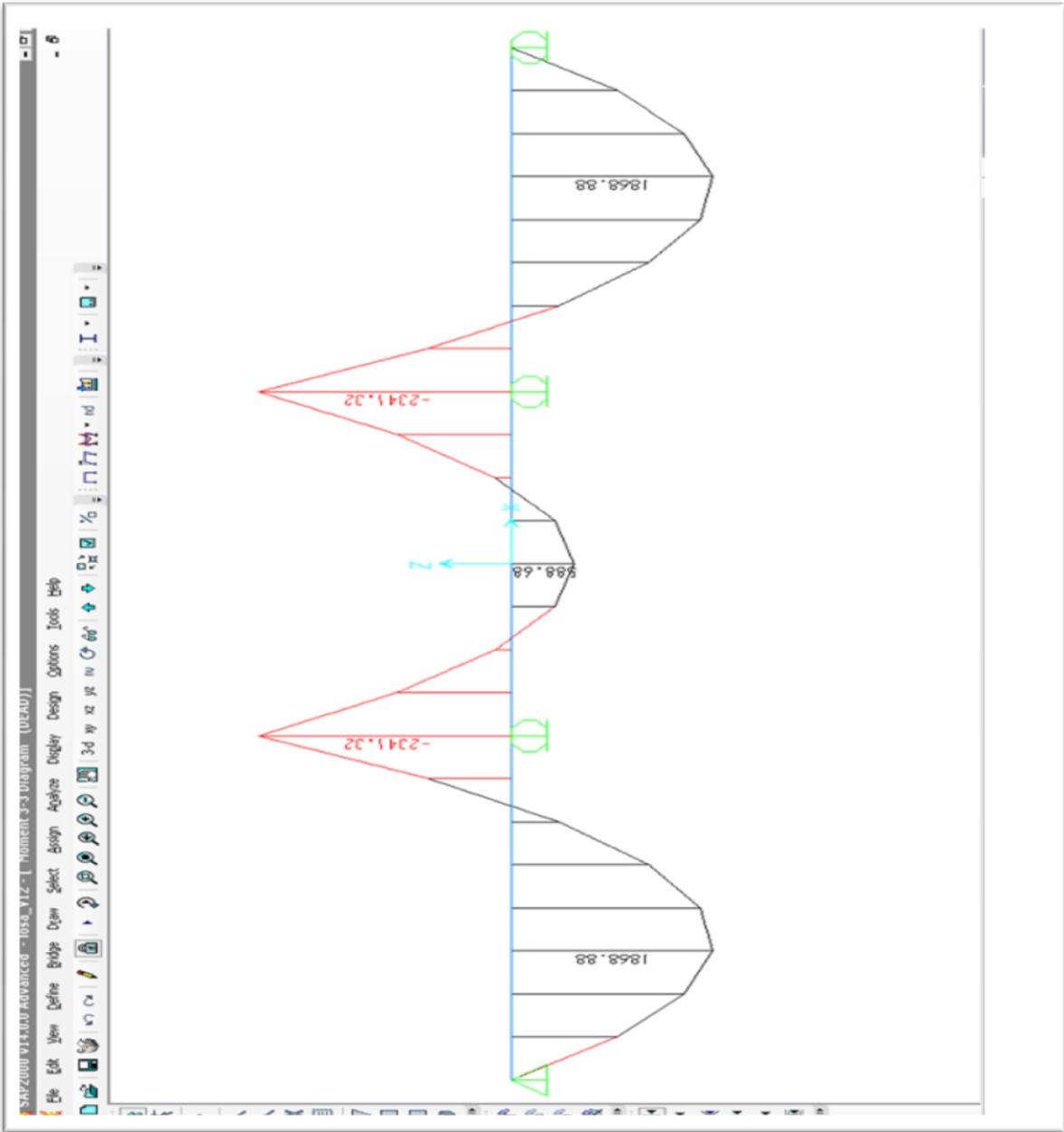


Ilustración 7- Diagrama de momentos SAP 2000

4.1.1.2 Valores arrojados por el programa STRUSMART.

PROYECTO: TESIS				e= 25.				
LOSA NERVADA 1								
DISEÑO SEGUN COVENIN 1753-2006								

X	XR	CORTE	VU	MOMENTO	MU	AS+	AS-	MACIZ
REACCION= 2344.00(4688.00Kg/m)						[1]->		
.00	4.00	2344.00	3425.60	.00	.00	.00	.00	*
.40	3.60	1758.00	2569.20	820.40	1198.96	1.28	.00	*
.80	3.20	1172.00	1712.80	1406.40	2055.36	2.21	.00	
1.20	2.80	586.00	856.40	1758.00	2569.20	2.78	.00	
1.60	2.40	.00	.00	1875.20	2740.48	2.97	.00	
2.00	2.00	-586.00	-856.40	1758.00	2569.20	2.78	.00	
2.40	1.60	-1172.00	-1712.80	1406.40	2055.36	2.21	.00	
2.80	1.20	-1758.00	-2569.20	820.40	1198.96	1.28	.00	*
3.20	.80	-2344.00	-3425.60	.00	.00	.00	.00	*
3.60	.40	-2930.00	-4282.00	-1054.80	-1541.52	.00	1.75	*
4.00	.00	-3516.00	-5138.40	-2344.00	-3425.60	.00	4.38	*
REACCION= 6446.00(12892.00Kg/m)						[2]->		
.00	4.00	2930.00	4282.00	-2344.00	-3425.60	.00	4.38	*
.40	3.60	2344.00	3425.60	-1289.20	-1884.08	.00	2.18	*
.80	3.20	1758.00	2569.20	-468.80	-685.12	.00	.75	*
1.20	2.80	1172.00	1712.80	117.20	171.28	.18	.00	
1.60	2.40	586.00	856.40	468.80	685.12	.73	.00	
2.00	2.00	.00	.00	586.00	856.40	.91	.00	
2.40	1.60	-586.00	-856.40	468.80	685.12	.73	.00	
2.80	1.20	-1172.00	-1712.80	117.20	171.28	.18	.00	
3.20	.80	-1758.00	-2569.20	-468.80	-685.12	.00	.75	*
3.60	.40	-2344.00	-3425.60	-1289.20	-1884.08	.00	2.18	*
4.00	.00	-2930.00	-4282.00	-2344.00	-3425.60	.00	4.38	*
REACCION= 6446.00(12892.00Kg/m)						[3]->		
.00	4.00	3516.00	5138.40	-2344.00	-3425.60	.00	4.38	*
.40	3.60	2930.00	4282.00	-1054.80	-1541.52	.00	1.75	*
.80	3.20	2344.00	3425.60	.00	.00	.00	.00	*
1.20	2.80	1758.00	2569.20	820.40	1198.96	1.28	.00	*
1.60	2.40	1172.00	1712.80	1406.40	2055.36	2.21	.00	
2.00	2.00	586.00	856.40	1758.00	2569.20	2.78	.00	
2.40	1.60	.00	.00	1875.20	2740.48	2.97	.00	
2.80	1.20	-586.00	-856.40	1758.00	2569.20	2.78	.00	
3.20	.80	-1172.00	-1712.80	1406.40	2055.36	2.21	.00	
3.60	.40	-1758.00	-2569.20	820.40	1198.96	1.28	.00	*
4.00	.00	-2344.00	-3425.60	.00	.00	.00	.00	*
REACCION= 2344.00(4688.00Kg/m)						[4]->		

Tomando como ejemplo el valor de momento del apoyo numero "3" es posible conseguir la diferencia existente entre calcular las solicitaciones de una estructura utilizando STRUSMART .

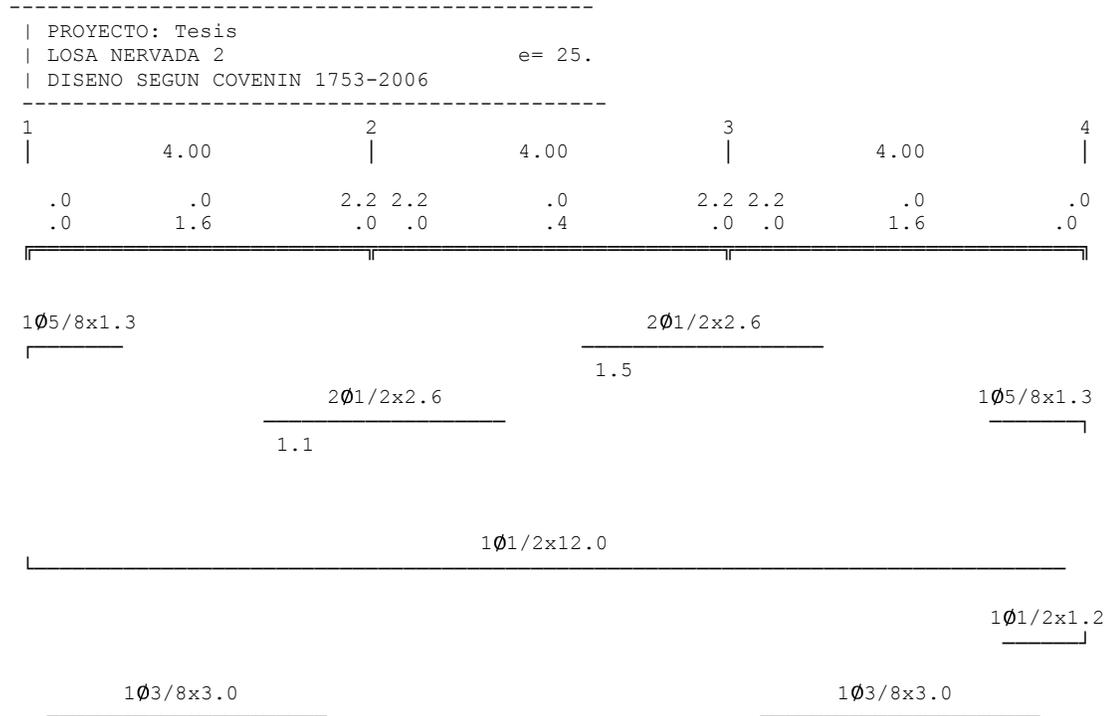
Tabla 7. Comparativa de calculo

FORMA DE CALCULO	MOMENTO DEL APOYO 3 (kg.m)	% DE DESVIACION
STRUSMART	2344	-
Método de desplazamientos	2343.99	0.001
SAP 2000	2341.32	0.001

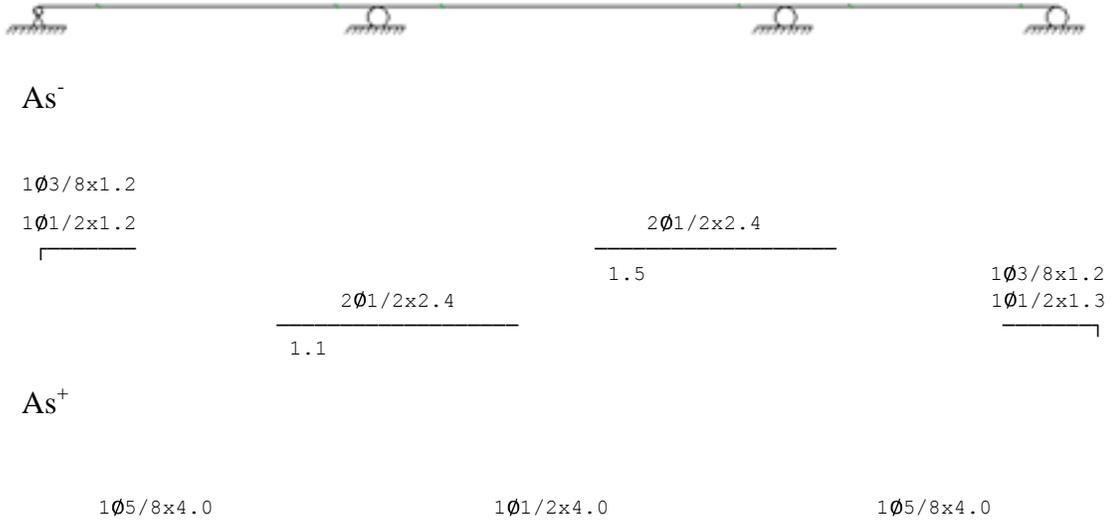
4.1.2 Comparación del despiece arrojado por STRUMART con los resultados del procedimiento manual.

4.1.2.1 Acero propuesto por programa STRUMART.

En la presente representación grafica se puede observar la repartición del acero de refuerzo propuesta por STRUMART.



4.1.2.2 Acero propuesto por cálculo manual.

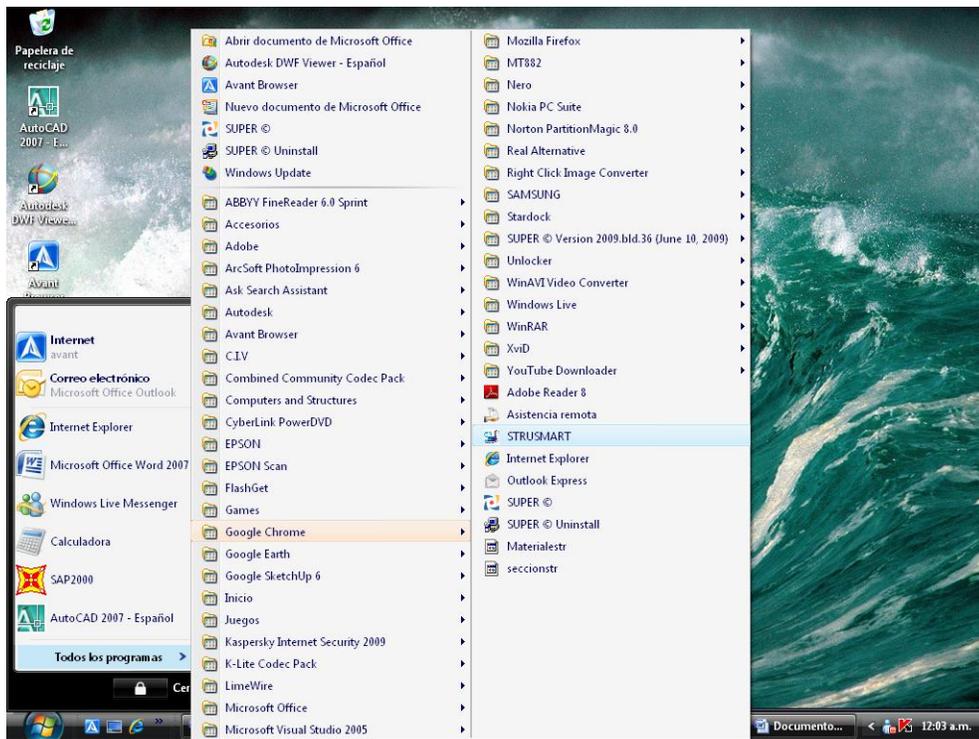


Luego de observar ambas reparticiones se puede constatar una gran similitud entre las dos propuestas, certificando esto que los resultados de despiece de STRUSMART son aceptables y pueden llegar a ser utilizados en el campo laboral.

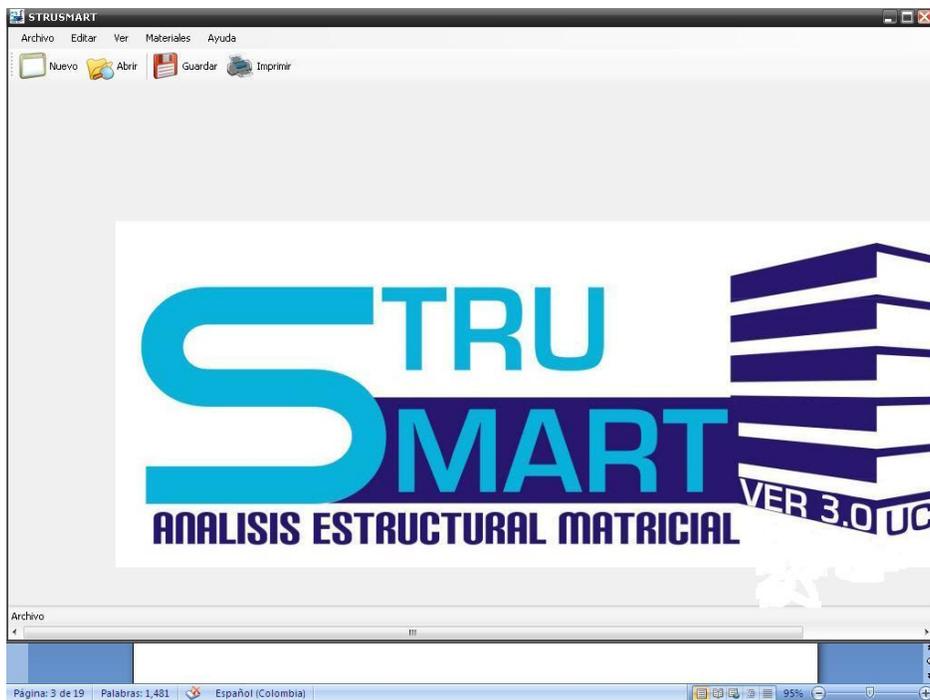
4.2 Manual del usuario

En el siguiente instructivo se pondrá a su disposición las herramientas necesarias para un adecuado funcionamiento del software **STRUSMART 3.0** trayendo esto como consecuencia resultados lógicos y satisfactorios para el usuario.

Luego de la instalación el programa se puede tener acceso a este a través del botón de inicio de Windows, luego buscar la viñeta de todos los programas hasta que se despliegue el sector que contiene el icono del software **STRUSMART 3.0**



Pantalla 1. Búsqueda de STRUSMART en el menú Inicio de Windows.



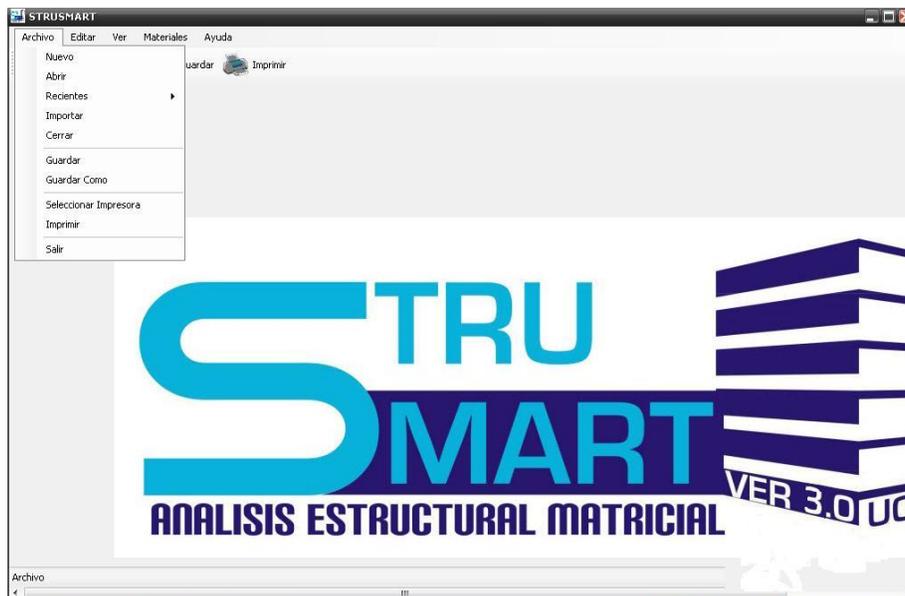
Pantalla 2. Presentación del Software.

Luego de iniciado el programa aparecerá una pantalla de inicio que contendrá en la parte superior el nombre del software, además la barra del menú que contiene la opción: **Archivo, Materiales y Ayuda** y la barra de herramienta con los iconos de acceso rápido:

- **Crear un nuevo proyecto**
- **Abrir**
- **Guardar**
- **Imprimir**

4.2.1 Abrir un proyecto

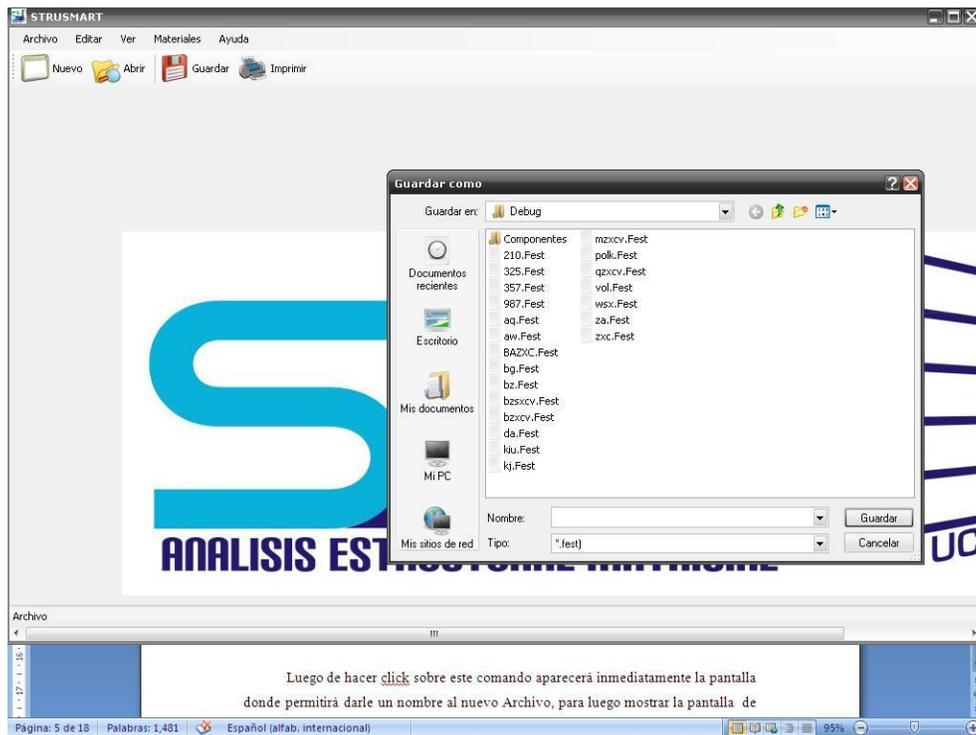
Para abrir un proyecto debe hacer clic en el menú desplegable “Archivo” y buscar la opción “Abrir”, así como también se puede hacer uso del icono “Abrir” en la barra de herramienta.



Pantalla 3. Menú de Archivo de la Pantalla Principal.

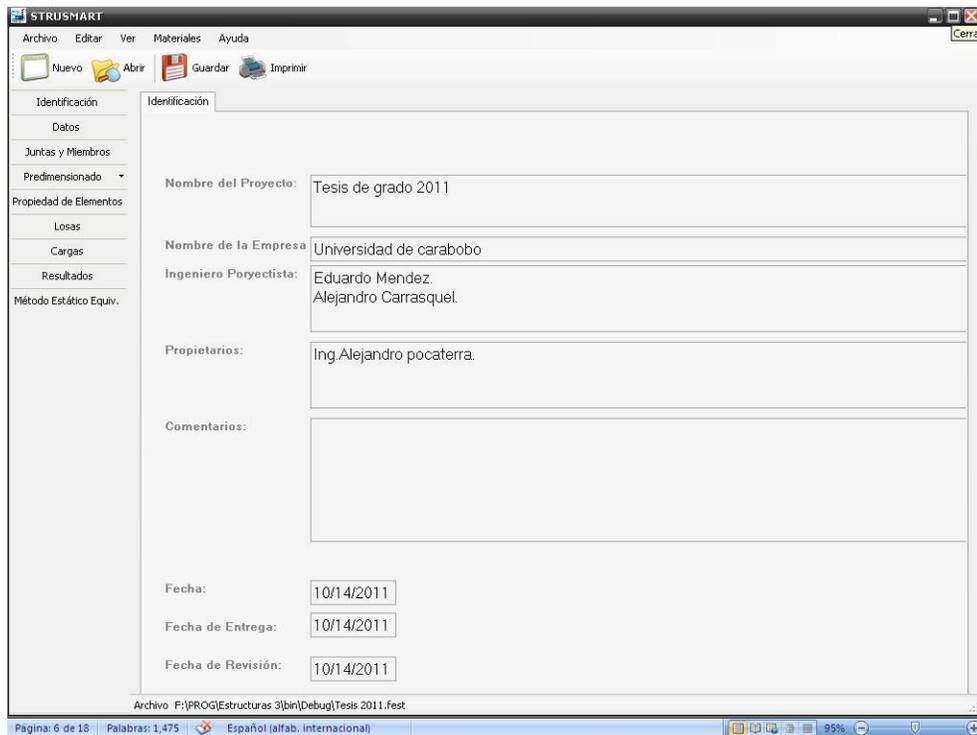
4.2.2 Iniciar un proyecto

Para dar inicio a un nuevo proyecto se debe hacer click en el menú desplegable “Archivo” y buscar la opción “Nuevo” a si como también se puede hacer uso del icono “Nuevo”, mostrado anteriormente en la pantalla “Inicio”.



Pantalla 4. Comando nuevo archivo, opción guardar.

Luego de hacer click sobre este comando aparecerá inmediatamente la pantalla donde permitirá darle un nombre al nuevo Archivo, para luego mostrar la pantalla de Información del proyecto, en ella se recogerán los datos más importantes del proyecto.

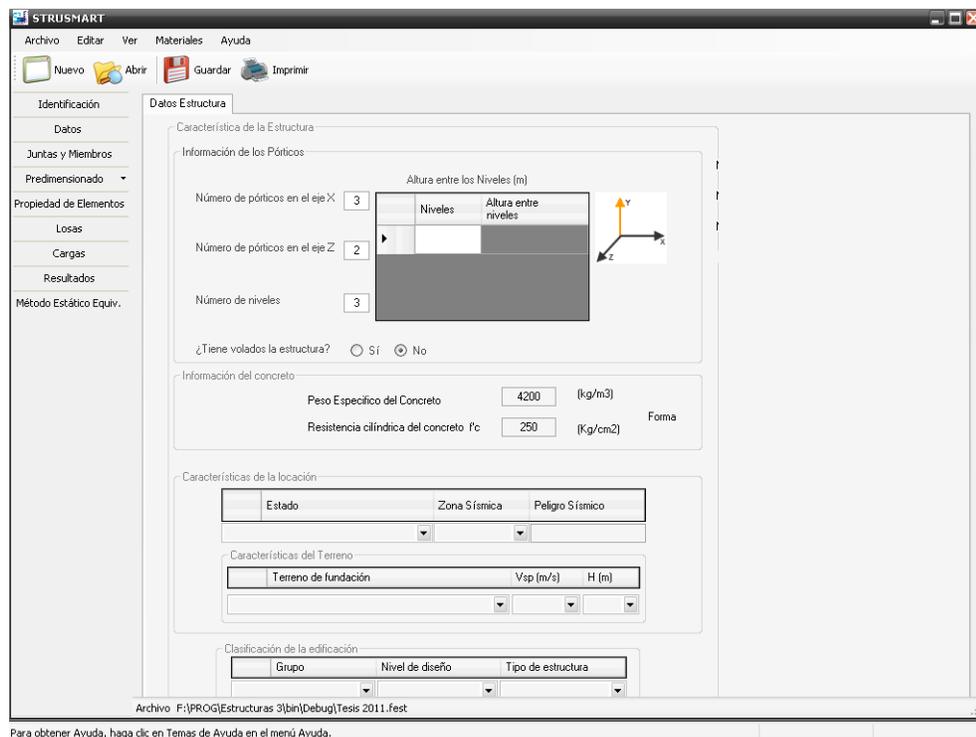


Pantalla 5. Pantalla de Información del Proyecto

En esta pantalla se puede apreciar los datos más relevantes que caracterizan al proyecto, como son el nombre del proyecto, de la empresa, nombre del propietario, comentarios y la fecha de inicio y entrega de la obra en estudio.

4.2.3 Carga de datos

Seleccione la opción “Datos”, aquí ingresará la información acerca de la característica de la estructura, información del concreto, característica de la localización y la clasificación de la edificación.



Pantalla 6. Carga de Datos de la Estructura.

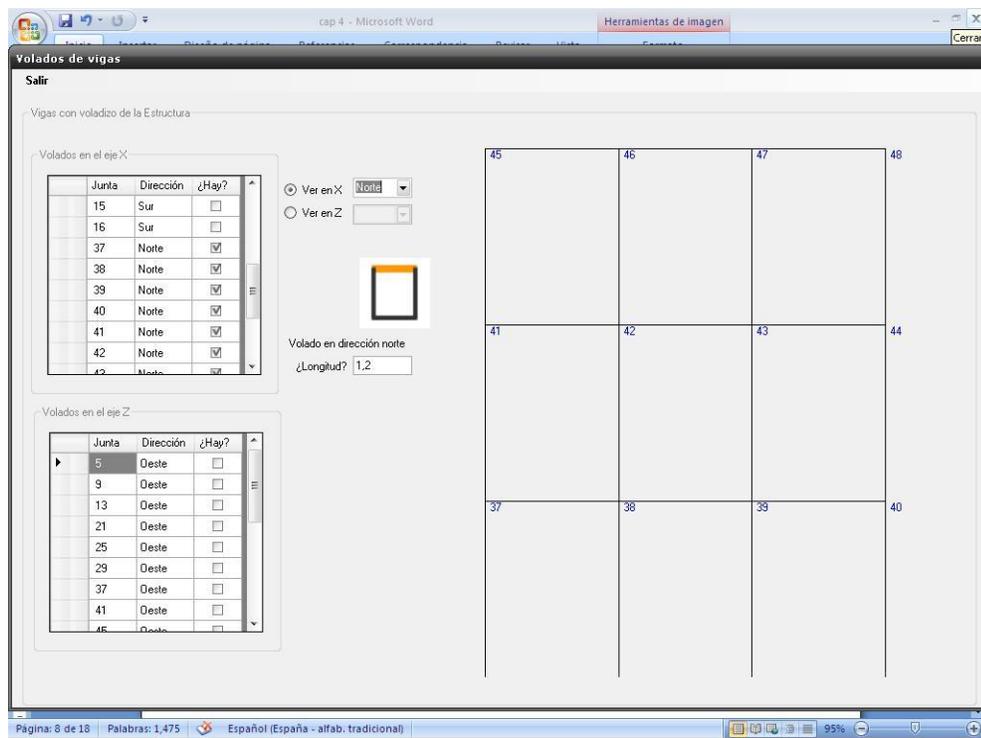
4.2.3.1 Característica de la Estructura

En la sección de características de la estructura, se pide al usuario introducir toda la información de los pórticos en las direcciones X y Z, y el número de niveles de la estructura, de igual manera se le pide la distancia entre cada uno de los pórticos, para realizar la formación de la retícula, de acuerdo a los ejes globales considerados en el programa, luego de introducir todos los datos exigidos el Programa solicitará información acerca de los volados, si la estructura posee elementos en volados al activar la opción “SI” mostrará la ventana de volados en la que se podrá indicar en que juntas se encuentran dichos volados teniendo como referencia los puntos cardinales norte, sur, este y oeste, si se activa la opción “NO” el programa

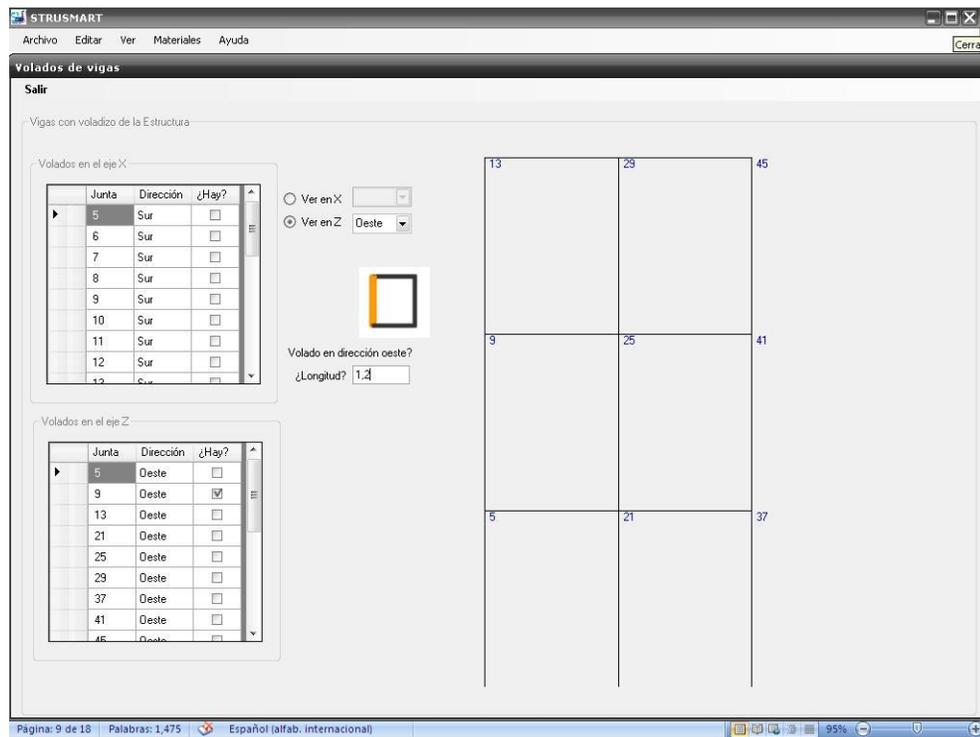
simplemente entenderá que la estructura no posee volados en ninguno de sus elementos.

4.2.4 Carga de elementos en volados

Para ingresar los elementos en volado seleccione en que pórticos se encuentran, al hacer clic “Ver en X” mostrara la Fachada “Norte o Sur”, al hacer clic “Ver en Z” mostrara la Fachada “Este u Oeste”, seguidamente ingrese la longitud del volado y finalmente haga clic en las juntas donde se encuentran los volados y cierre la ventana.



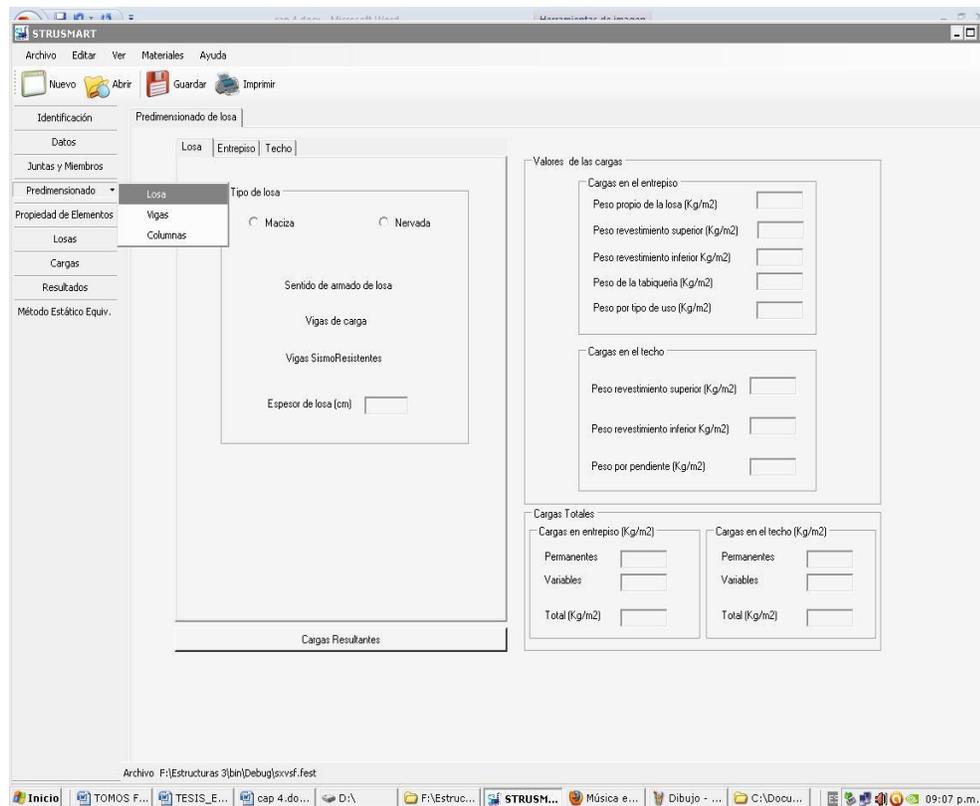
Pantalla 7- Carga de Datos de los Elementos en Volados en la Dirección “X”.



Pantalla 8- Carga de Datos de los Elementos en Volados en la Dirección “Z”.

4.2.5 Predimensionado

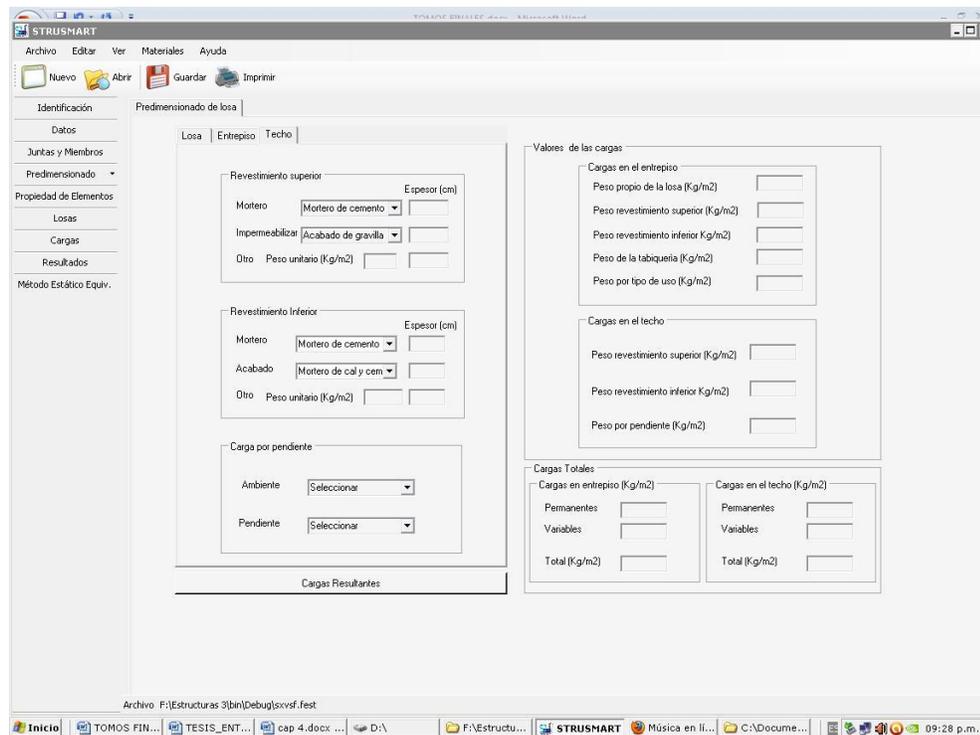
En la pestaña de pre-dimensionado se podrá conseguir los elementos como losas, vigas y columnas. Estos se van a cargar según los diferentes usos que se le van a dar a la estructura que se esta diseñando, lo que dará origen a las cargas de entrepiso y techo.



Pantalla 9- Selección del Tipo de Elemento a Pre dimensionar.

En esta primera pestaña “losa” se tendrá la posibilidad de observar el espesor de losa recomendado por el programa además de tener la posibilidad de modificar este.

Por otra parte a través de las pestañas “entrepiso” y “techo” se podrá indicar para ambos casos cuanto será el revestimiento superior e inferior y tipo de material que lleva la placa, además del tipo de tabiquería presente en la edificación, uso y ambiente todo esto con la finalidad de calcular las cargas de servicio que actuaran sobre la estructura.

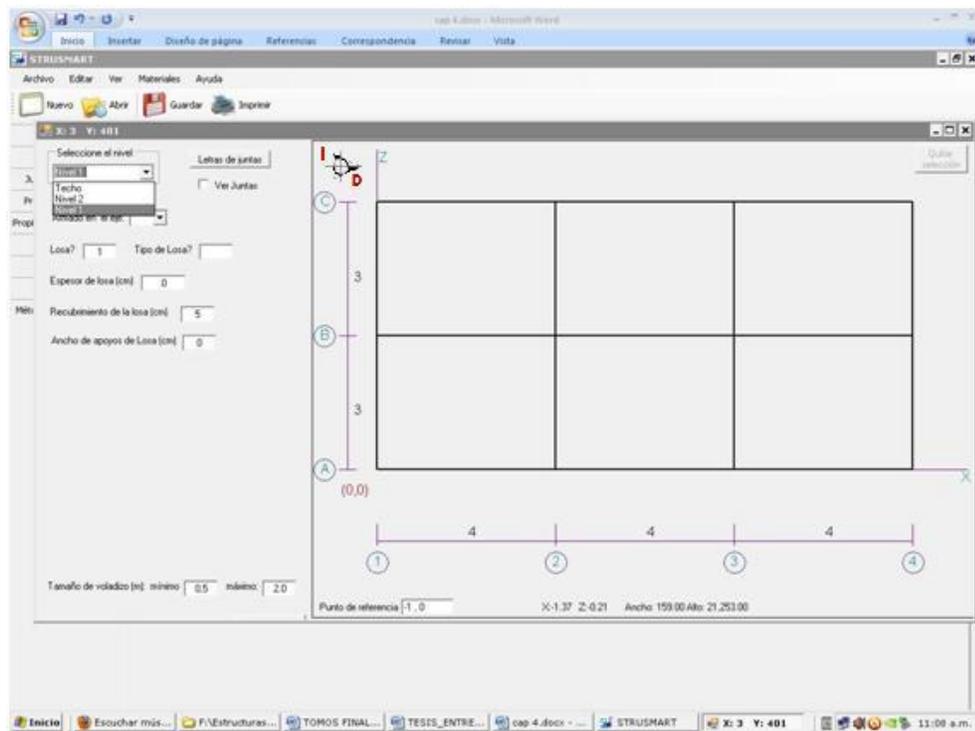


Pantalla 10- Selección y Carga de Datos de la Losa de Techo.

En esta ventana luego de haber seleccionado las cargas de entrepiso se procede a asignar los espesores y materiales que componen la planta techo, luego de culminado este proceso, se pulsa el botón cargas resultantes para obtener las cargas de servicio de la estructura.

4.2.6 Losas

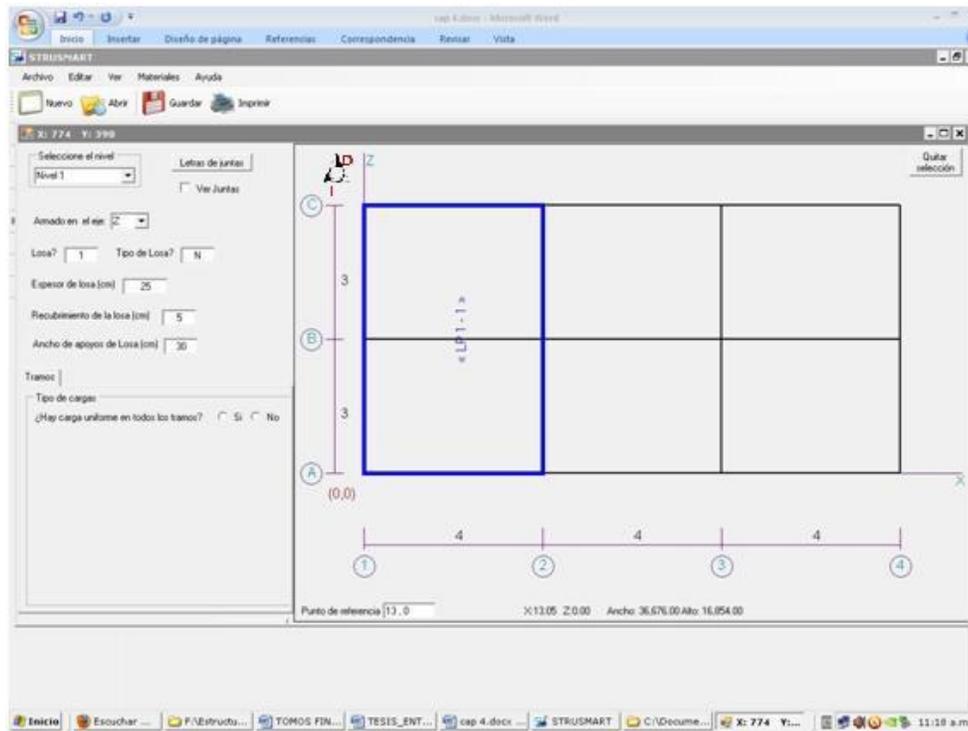
Luego que el programa predimensiona tanto vigas como columnas, se procede a dar click a el botón “Losas” en donde se desplegara una ventana con vistas de planta de cada nivel de la estructura con la finalidad de poder seleccionar la distribución de las mismas con sentido de armado que quedara a criterio del usuario.



Pantalla 11- Selección del nivel en que se realizara la distribución de losas.

Una vez seleccionado el nivel donde se desea trabajar, tipo de losa, altura, sentido de armado y recubrimiento se procede a la selección de la primera losa de la siguiente manera: El usuario deberá hacer click donde desea que comience y arrastrar la selección formando un rectángulo hasta el lugar exacto donde termina (la losa siempre por requisito del programa se deberá trazar de abajo arriba y de derecha a izquierda).

Nota: Si no está conforme con la selección, podrá quitarla con el botón que se ubica a la derecha y en la parte superior que tiene como nombre “Quitar selección”

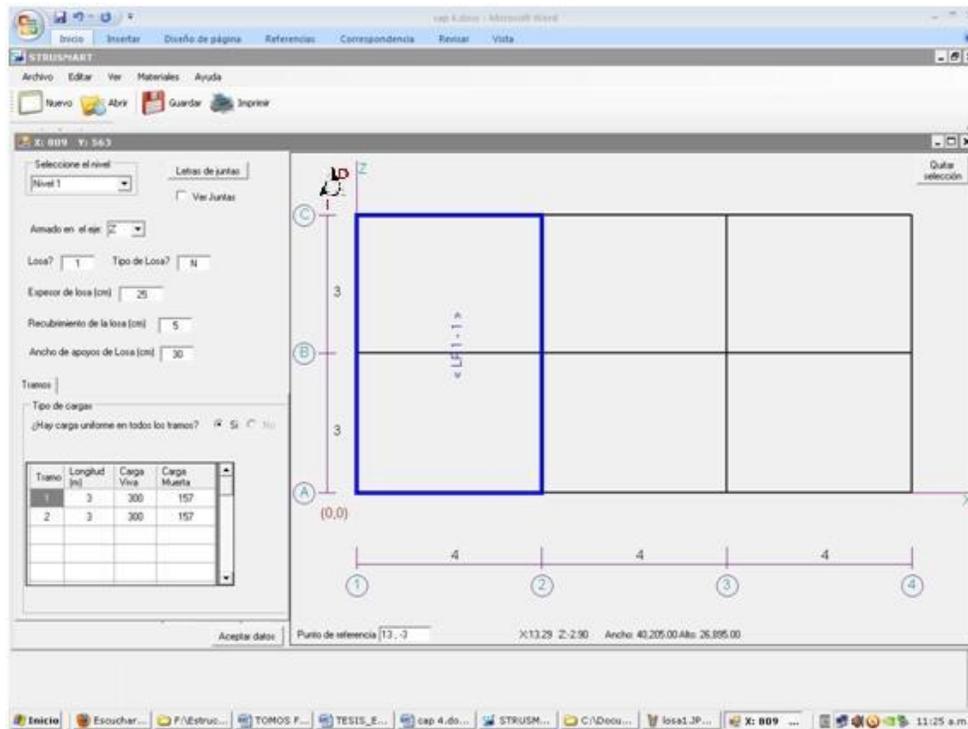


Pantalla 12- Selección de la primera losa de entrespiso con sus respectivos datos.

Ya teniendo la losa seleccionada seguidamente desplegara una nueva pestaña que nos permitirá colocar cargas adicionales a las de servicio si así lo requiere el diseño, con la siguiente pregunta: ¿Hay solamente cargas de servicio en todos los tramos?

4.2.6.1 De la respuesta ser afirmativa “si”

El programa procederá únicamente a colocar las cargas de servicio actuando sobre dicha losa y estará lista para ser calculada al presionar la opción que aparece a continuación llamada “Calcular Losa”



Pantalla 13- Únicamente actúan cargas de servicio sobre la losa.

4.2.6.2 De la respuesta ser negativa “no”

El programa preguntara el número de cargas adicionales que tiene cada tramo de la losa con la siguiente metodología:

Tipo:

1 = carga puntual.

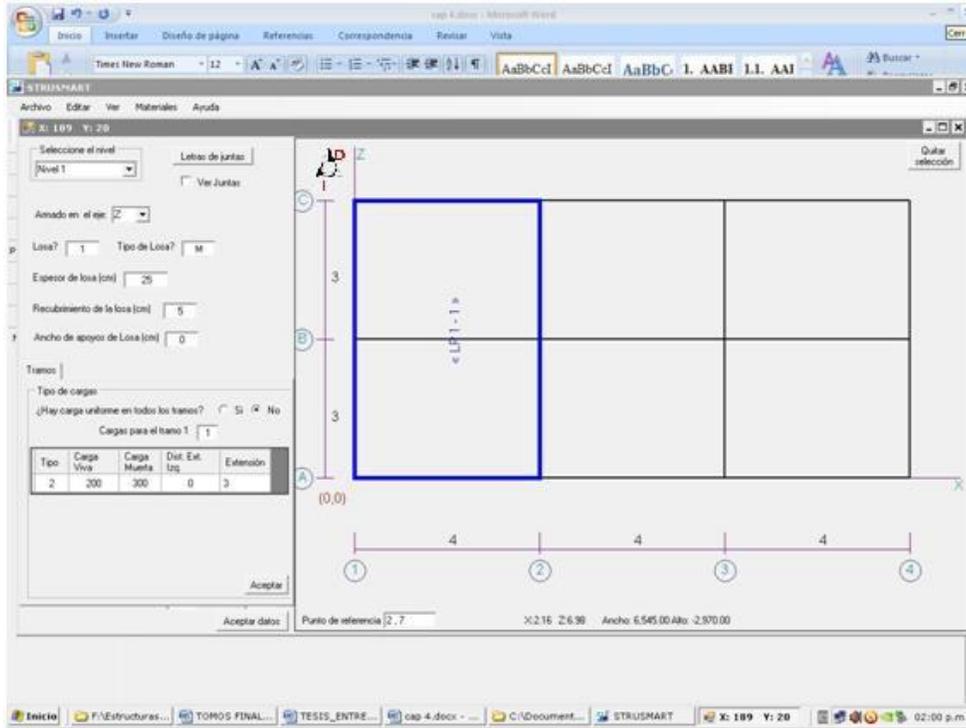
2 =carga distribuida.

Carga Viva: Carga viva a adicionar en el tramo.

Carga Muerta: Carga muerta a adicionar en el tramo

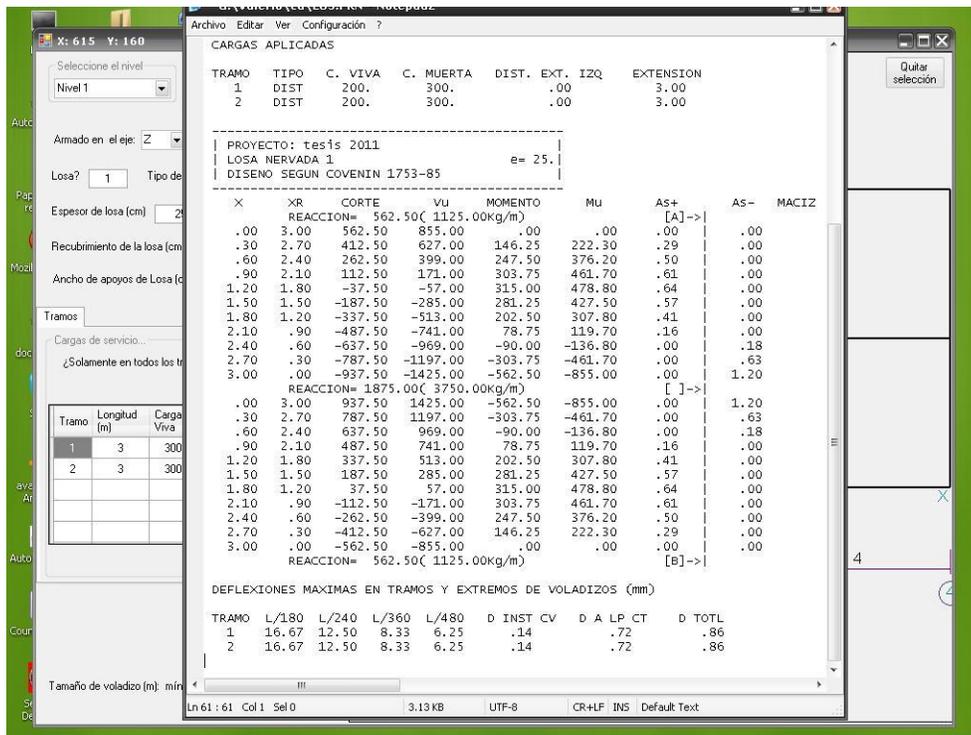
Distancia extremo izquierdo: Primer punto donde comienza la carga adicional siempre referido al extremo izquierdo de la losa.

Extensión: Longitud que ocupa la carga a partir del punto de distancia extremo izquierdo.

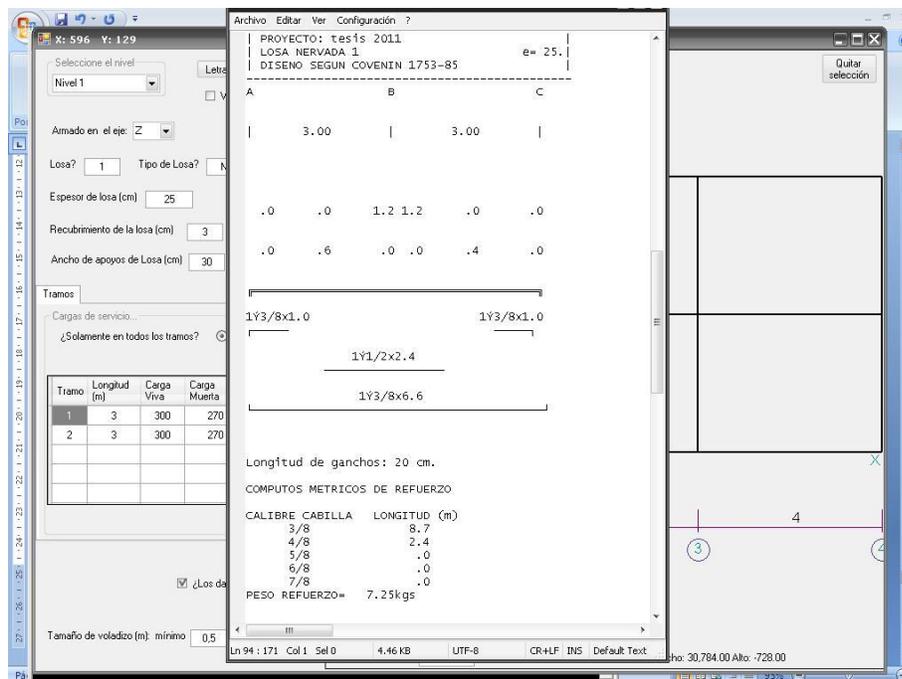


Pantalla 14- Pantalla de cargas adicionales para las losas.

Al ingresar todos los datos antes mencionados para certificar la validez de los mismos se procede hacer tildar en la opción que se encuentra abajo y a la derecha de la tabla “¿los datos están completos?”, y con esto abrir la opción de “Calcular Losa” para obtener los resultados.

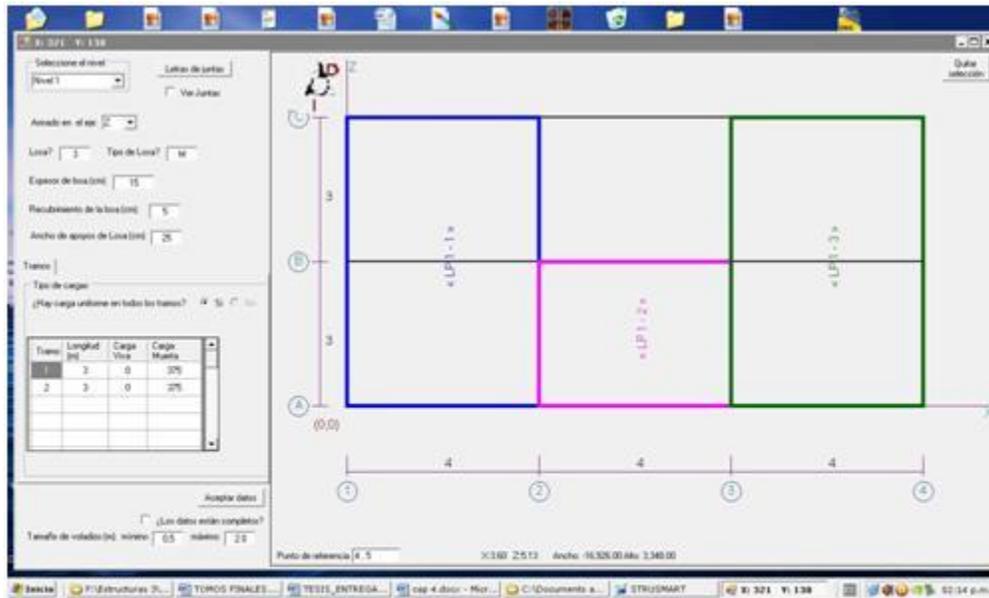


Pantalla 15- Ventana de reacciones, aceros positivos y negativos requeridos por la losa para la configuración de cargas elegida.



Pantalla 16- Ventana de distribución de acero a colocar y cálculos métricos.

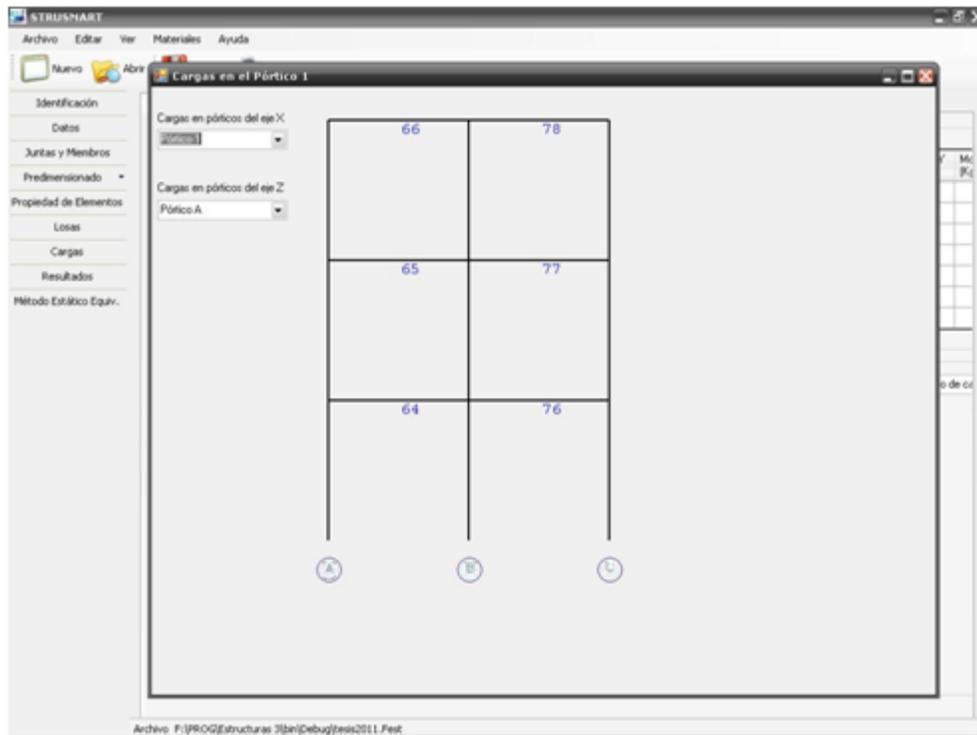
Esta versión 3.0 del programa STRUSMART permite además al usuario colocar losas macizas y nervada en una misma planta de ser requerido por el proyecto.



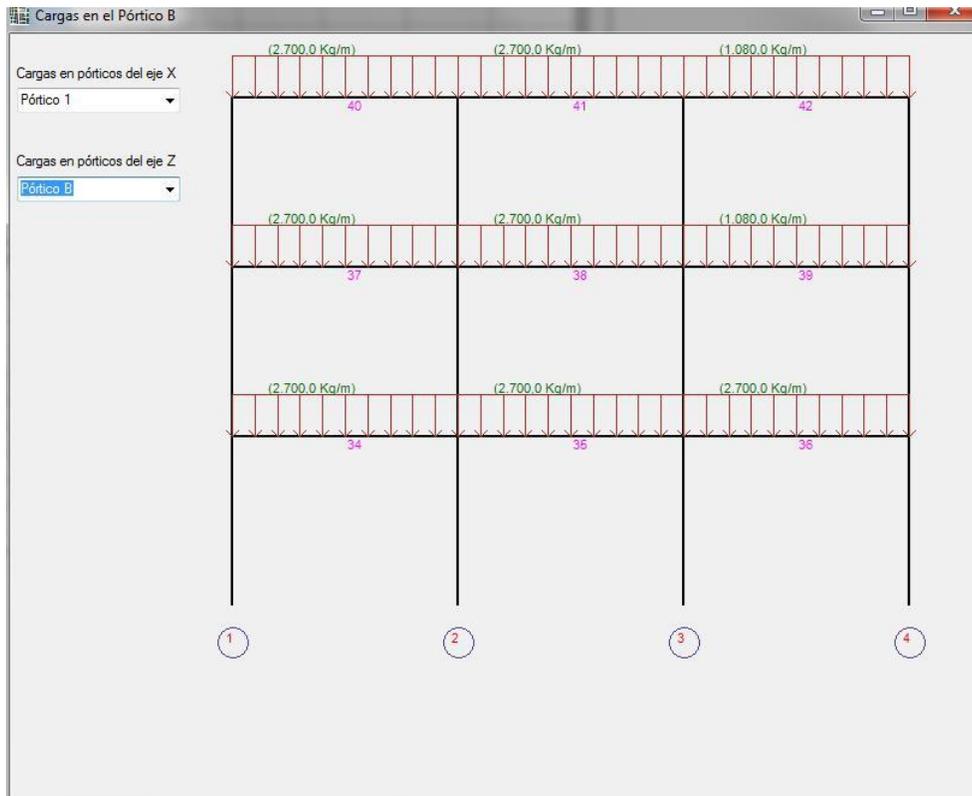
Pantalla 17- Planta con distribución de losas.

4.2.7 Columnas

Cuando se ingresa en “columna” de la sección de “pre dimensionado” se muestran las pestañas “Esquinera”, “Central” y “Lateral”, para cada una de estas se selecciona la forma de la columna “Circular”, “Cuadrada” y “Rectangular”, una vez escogida la forma se muestra las dimensiones de estos elementos.

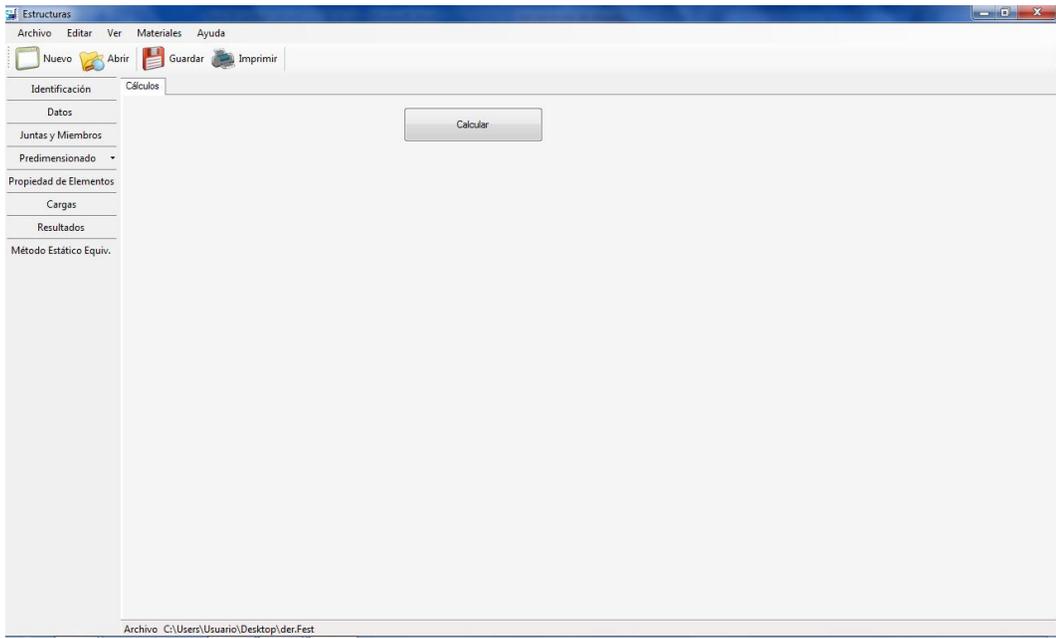


Pantalla 19- Vista de un pórtico en x de la estructura.

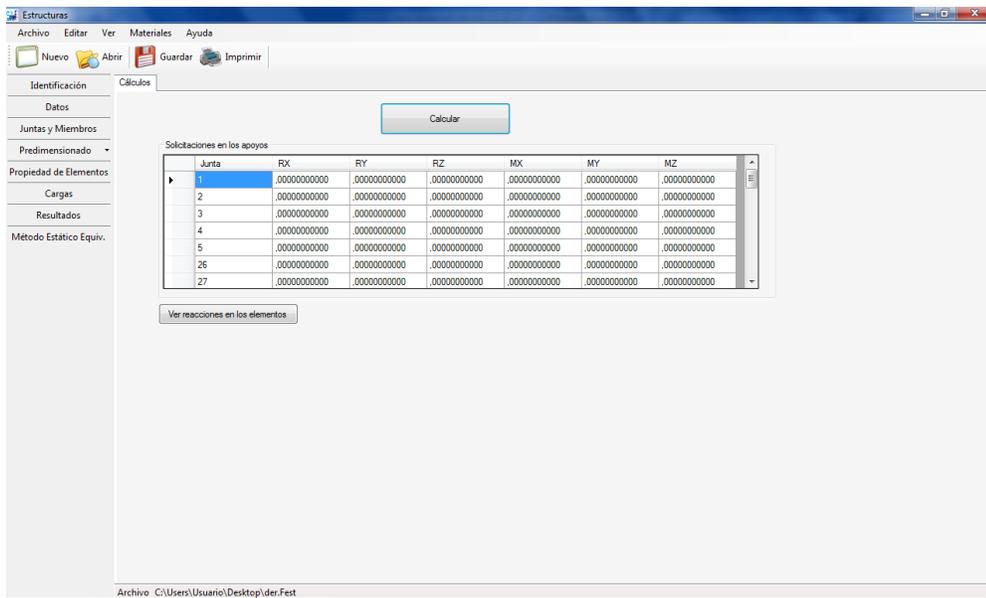


Pantalla 20- Vista de un pórtico en z de la estructura.

Luego de finalizada la introducción de datos, el usuario puede proceder a realizar el cálculo de las solicitaciones haciendo clic en la opción “Resultados”, hacer clic en el botón “Calcular”. Posteriormente aparecerá una pantalla con la tabla de resultados, que contiene la identificación de la junta, y las solicitaciones de la misma.

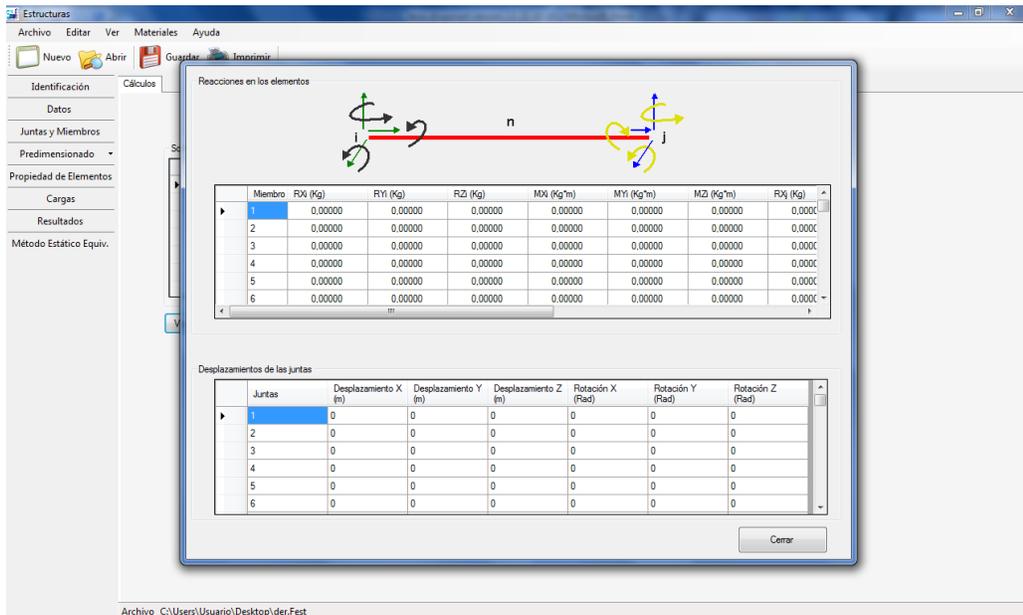


Pantalla 21- Selección de Calcular.



Pantalla 22- Obtención de Resultados.

Al hacer clic en el botón “Ver reacciones en los elementos” aparece una ventana donde mostrara las solicitaciones en los extremos de los miembros.



Pantalla 23- Reacciones en los Elementos.

CONCLUSIONES

Resolución a través del método de análisis matricial de los desplazamientos utilizando diagramas de flujo en lenguaje VISUAL BASIC para el cálculo de las solicitaciones en losas (estructuras hiperestáticas).

Mediante el ajuste del programa STRUSMART en su versión 3.0 se permite la distribución y cálculo de losas de manera fácil, rápida y automática por cada nivel de la estructura.

Adicionar las cargas provenientes de las losas a los pórticos y así completar el proceso de cálculo de dicho programa, arrojando resultados en archivos independientes por cada proyecto listos para imprimir destacando que son respuestas confiables y probadas al hacer comparación con otros programas de cálculo reconocidos por los conocedores de la materia como lo es e SAP2000.

Mediante la elaboración del manual de usuario se ofrece una guía para el correcto uso de esta herramienta, permitiéndole al usuario una mayor interacción y confianza al ingresar los datos y al obtener los resultados.

RECOMENDACIONES

Implementar el STRUSMART 3.0 en las materias de análisis estructural, como complemento para que los estudiantes puedan familiarizarse con el uso de herramientas tecnológicas que le serán de provecho en su ejercicio profesional.

Incrementar la versatilidad del programa a través de la inclusión de vigas auxiliares al diseño estructural.

Adicionar la opción de resolver la distribución de entrepisos con losas reticulares necesaria para cierto tipo de cargas.

Complementar el alcance de este trabajo con el cálculo de sistemas porticados para estructuras de acero y/o de otros elementos, y desarrollar otros módulos que permitan realizar el análisis estructural de otros tipos de sistemas estructurales permitiendo así, conformar un programa completo que permita al usuario una mayor disposición de opciones.

BIBLIOGRAFIA

R.Aguilar Falconi. (2004). *Análisis matricial de estructuras. Escuela politécnica del ejercito.*

FONDONORMA. (2006). PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL. *FONDONORMA 1753-2006* .

FONDONORMA. (2002). Acciones minimas. *FONDONORMA 88-2002* .

Pocaterra, A. (2010). Calculo estructural de losas de entrepiso. *Apuntes de Clase*

Buyones, (2010). Calculo estructural de losas de entrepiso. *Apuntes de clase.*

Barbula: Universidad de Carabobo - Facultad de Ingenieria.

Rocha, J. (2010). Apuntes de Clase. Barbula, Carabobo.

www.construaprende.com

www.wikipedia.com