

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HUANCABELICA



TESIS

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE
ACERO EN COBERTURA MEDIANTE EL MÉTODO DE
ALGORITMOS GENÉTICOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ESTRUCTURA-CONCRETO

PRESENTADO POR:

Bach. ESCOBAR CURASMA, Kevin Angel

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCABELICA-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

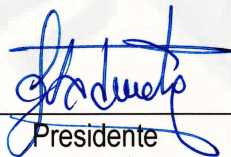
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 04 días del mes de diciembre del año 2019, a horas 4:00 p.m., se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **M.Sc. Hugo Rubén LUJAN JERI (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES (SECRETARIO)**, **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 133-2019-FCI-UNH, de fecha 31 de julio del 2019, así mismo los miembros de Jurados Evaluadores han sido reestructurados con Resolución de Decano N°191-2019-FCI-UNH, de fecha 23 de octubre del 2019 y ratificados con Resolución de Decano N° 249-2019-FCI-UNH de fecha 03 de diciembre del 2019, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO EN COBERTURA MEDIANTE EL MÉTODO ALGORITMOS GENÉTICOS", presentado por el Bachiller **Kevin Angel ESCOBAR CURASMA**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO** como Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas **5:30 p.m.**, se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

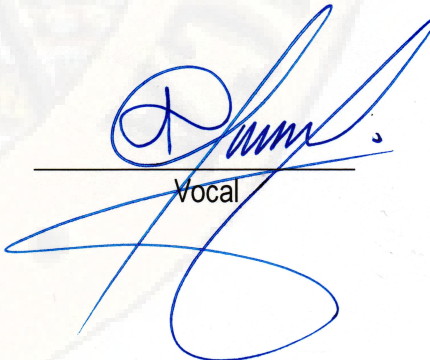
APROBADO ☒ POR...**UNANIMIDAD**.....

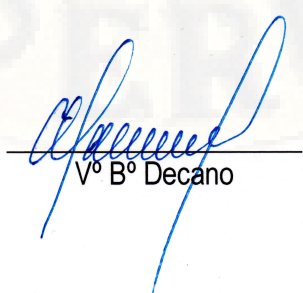
DESAPROBADO ☐

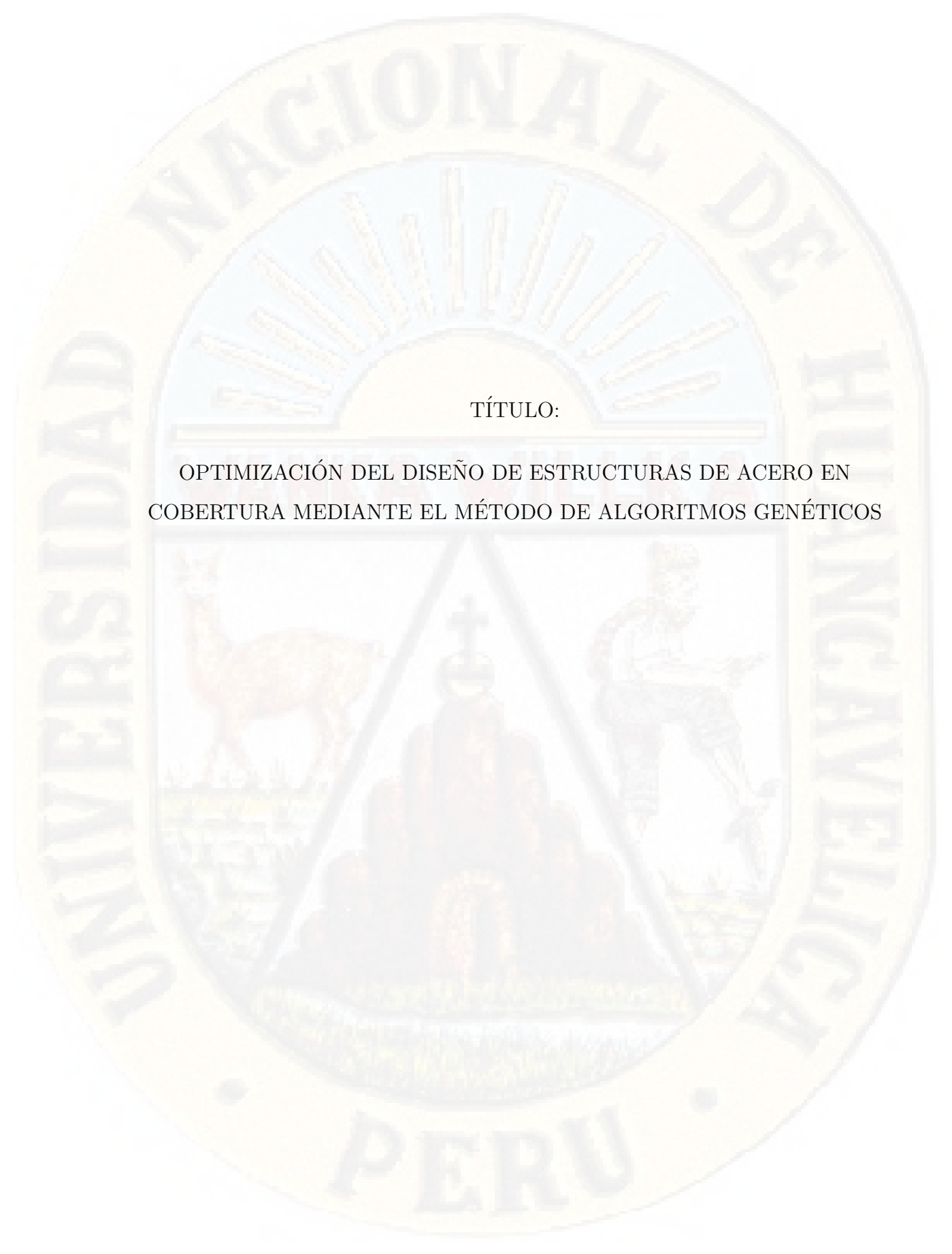
En señal de conformidad, firmamos a continuación:


Presidente


Secretario

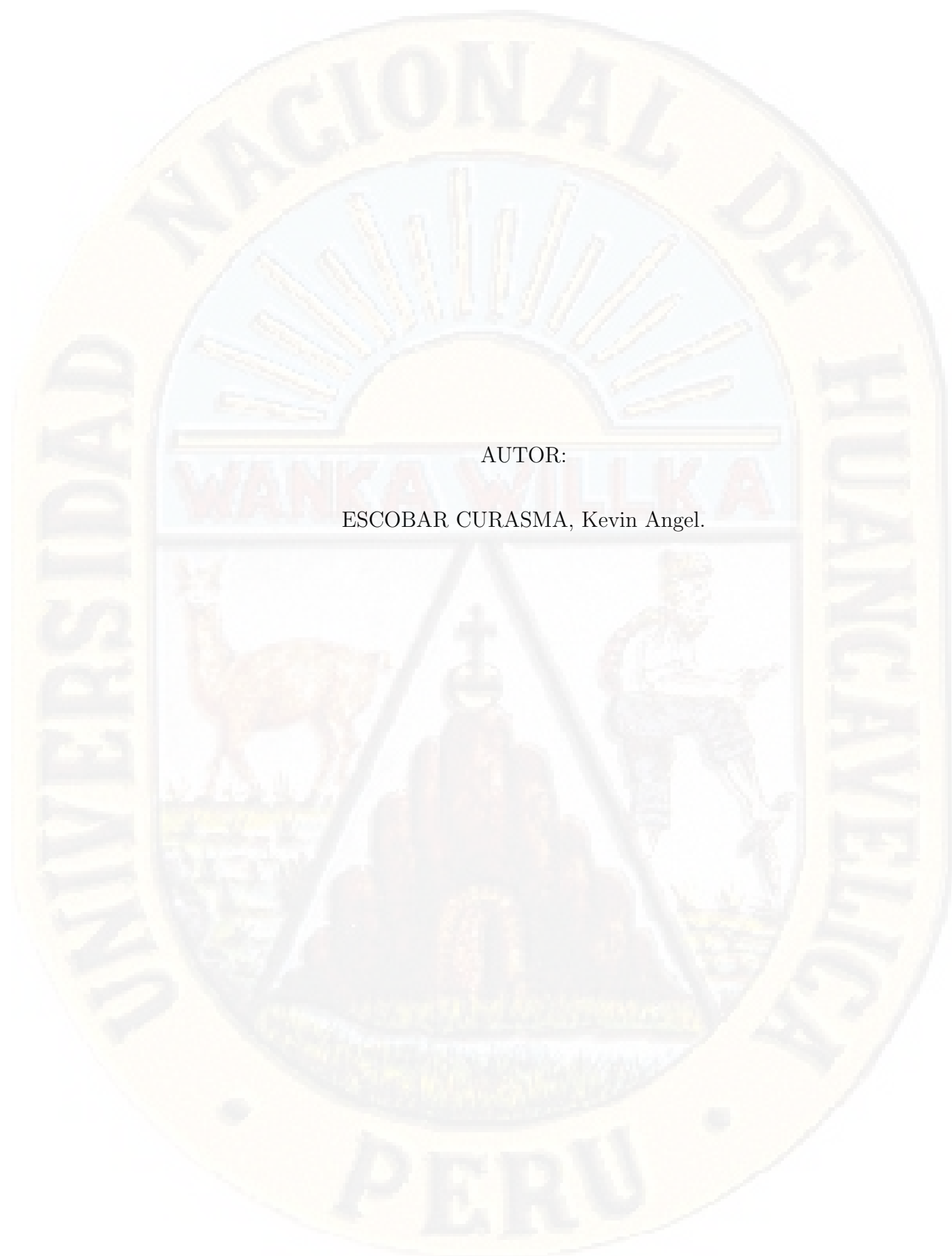

Vocal


Vº Bº Decano



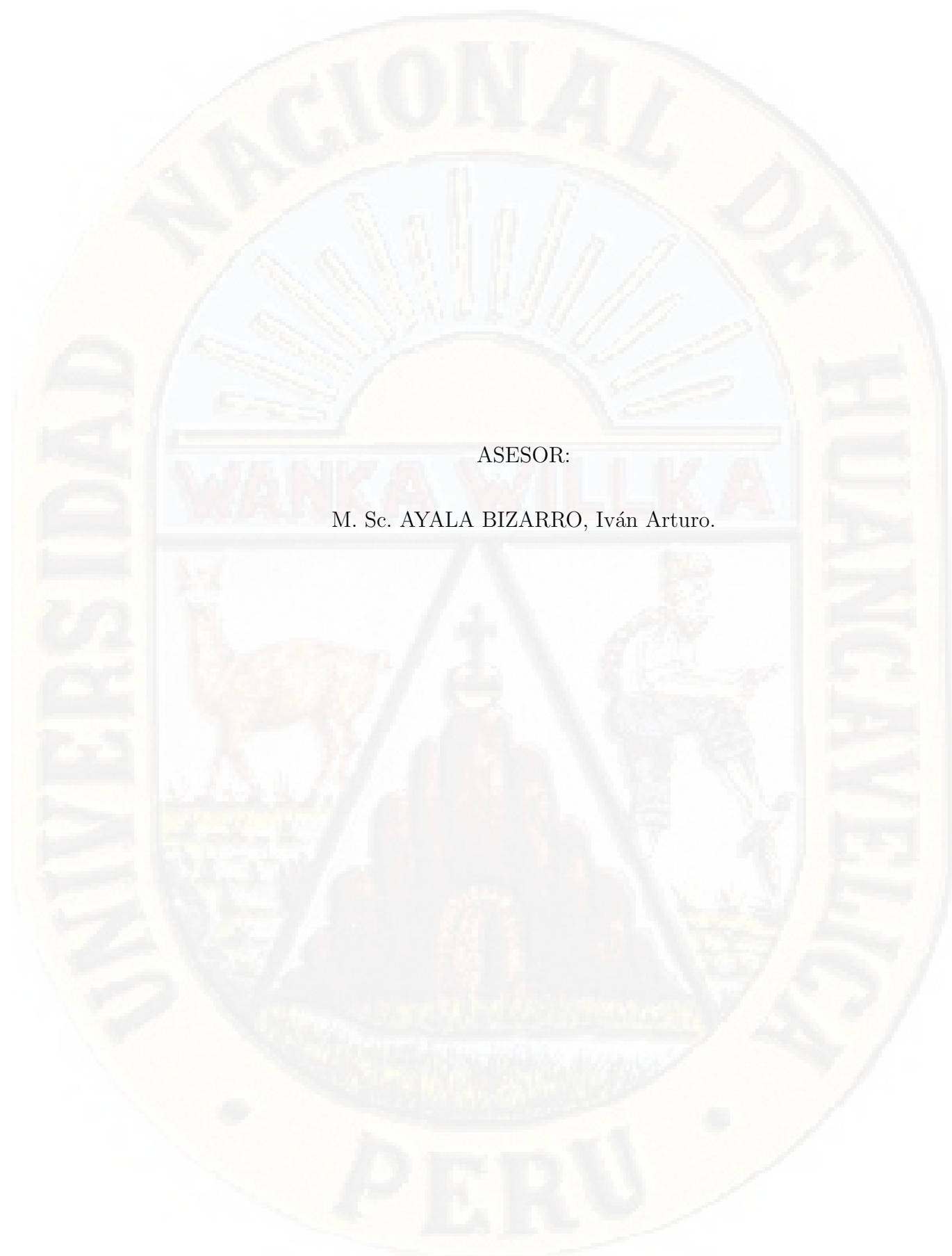
TÍTULO:

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO EN
COBERTURA MEDIANTE EL MÉTODO DE ALGORITMOS GENÉTICOS



AUTOR:

ESCOBAR CURASMA, Kevin Angel.



ASESOR:

M. Sc. AYALA BIZARRO, Iván Arturo.

Dedicatoria

*A mi tía Agustina Curasma Ramos y
hermano Dennis.*

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional de Huancavelica - Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y a los docentes por brindarme y orientarme durante mi formación académica.

Al M. Sc. AYALA BIZARRO, Iván Arturo asesor de esta tesis, por su valiosa orientación y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo de investigación que llevaron al éxito de esta tesis.

Y como no agradecer a mis compañeros que contribuyeron con sus palabras valiosas y consejos para hacer realidad este trabajo de investigación.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se desarrolla una optimización del diseño de estructuras de acero en cobertura mediante algoritmos genéticos (AG) mediante la programación en el lenguaje fortran y la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) de SAP2000 v.19, con el objetivo de reducir la cantidad de material y con ellos el costo, el método de AG es un modelo metaheurístico el cual consiste en hacer búsquedas aleatorias en el espacio de solución de las variables con ciertas restricciones con una aproximación más cercana a la función objetivo (FO), para lo cual se tendrá en cuenta la optimización de sección o definida para el AG variables de la Función Objetivo para el cual se consideraron 5 variables con la finalidad de uniformizar las regiones de la viga principal y vigueta siendo estas la diagonale, brida inferior, brida superior, correa interior y correa exterior.

Para la inicialización de la optimización del diseño de estructuras de acero se consideró todos los perfiles de secciones a partir del cual se creará una población dinámica que ira convergiendo a la solución más óptima respetando las restricción, para estas se consideró el diseño de resistencia mediante el método de *Load and Resistance factor design* (LRFD) que se considera en la E.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los límites de desplazamientos verticales de los nodos y las restricciones de la relación de esbeltez para los elementos sometidos a compresión, a su vez se declaro los parámetros del AG dado por probabilidad de cruzamiento (40 % estrategia de simple cruce), probabilidad de mutación (20 %), elitismo de 5 y número máximo de generaciones según a la cantidad de secciones que presenta un perfil.

Se diseñó la estructura metálica en cobertura del Complejo Juan Pablo II

(muestra) para el cuál se evaluaron cinco tipos de perfiles circular, tubular, cuadrado, ángulo y IPN. para sus diferentes secciones comerciales para la obtención de la cantidad de material o peso representativo de la viga y vigueta.

Los resultados obtenidos para la sección óptima es tubular con una reducción de material de 27.22 %, con un peso representativo de 11429.10 kg. cuyas variables de la función objetivo son los diámetros exteriores de la sección transversal de los diferente elementos estructurales las cuales vienen a ser diagonal 1", brida inferior 2 3/8", brida superior 1 1/2",correa interior 1" y correa exterior 1 1/2".

Palabras Claves: Metaheurístico, Algoritmos genéticos (AG),Función Objetivo,Espacio de Búsqueda,Elitismo,Relación de Esbeltez, Diseño por Resistencia,Pandeo por flexión.

Abstract

In this research work, an optimization of the design of steel structures in coverage is developed through genetic algorithms, with the aim of reducing the amount of material and with them the cost, it is carried out through a metaheuristic model based on genetic algorithms, which consists of random searches in the solution space of the variables with certain restrictions with a closer approximation to the objective function, for which the section and geometric optimization will be taken into account.

For the initialization of the optimization of the design of steel structures, all section profiles were considered from which a dynamic population will be created that will converge to the most optimal solution respecting the constraints, for these the design of resistance was considered through the method of textit Load and Resistance factor design (LRFD) which is considered in E.090 of the National Building Regulations, the limits of vertical displacements of the nodes and the restrictions of the slenderness ratio for the elements subjected to compression.

The covered metal structure of the Juan Pablo II Complex (sample) was designed for which five types of circular, tubular, square, angle and IPN profiles were evaluated. for its different commercial sections to obtain the amount of material or representative weight of the beam and joist.

The results obtained for the optimal section is tubular with a material reduction of 32.22 % which means that it is oversized with a representative weight of 954.62 kg. whose objective function variables they are the outer diameters of the cross section of the different structural elements which come to be diagonal 1 in

, bottom flange 2 1/2 in , flange upper 1 1/2 in , inner belt 2 3/8 in and outer belt 2 1/2 in.

Keywords: Metaheuristic, Genetic Algorithms (AG), Objective Function, Search Space, Elitism, Slenderness Ratio, Resistance Design, Flex Buckling.



Índice general

Portada	1
Título	2
Autor	3
Asesor	4
Dedicatoria	5
Agradecimiento	6
Resumen	7
Abstract	9
Índice General	14
Índice de Figuras	17
Índice de Tablas	19
Presentación	20
1. Problema	22
1.1. Planteamiento del problema	22
1.2. Formulación del problema	23
1.2.1. Problema general	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. Objetivos	23

1.3.1.	Objetivo general	23
1.3.2.	Objetivo específico	24
1.3.3.	Justificación	24
2.	Marco Teórico	26
2.1.	Antecedentes	26
2.1.1.	Antecedentes Locales	26
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	26
2.1.3.	Antecedentes Internacionales	27
2.2.	Base Teórica	29
2.2.1.	Análisis Estructural - Método de Elementos Finitos	29
2.2.2.	Cargas E.020	33
2.2.3.	Resistencia de Diseño del acero según a E.090 de Estructuras Metálicas	38
2.2.4.	Deformaciones verticales máximas permisibles según RNE E-090 Estructuras Metálicas	45
2.2.5.	Tipos de conexiones en acero según a la RNE E-090 Estructuras Metálicas	46
2.2.6.	Perfiles de estructuras de acero	47
2.2.7.	Optimización Estructural	50
2.2.8.	Métodos para la Optimización	51
2.2.9.	Algoritmo Genético	53
2.2.10.	Diseño Estructural Óptimo en la estructura de acero empleando Algoritmos Genéticos	62
2.2.11.	Formulación del Problema de Optimización de la estructura de acero en la cobertura	64
2.3.	Hipótesis	71
2.3.1.	Hipótesis general	71
2.3.2.	Hipótesis específicos	71
2.4.	Identificación de variables	71
2.4.1.	Variable independiente	71
2.4.2.	Variable dependiente	71

3. Metodología de la Investigación	72
3.1. Ámbito de estudio	72
3.2. Tipo de Investigación	72
3.3. Nivel de Investigación	73
3.4. Método de Investigación	73
3.5. Diseño de Investigación	73
3.6. Población, Muestra	74
3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	74
3.8. Procedimientos de Recolección de Datos	75
3.9. Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos	75
3.9.1. Análisis de datos	75
4. Resultados	76
4.1. Presentación de Resultados	76
4.1.1. Descripción de la Estructura	76
4.1.2. Códigos y Normativas	77
4.1.3. Datos Generales de los materiales	77
4.1.4. Predimensionamiento de los elementos de la estructura warrren tipo arco	77
4.1.5. Metrado de Carga	78
4.1.6. Análisis Sísmico según a la E.030	81
4.1.7. Optimización del diseño estructuras de acero en coberturas mediante algoritmos genéticos	82
4.1.8. Comparación entre la estructura óptima y la ejecutada	96
4.2. Discusión	99
4.2.1. Prueba de hipótesis	99
4.3. Conclusiones	100
4.4. Recomendaciones	101
5. Referencia Bibliográfica	102
REFERENCIA	102
6. Anexos	116
ANEXOS	116

6.1. Modelamiento de la Estructura de acero en sap2000 v.19	116
6.1.1. Interfaz del Programa	116
6.1.2. Inicializando un nuevo Modelo	116
6.2. Tablas de resultados para cada sección de esfuerzos de resistencia y desplazamientos	124
6.2.1. Sección Circular(Generación 150)	124
6.2.2. Sección Tubular(Generación 150)	138
6.2.3. Sección Cuadrada(Generación 30)	153
6.2.4. Sección Ángulo(Generación 40)	167
6.2.5. Sección IPN (Generación 60)	181
6.3. Código Fuente	195
6.4. Perfiles de barras de acero comerciales	229

Índice de figuras

2.1. Sistema de coordenada cartesiana y normalizado	31
2.2. Mapa eólico del Perú	37
2.3. Esfuerzo de falla VS Relación de Esbeltes	40
2.4. Factores de longitud efectiva	42
2.5. Curva según el AISC.	44
2.6. Perfiles de Acero	48
2.7. Esfuerzo VS deformación	49
2.8. Propiedades mecánicas de aceros estructurales	49
2.9. Métodos de la optimización	51
2.10. Método tradicional de diseño	52
2.11. Diagrama principal	54
2.12. Proceso genético	55
2.13. Algoritmo del proceso genético	59
2.14. La interfaz de programación de aplicaciones de SAP2000	63
2.15. Estructuras Metálicas	64
2.16. Diagrama de flujo del problema	65
3.1. Ubicación de Muestra	72
4.1. Elementos internos de la estructura metálica en cobertura	78
4.2. Solución al problema principal	83
4.3. Elementos estructurales de la estructura en cobertura de acero	84
4.4. Gene_20_Indiv_13	86
4.5. Gene_50_Indiv_10	86
4.6. Gene_80_Indiv_13	86
4.7. Gene_100_Indiv_10	86

4.8. Gene_1_Indiv_2	88
4.9. Gene_15_Indiv_2	88
4.10. Gene_35_Indiv_7	88
4.11. Gene_45_Indiv_11	88
4.12. Gene_5_Indiv_8	91
4.13. Gene_15_Indiv_17	91
4.14. Gene_20_Indiv_8	91
4.15. Gene_30_Indiv_8	91
4.16. Gene_5_Indiv_9	93
4.17. Gene_25_Indiv_9	93
4.18. Gene_35_Indiv_9	93
4.19. Gene_40_Indiv_14	93
4.20. Gene_5_Indiv_50	96
4.21. Gene_60_Indiv_50	96
4.22. Gene_80_Indiv_45	96
4.23. Convergencia del peso mínimo para los diferentes perfiles	97
6.1. Interfaz del programa sap2000 v.19	116
6.2. Definiendo material	117
6.3. Definiendo material	118
6.4. Modelo Final de la Estructura de acero	118
6.5. Definición de las cargas	119
6.6. Definición de los casos de carga	119
6.7. Definición de las combinaciones	119
6.8. Asignación de Cargas	120
6.9. Carga de viento	120
6.10. Asignación del peso de la estructura factorada	121
6.11. Asignación del coeficiente sísmico	122
6.12. Diagrama de carga axial	122
6.13. Diagrama de carga axial	122
6.14. Diagrama de momento flector	123
6.15. Diagrama de fuerza cortante	123
6.16. "L"	229

6.17. Circular	229
6.18. Cuadrada	231
6.19. Tee	231
6.20. Canal U	232



Índice de tablas

2.1. Factor de forma (C)	36
2.2. Deflexiones Permisibles	46
2.3. Operador Cruce	60
4.1. Longitudes de los elementos internos de la estructura	78
4.2. Sobrecargas	79
4.3. Metrado de carga muerta	79
4.4. Metrado de carga viva	79
4.5. Metrado de carga de nieve	79
4.6. Metrado de carga de viento	81
4.7. Factores del coeficiente basal	81
4.8. Variables de la función objetivo para la sección Circular	84
4.9. Restricciones de la Función Objetivo	85
4.10. Variables para diferentes generaciones	85
4.11. Variables de la función objetivo para la sección Tubular	87
4.12. Restricciones de la función objetivo	87
4.13. Variables para diferentes generaciones	88
4.14. Variables de la función objetivo para la sección Cuadrada	89
4.15. Restricciones de la Función Objetivo	90
4.16. Variables para diferentes generaciones	90
4.17. Variables de la función objetivo para la sección ángulos	92
4.18. Restricciones de la Función Objetivo	92
4.19. Variables para diferentes generaciones	93
4.20. Variables de la función objetivo para la sección IPN	94
4.21. Restricciones de la Función Objetivo	95
4.22. Variables para diferentes generaciones	95

4.23. Dimensiones de la estructura ejecutada	97
4.24. Resumen de la optimización del peso de los perfiles	98
4.25. Derivas para las dos direcciones	98
6.1. Perfil "L"	229
6.2. Perfil Circular	230
6.3. Perfil Cuadrado	231
6.4. Perfil Tees	232
6.5. Perfil Canal U	232

Introducción

Actualmente vivimos en un mundo globalizado en constante desarrollo a nivel constructivo donde la escasez de materias primas y el incremento de la demanda de estas empuja a los ingenieros estructurales a reducir la cantidad de material de las estructuras, y con ello a tratar de conservar los recursos naturales que además orientan a la disminución de los materiales utilizados en las estructuras de construcción trascienda a niveles más importantes. Indirectamente al disminuir la cantidad de material también se afectan otros aspectos, como son el transporte y el montaje, y con ello el consumo de combustibles y de energía no renovable.

En este trabajo se busca la automatización del diseño de las estructuras metálicas con la cantidad de material óptima. Se trata de la estructura metálica tipo arco del complejo Juan Pablo II al cual se hizo un rediseño para las secciones de cada elemento y geométrica bajo la solicitaciones de cargas. La intervención del programador se limita a establecer las restricciones y una base de datos de las secciones comerciales a emplear en el diseño de la estructura. Se emplean una forma de inteligencia artificial mediante algoritmos genéticos (AGs) para la metodología de la propuesta. Finalmente se hará la comparación con la estructura propuesta en el lugar de estudio.

Para la solución se programó una herramienta computacional concatenada con la interfaz de programación de aplicaciones de SAP2000, para observar las iteraciones y un mejor entendimiento acerca de algoritmos genéticos. Esta herramienta, basada en el principio de Darwin, genera soluciones que agrupa en un conjunto llamado generación. Las restricciones son en este caso las condiciones ambientales a las que se enfrentarán nuestras soluciones (individuos). De estas condiciones se

derivan las restricciones y penalizaciones de nuestros individuos. Las restricciones son límites que el individuo no debe rebasar al aplicarle las condiciones del medio. Las penalizaciones son cargas numéricas agregadas a la calificación de adaptabilidad de nuestro individuo. La adaptabilidad depende del objetivo que se tenga en el problema. Aquí lo que se quiere optimizar es la cantidad de material con ello la masa de la estructura. Entonces la penalización es la masa adicional que se agregan a la masa de la estructura. Estas penalizaciones van variando según el peso de la restricción que se haya restringido. Después del proceso en donde se califica a una generación los individuos son clasificados y seleccionados para formar parejas. A estas parejas se les aplican las operaciones genéticas (mutación, cruzamiento y reproducción) para formar una nueva generación de individuos. El proceso anterior se repite hasta que se alcanza el criterio de paro. Este puede ser un determinado número de generaciones, la convergencia de la solución o el haber encontrado el óptimo global de la solución.

Finalmente, se mostrará el estado de resistencia (relación de demanda y resistencia) de todos los elementos de la estructura para dar la veracidad de la metodología utilizada así como los perfiles con secciones óptimas.

Capítulo 1

Problema

1.1. Planteamiento del problema

En el Perú y el mundo, el sector constructivo está en constante desarrollo, donde la escasez de materias primas y el incremento de la demanda de material motivan a reducir la cantidad de material de las estructuras sin comprometer la seguridad de esta, y con ello tratan de conservar los recursos naturales y se orienta a la disminución de los materiales utilizados en las estructuras de construcción. Así mismo al disminuir la cantidad de material también se afectan otros aspectos, como son el transporte y el montaje y, con ello, el consumo de combustibles y de energía no renovable.

Los programas de diseño estructural no presentan una herramienta que logre automatizar con ayuda de la inteligencia artificial el diseño estructural, actualmente esto se logra manualmente con criterios del diseñador y experiencia, lo cual motiva a ingenieros estructurales obsesionados y aficionados por la optimización estructural a desarrollar esta herramienta estando aún en investigación como lo es para Autodesk y CSI, esto se espera para las versiones siguientes.

Con todo lo expuesto anteriormente se espera reincorporar las buenas costumbres del diseño estructural sin sobredimensionamiento y sobrevalorado en costos haciendo de estos un proyecto viable y óptimo.

Así mismo con este trabajo se espera motivar e incentivar a desarrollar investigaciones sobre optimización estructural y no solo en estructuras metálicas sino en estructuras de concreto armado considerando todas las restricciones establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

El presente proyecto de investigación tiene como fin determinar la optimización de diseño de estructuras de acero en la cobertura mediante algoritmos genéticos tomado como muestra el complejo Juan Pablo II en el distrito de Ascensión, ciudad de Huancavelica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la efectividad del método de algoritmos genéticos en la optimización del diseño de estructura de acero en coberturas para la reducción del material de la estructura de acero?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serían las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en cobertura luego de aplicar el método de algoritmo genético?.
- ¿Cuáles serían las fuerzas importantes máximas para cada elemento luego de aplicar el método de algoritmos genéticos?.
- ¿Cuáles serían los parámetros de búsqueda para la aplicación de algoritmos genéticos?.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál es la efectividad del método de algoritmos genéticos en la optimización del diseño de estructura de acero en coberturas para la reducción

del material de la estructura de acero.

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar cuáles serían las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en cobertura luego de aplicar el método de algoritmo genético.
- Determinar cuáles serían las fuerzas importantes máximas para cada elemento luego de aplicar el método algoritmos genéticos.
- Determinar cuáles serían los parámetros de búsqueda para la aplicación de algoritmos genéticos.

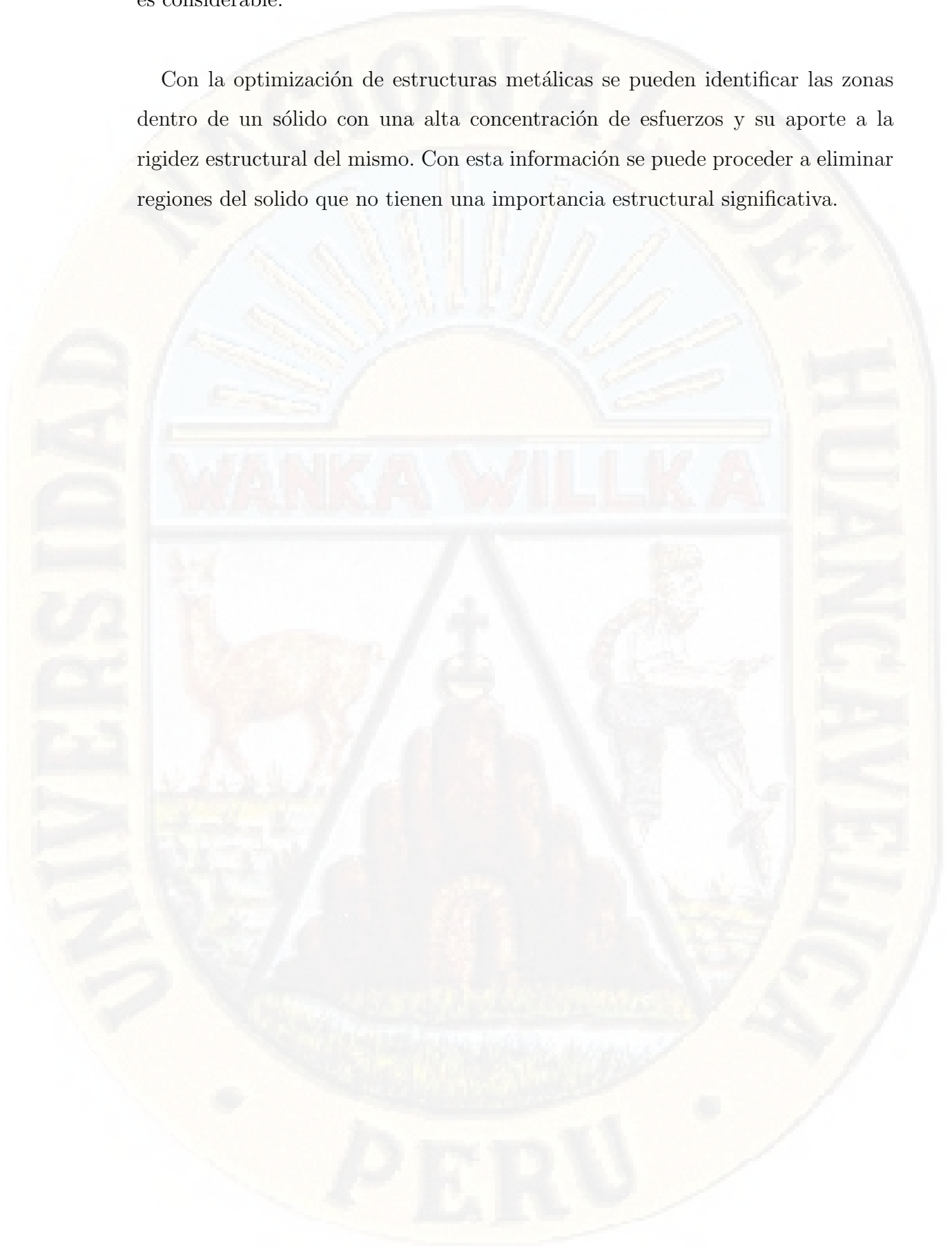
1.3.3. Justificación

La optimización del material utilizado en los elementos estructurales, para condiciones de carga y resistencia definidas, es un desafío permanente del ingeniero estructural. En esta tarea, además del aspecto técnico, intervienen otros compromisos del ingeniero estructural como: la mitigación del impacto ambiental reduciendo la extracción y procesamiento de recursos naturales, la disminución de los costos de fabricación, transporte, montaje y mantenimiento. Todo esto conlleva a una reducción en el costo de los elementos estructurales sin comprometer su seguridad.

En la mayoría de los diseños planteados, en la actualidad los ingenieros proyectistas basan la concepción de la optimización de la estructura de retícula en ideas fundamentadas en diseños previos, en aquellos establecidos en la literatura, en la experiencia o en argumentos subjetivos. De esta manera el proceso de optimización es iterativo en el cual se va buscando paso a paso, con la modificación de la geometría de las secciones, el cumplimiento de los requisitos de diseño y normativos del conjunto de la estructura y de cada elemento. En este aspecto la optimización interfiere de manera determinante, no solamente definiendo parámetros como el tamaño y disposición de las secciones de los elementos, sino que es capaz de abordar el problema desde el punto mismo de la determinación de la topología y dimensiones más óptimas; por esta razón su grado de optimización

es considerable.

Con la optimización de estructuras metálicas se pueden identificar las zonas dentro de un sólido con una alta concentración de esfuerzos y su aporte a la rigidez estructural del mismo. Con esta información se puede proceder a eliminar regiones del sólido que no tienen una importancia estructural significativa.



Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Locales

No se encontraron antecedentes con el trabajo de investigación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

La Torre, (2015), en su tesis de grado: “Optimización del diseño estructural, enfocado en el costo de edificaciones educativas de concreto armado”, en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Tiene como objetivo contribuir al conocimiento sobre la optimización del diseño de estructuras de concreto armado, teniendo como función objetivo a minimizar tales como: el costo directo de las estructuras de concreto armado, definiéndose éste como el costo de los insumos: materiales, mano de obra, equipos y herramientas de las partidas, acero de refuerzo, encofrado, concreto para columnas, placas, vigas y losas; así como de las partidas de concreto y acero en la cimentación.

- En el presente trabajo se ha desarrollado un procedimiento para la optimización estructural, aplicado a edificaciones de uso educativo de concreto armado. Éste se clasificaría como una metodología aproximada, basada en criterios, procedimientos de inspección gráfica de los espacios de diseño, estrategias de subestructuración, minimización de la cantidad de variables activas. El óptimo se obtiene por comparación entre óptimos relativos, pero

en ningún caso se llega a determinar un óptimo absoluto.

- Los resultados obtenidos con el procedimiento de optimización desarrollado, respecto a las dimensiones obtenidas para la sección transversal de columnas, placas, vigas, losas aligeradas, espesor y ubicación de tabiques de albañilería, podrían ser tomados para el caso de un proyecto real como un predimensionamiento que conduciría a tener un menor C.D.E., sin embargo, correspondería al profesional responsable del proyecto el análisis y diseño estructural final.

Machicao, (2015), en su tesis de grado: “Modelo de análisis comparativo para la optimización del diseño de armaduras de techos en la ciudad de Juliaca”, en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Tiene como objetivo general proponer un modelo de análisis comparativo, que nos permite la optimización del diseño de armaduras para techos en la ciudad de Juliaca, de tal forma que permite una correcta elección y diseño de armaduras para el cual abarca en las siguientes conclusiones.

- Del análisis comparativos de los modelos de armaduras estudiados en la investigación; se infiere que la armadura de dos aguas tipo Pratt, es el más óptimo para ser construido dentro de la ciudad de Juliaca, con lo cual tenemos la elección correcta del modelo de armadura, la aplicación del modelo de análisis comparativo propuesto en esta investigación, ha logrado la optimización del diseño de armaduras para techos en la ciudad de Juliaca.
- Del análisis de la variable costo, se concluye que la armadura del modelo de dos aguas es más económica este análisis se encuentra enmarcado en el modelo de optimización del diseño de armaduras de techo de la investigación, el cual permite reducir los costos en la ejecución de proyectos de este tipo.

2.1.3. Antecedentes Internacionales

Camacho, (2017), realizó su tesis doctoral “Optimización Topológica en Estructuras Ensamblables”, en la Universidad Nacional de Colombia. Cuyo objetivo

principal es desarrollar un método para la optimación del ensamble en estructuras bidimensionales, en donde se maximiza la rigidez y la manufacturabilidad de la estructura. Por la naturaleza combinatoria y multi-objetivo del problema se emplea el método NSGA-II para determinar los escenarios óptimos de ensamblabilidad. Inicialmente se obtiene la estructura óptima mediante optimización topológica y, luego se desarrolla un método de reconocimiento de nodos, elementos y conexiones de la estructura. Posteriormente, se desarrollan el modelo matemático de la optimización son con la siguiente afirmación:

- El desarrollo de un método de barrido del resultado obtenido del proceso de optimización topológica, permite la manipulación posterior en procesos posteriores de análisis y síntesis del diseño. El reconocimiento del esqueleto de la estructura topológicamente optimizada permite determinar los nodos de unión de la estructura óptima, y así proporcionar la base para la definición y comparación de los estados posibles de ensamblabilidad de una estructura. De igual forma este proceso constituye un trabajo preliminar para el análisis de problemas tridimensionales, los cuales no pueden ser abordados por medio de los métodos de procesamiento de imágenes presentados en otras investigaciones desarrolladas, y que abarcan la misma problemática tratada en el presente trabajo.

Sánchez, (2016), realizó su tesis doctoral “Optimización estructural y topológica de estructuras morfológicamente no definidas mediante algoritmos genéticos”, en la Universidad Politécnica de Valencia – España. El objetivo principal de la tesis es desarrollar un algoritmo eficiente y robusto que sea capaz de generar un conjunto de estructuras optimas en base a las cargas que estas tengan que soportar y los apoyos que las sustenten, sin partir de ninguna forma, geometría, regla o modelo preconcebido para las mismas, sujetas a ciertas restricciones de resistencia y rigidez.

- Dado que se han seguido las indicaciones proporcionadas por Rajan obteniéndose los mejores resultados hasta la fecha para la estructura de diez

barras y seis nodos, se puede afirmar por lo tanto que tales indicaciones, entre las cuales se encuentra la hipótesis del presente trabajo, eran correctas.

- El algoritmo no proporciona una única solución, sino un conjunto de soluciones, de topología similar y estáticamente determinadas, en consonancia con los teoremas de Fleron, aun tratándose de elementos de tipo viga.
- La comparación de la topología resultante con las existentes permite establecer que restricciones de diseño le han impedido localizar un óptimo mejor. En los trabajos de restricciones de diseño impidieron el movimiento lateral del nudo 5. Gutierrez, (2015), realizó su tesis doctoral “Optimización estructural de armaduras 2D utilizando Algoritmos Genéticos”, en la Universidad Autónoma de Querétaro– México. El objetivo principal que pretende el trabajo es encontrar de forma automática la configuración óptima para la armadura principal del invernadero, reducir al mínimo el volumen de material empleando y maximizar la rigidez de la estructura ante las combinaciones de cargas que se presenten en la armadura.
- En la validación de la herramienta generada se encontró una solución aceptable pero que no mejora la encontrada en la literatura. Pero tampoco quedo demostrado que la solución de la literatura sea un óptimo global. Ya que ello no emplearon un dominio continuo en las coordenadas. Por lo que el óptimo global puede no estar considerado en la desratización empleada. No se emplearon los mismo parámetros en las corridas tampoco hay forma de comparar la eficiencia de la metodología aquí expuesta. El tiempo pudo ser un parámetro de comparación pero no encontró citado en la literatura.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Análisis Estructural - Método de Elementos Finitos

Se realiza una formulación general del método de los elementos finitos para el análisis de estructuras, para iniciar es necesario dividir el dominio completo del modelo en análisis, con elementos para los cuales son conocidos sus funciones de

interpolación, este procedimiento es conocido en los libros especializados como tecnología de elementos.

Funciones de forma

Las funciones de forma son las que proporcionan las formas que puede adoptar localmente el campo incógnita.

La elección de las funciones de forma está condicionado no solo por la forma que toman los dominios locales o elementos finitos, también por el tipo de problema de campo que se intenta resolver, por ejemplo (por ejemplo: elasticidad, plasticidad, transferencia de calor, electromagnetismo) y por la manera de abordarlo (número de campos independientes).

Con la finalidad de trabajar sobre un subdominio común en los elementos en que será discretizado el dominio completo, se utiliza la formulación izoparamétrica, en este dominio normalizado, las funciones de interpolación para un elemento cuadrilátero de cuatro nodos está dado por la ecuación.

$$N_1(\xi, \eta) = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 - \eta)$$

$$N_2(\xi, \eta) = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 + \eta)$$

$$N_3(\xi, \eta) = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 - \eta)$$

$$N_4(\xi, \eta) = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 + \eta)$$

Coordenadas

Las coordenadas en el interior de cada elemento finito está dado por la siguiente ecuación.

$$r(\xi, \eta) = N_1(\xi, \eta)r_1 + N_2(\xi, \eta)r_2 + \cdots + N_n(\xi, \eta)r_n \quad (2.2.1)$$

$$r(\xi, \eta) = N_1(\xi, \eta)z_1 + N_2(\xi, \eta)z_2 + \cdots + N_n(\xi, \eta)z_n \quad (2.2.2)$$

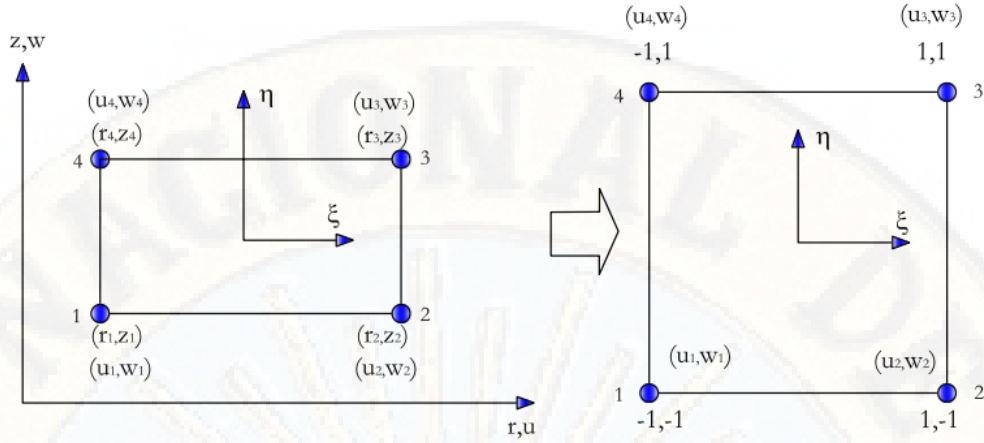


Figura 2.1: Sistema de coordenada cartesiana y normalizado

Matriz Jacobiano

El cambio desde el sistema de referencia global al sistema normalizado está expresado por la matriz Jacobiano ecuación.

$$J(\xi, \eta) = \begin{pmatrix} \frac{\partial r(\xi, \eta)}{\partial \xi} & \frac{\partial z(\xi, \eta)}{\partial \xi} \\ \frac{\partial r(\xi, \eta)}{\partial \eta} & \frac{\partial z(\xi, \eta)}{\partial \eta} \end{pmatrix} \quad (2.2.3)$$

Matriz de rigidez

La matriz de rigidez se obtiene desarrollando para un elemento de "n" nudos. El vector de desplazamientos para un elemento está ordenado convenientemente en la ecuación y el vector de funciones de forma ecuación es.

$$N = \left(\begin{bmatrix} N_1 & 0 \\ 0 & N_1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} N_2 & 0 \\ 0 & N_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad \begin{bmatrix} N_n & 0 \\ 0 & N_n \end{bmatrix} \right) \quad (2.2.4)$$

$$q = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \omega_1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} v_1 \\ \omega_1 \end{bmatrix} \\ \vdots \\ \begin{bmatrix} v_1 \\ \omega_1 \end{bmatrix} \end{pmatrix} \quad (2.2.5)$$

La matriz deformación unitaria desplazamiento.

$$B = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial z} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial N_2}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_2}{\partial z} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} \frac{\partial N_n}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_n}{\partial z} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial z} & \frac{\partial N_1}{\partial r} \\ \frac{N_1}{r} & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \frac{\partial N_2}{\partial z} & \frac{\partial N_2}{\partial r} \\ \frac{N_2}{r} & 0 \end{bmatrix} & & \begin{bmatrix} \frac{\partial N_n}{\partial z} & \frac{\partial N_n}{\partial r} \\ \frac{N_n}{r} & 0 \end{bmatrix} \end{pmatrix} \quad (2.2.6)$$

Las deformaciones están dadas mediante $\epsilon = Bq$, la matriz de rigidez en el sistema normalizado para una estructura de simetría axial está dado por la ecuación, para obtener las expresiones de las cargas se procede de manera similar.

$$k = t \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 (B^T)(D)(Br)(J)(d\xi)(d\eta) \quad (2.2.7)$$

Donde:

- t: representa el ángulo de revolución que gira cada elemento finito en que fue discretizado el plano de la sección característica de revolución.
- B: es la matriz deformación unitaria desplazamiento o simplemente matriz de deformación unitaria ecuación(2.2.7).
- D: matriz de propiedades del elemento
- r: coordenada radial para cada punto del elemento finito, ecuación(2.2.3).
- J: matriz jacobiano, ecuación(2.2.4).

La mejor manera de obtener la matriz de rigidez, es resolver la ecuación(2.2.8) numéricamente, reemplazando y desarrollando la expresión anterior se obtienes la matriz de rigidez.

$$K = \int_{-1}^{+1} \frac{EA}{J} \begin{bmatrix} \frac{dN_1}{d\xi} \frac{dN_1}{d\xi} & \frac{dN_1}{d\xi} \frac{dN_2}{d\xi} & \dots & \frac{dN_1}{d\xi} \frac{dN_n}{d\xi} \\ \frac{dN_2}{d\xi} \frac{dN_1}{d\xi} & \frac{dN_2}{d\xi} \frac{dN_2}{d\xi} & \dots & \frac{dN_2}{d\xi} \frac{dN_n}{d\xi} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{dN_n}{d\xi} \frac{dN_1}{d\xi} & \frac{dN_n}{d\xi} \frac{dN_2}{d\xi} & \dots & \frac{dN_n}{d\xi} \frac{dN_n}{d\xi} \end{bmatrix} d\xi \quad (2.2.8)$$

Estudiando la naturaleza de los distintos términos del integrando se puede deducir que si el jacobiano J es constante, el integrando es un polinomio. Sin embargo si J no es constante, el integrando es un cociente de polinomios. En el primer caso la integral puede efectuarse de forma exacta empleando métodos numéricos adecuados, mientras que en el segundo la integración numérica siempre es aproximada.

2.2.2. Cargas E.020

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. El efecto crítico puede ocurrir cuando una o más cargas no estén actuando. Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

$$\begin{aligned}
 &1,4D \\
 &1,2D + 1,6L + 0,5S \\
 &1,2D + 1,6L + 0,5R \\
 &1,2D + 1,6S + 0,8W \\
 &1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5S \\
 &1,2D + 1E + 0,5L + 0,2S \\
 &0,9D + 1,3W
 \end{aligned}
 \tag{2.2.9}$$

Donde:

- D : Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.
- L : Carga viva.
- W : Carga de viento.
- S : Carga de nieve.
- E : Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Carga Muerta

Incluye peso propio de la estructura, peso de la cobertura y otros accesorios.

- **Peso propio:** Este está en función de los elementos que conforman las vigas, viguetas y columnas de la estructura.

Carga Viva

Según a la norma E.020 para techos con coberturas livianas de planchas Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil duladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente, $0,30kPa$ ($30kgf/m^2$)

Carga de Nieve

El valor mínimo de la carga básica de nieve sobre el suelo será de $0,40kPa$ ($40kgf/m$) que equivalen a $0,40m$ de nieve fresca (peso específico de $1kN/m^3$).

Carga de Viento

Según a la norma E.020 se toma las siguientes consideraciones para la carga de viento.

Para la velocidad de diseño se tiene:

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

Donde:

V_h : Velocidad de diseño en la altura h en Km/h .

V : velocidad de diseño hasta $10m$ de altura en Km/h del mapa eólico (figura 2.2) es $70Km/h$.

h : altura sobre el terreno en metros.

Entonces para la presión del viento:

$$Ph = 0,005CVh^2$$

Donde:

Ph : Presión o succión del viento a una altura h en $Kgf/m^{0,22}$.

C : factor de forma adimensional (según a la tabla 2.1).

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular y elíptico	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada y rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

Tabla 2.1: Factor de forma (C)

2.2.3. Resistencia de Diseño del acero según a E.090 de Estructuras Metálicas

El reglamento Nacional de Edificaciones considera el método del *Load and Resistance factor design* (LRFD) para el diseño de estructuras metálicas por resistencia considerando la filosofía de las consideraciones de carga combinadas

Relaciones de Esbeltez Límite

Para elementos cuyo diseño se basa en fuerzas de compresión, las relaciones de esbeltez (Kl/r) no deben exceder, preferentemente, de 200. Para elementos cuyo diseño está basado en fuerzas de tracción, las relaciones de esbeltez (l/r) no deben exceder, preferentemente, de 300.

Diseño por resistencia en tracción

La resistencia de diseño de elementos según el método LRFD en tracción P_n debe ser menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia en el área total de rotura en el área neta.

$$\phi_t = 0,90$$

$$P_n = F_y A_g \quad (2.2.10)$$

$$\phi_t = 0,75$$

$$P_n = F_u A_e \quad (2.2.11)$$

Donde:

- A_e = Área neta efectiva.
- A_g = Área total del elemento.
- F_y = Esfuerzo mínimo de fluencia especificado.
- F_u = Resistencia mínima a la tracción especificada.
- P_n = Resistencia axial nominal.

Diseño por Resistencia en elementos en compresión para pandeo

Hay tres modos generales según los cuales los elementos cargados axialmente pueden fallar. Éstos son: pandeo flexionante, pandeo local y pandeo torsionante. Estos modos de pandeo se definen brevemente como sigue:

- *El pandeo flexionante* (llamado también pandeo de Euler) es el tipo primario de pandeo analizado. Los miembros están sometidos a flexión cuando se vuelven inestables.
- *El pandeo local* ocurre cuando alguna parte o partes de la sección transversal de una columna son tan delgadas que se pandean localmente en compresión antes que los otros modos de pandeo puedan ocurrir. La susceptibilidad de una columna al pandeo local se mide por las relaciones ancho a espesor de las partes de su sección transversal.
- *El pandeo torsionante flexionante* puede ocurrir en columnas que tienen ciertas configuraciones en su sección transversal. Esas columnas fallan por torsión o por una combinación de pandeo torsional y flexionante.

Entre más larga sea una columna para una misma sección transversal, mayor es su tendencia a pandearse y menor será la carga que pueda soportar. La tendencia de un miembro a pandearse se mide por lo general con la relación de esbeltez, que se ha definido previamente como la relación entre la longitud del miembro y su radio de giro mínimo. La tendencia al pandeo depende también de los siguientes factores: tipo de conexión en los extremos, excentricidad de la aplicación de la carga, imperfecciones en el material de la columna, torceduras iniciales en la columna y esfuerzos residuales de fabricación.

La flexión de miembros a tensión probablemente no será muy seria, ya que las cargas de tensión tenderán a enderezar a esos miembros; pero la flexión de cualquier miembro a compresión es un asunto muy serio, ya que las cargas de compresión tenderán a incrementar la flexión en esos miembros.

- La fórmula de Euler

El esfuerzo bajo el cual una columna se pandea, obviamente decrece conforme la columna se hace más larga. Después de que ésta alcanza una cierta longitud, ese esfuerzo se habrá reducido al límite proporcional del acero. Para esa longitud y longitudes mayores, el esfuerzo de pandeo será elástico.

Para que una columna se pandee elásticamente, deberá ser larga y esbelta. Su carga de pandeo P se puede calcular con la fórmula de Euler siguiente:

$$P = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.2.12)$$

Esta fórmula se escribe usualmente de un modo un poco diferente que implica la relación de esbeltez de la columna. Como $r = \sqrt{I/A}$, podemos decir que $I = Ar^2$. Sustituyendo este valor en la fórmula de Euler, y dividiendo ambos lados por el área de la sección transversal, se obtiene el esfuerzo de pandeo de Euler:

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} = F_e \quad (2.2.13)$$

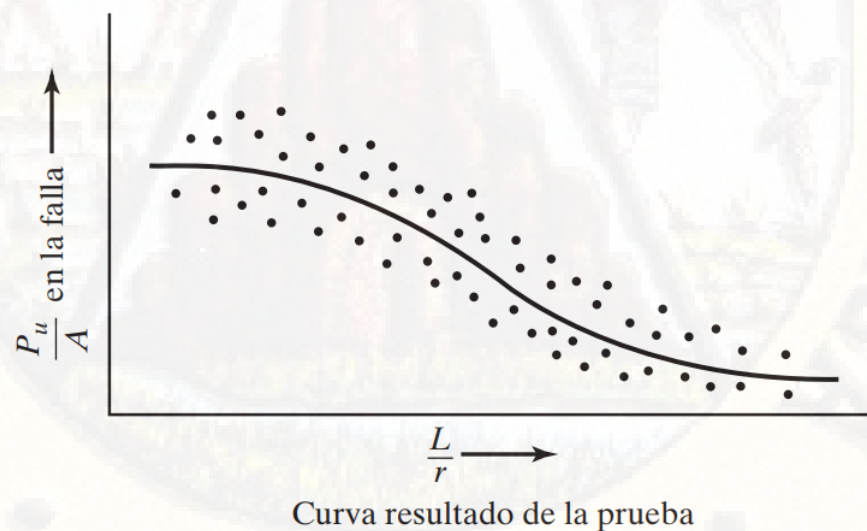


Figura 2.3: Esfuerzo de falla VS Relación de Esbeltes

Restricciones en los extremos y longitud efectiva del elemento

La restricción en los extremos y su efecto en la capacidad de carga de una columna es en verdad un concepto muy importante. Las columnas con restricciones apreciables de rotación y desplazamiento pueden soportar cargas mucho mayores que aquellas con poca restricción de rotación de los extremos, como es el caso de columnas con extremos articulados.

La longitud efectiva de una columna se definió en la última sección como la distancia entre puntos de momento nulo en la columna, es decir, la distancia entre sus puntos de inflexión. En las especificaciones de acero la longitud efectiva de una columna se denomina KL , en donde K es el *factor de longitud efectiva*. K es el número por el que debe multiplicarse la longitud de la columna para obtener su longitud efectiva. Su magnitud depende de la restricción rotacional en los extremos de la columna y de la resistencia al movimiento lateral de ésta.

Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K .						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	 Rotación y traslación impedidas  Rotación libre y traslación impedida  Rotación impedida y traslación libre  Rotación y traslación libres					

Figura 2.4: Factores de longitud efectiva

Diseño por Resistencia en elementos en compresión para pandeo flexionante

La resistencia de diseño LRFD de elementos en compresión pueden determinarse como sigue:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.2.14)$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g$$

$$\phi_t = 0,90$$

Las siguientes expresiones muestran cómo puede determinarse F_{cr} , el esfuerzo de pandeo por flexión de una columna, para miembros sin elementos esbeltos:

$$\blacksquare \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \vee \quad \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (2.2.15)$$

$$\blacksquare \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \vee \quad \frac{F_y}{F_e} > 2,25$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (2.2.16)$$

En estas expresiones, F_e es el esfuerzo de pandeo crítico elástico —es decir, el esfuerzo de Euler— calculado con la longitud efectiva de la columna KL de la ecuación (2.2.10).

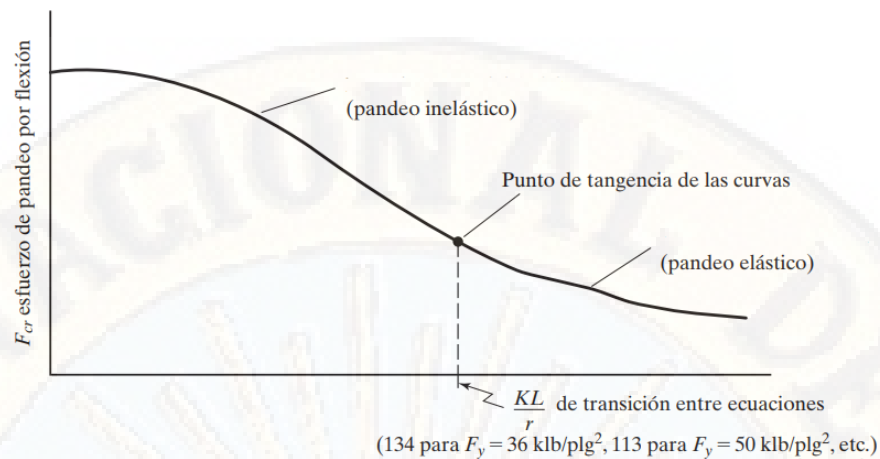


Figura 2.5: Curva según el AISC.

Diseño por Resistencia en corte

Por lo general, el cortante no es un problema en las vigas de acero porque las almas de los perfiles laminados son capaces de resistir grandes fuerzas cortantes. Se indican a continuación una serie de situaciones comunes donde el cortante podría ser excesivo.

- Si se colocan grandes cargas concentradas cerca de los apoyos de una viga, se originarán grandes fuerzas internas sin incrementos correspondientes en los momentos de flexión. Un ejemplo bastante común de éstos ocurre en edificios altos en donde las columnas de un piso están desfasadas (fuera de eje) respecto a las columnas del piso inferior. Las cargas de las columnas superiores aplicadas a las vigas del piso serán bastante grandes si hay muchos pisos arriba.
- Probablemente el problema más común de cortante ocurre cuando dos miembros estructurales (como una viga y una columna) están rígidamente conectados entre sí, de manera que sus almas se encuentran en un mismo plano. Esta situación ocurre con frecuencia en la unión de vigas (o largueros) y columnas en estructuras de marcos rígidos.
- Cuando las vigas están despatinadas el cortante puede ser un problema. En este caso las fuerzas cortantes deben tomarse con el peralte reducido de la viga. Un caso parecido se presenta cuando las almas contienen agujeros para ductos o para otros fines.

La resistencia de diseño por corte para almas rigidizadas y no rigidizadas, son $h/t_w \leq 260$, es $\phi_v V_n$

Donde:

$$\phi_v = 0,90$$

V_n = Resistencia nominal por corte definida como sigue.

Para $h/t_w \leq 1098/\sqrt{F_{yw}}$

$$V_n = 0,60F_{yw}A_w \quad (2.2.17)$$

Para $1098/\sqrt{F_{yw}} < h/t_w \leq 1373/\sqrt{F_{yw}}$

$$V_n = 0,60F_{yw}A_w \left(\frac{1098/\sqrt{F_{yw}}}{h/t_w} \right) \quad (2.2.18)$$

Para $1373/\sqrt{F_{yw}} < h/t_w \leq 260$

$$V_n = A_w \left(\frac{910000}{(h/t_w)^2} \right) \quad (2.2.19)$$

2.2.4. Deformaciones verticales máximas permisibles según RNE E-090 Estructuras Metálicas

La deflexión máxima permisible para estructuras y miembros debe estar de acuerdo con la siguiente tabla según (RNE):

<i>Caso</i>	<i>Máxima deflexión permisible (d_{max})</i>
<i>Vigas</i>	$L=luz$
<i>Vigas portantes de piso y equipos</i>	$L/240$
<i>Vigas portantes de cielo raso enlucido</i>	$L/360$
<i>Vigas de techo y correas</i>	$L/600$
<i>Vigas Carrileras</i>	$L/750$
<i>Monorrieles</i>	$L/450$
<i>Brazo de grua</i>	$L/225$
<i>Deflexión horizontal para puente grua</i>	$L/400$

Tabla 2.2: Deflexiones Permisibles

2.2.5. Tipos de conexiones en acero según a la RNE E-090 Estructuras Metálicas

Según AISC, las conexiones se clasifican en función de su relación momento-rotación y son, básicamente, de tres tipos: conexiones simples, conexiones rígidas (FR) y conexiones semi rígidas (PR). Sin perjuicio de lo anterior, agregamos al final las conexiones con diagonales o arrostramientos que, no siendo una conexión propiamente dicha, constituyen una solución interesante de tener en cuenta. Su incorporación en el texto responde más bien a un ordenamiento de temas afines que faciliten la comprensión.

Conexiones Simples: Las conexiones simples o de corte son conexiones muy comunes en construcción en acero. Se asume que las conexiones de corte no transfieren momentos flectores, permitiendo la rotación en el extremo del miembro. Las conexiones simples se pueden materializar conectando el alma del elemento soportado mientras las alas quedan desconectadas.

Conexiones Rígidas : Las conexiones rígidas o de momento deberán proveer continuidad entre el elemento soportado y el soportante conservando inalterado el ángulo entre ellos durante la deformación producto de la acción de las fuerzas sobre el nudo. Así, las conexiones rígidas deben proveer suficiente resistencia y

rigidez para mantener el ángulo constante entre los miembros conectados durante la aplicación de las cargas y evitar toda rotación relativa entre el elemento soportado y el elemento soportante.

Conexiones soldadas: La soldadura es la forma más común de conexión del acero estructural y consiste en unir dos piezas de acero mediante la fusión superficial de las caras a unir en presencia de calor. Se ejecuta con o sin aporte de material agregado. Son procedimientos que mediante la aplicación de energía manifestada en calor y/o presión permiten lograr la unión íntima y permanente de elementos metálicos dejándolos con la continuidad apta para que trabajen mecánicamente como un todo homogéneo, conservando sus cualidades físicas.

Conexiones apernadas: Como está dicho, a las conexiones apernadas se le reconocen como ventajas el ser un método simple de conexión en obra, lo que las convierte en una solución de conexión más económica que la soldadura en obra. Sin embargo, entre las desventajas hay que señalar que requiere de perforación de las planchas y elementos a conectar.

2.2.6. Perfiles de estructuras de acero

Norma ASTM para aceros

La norma ASTM es la más utilizada internacionalmente para designar y regular la calidad de aceros de construcción y estructurales que comercialmente se ofrecen como productos terminados tales, como barras de construcción corrugadas y lisas, perfiles estructurales, perfiles comerciales, placa y lámina. La norma garantiza básicamente las propiedades mecánicas mínimas y soldabilidad de los aceros, dado que el uso de estos está orientado a la industria de la construcción y estructuras metálicas diversas (remachadas, soldadas o empernadas). Los estándares publicados por ASTM emiten designaciones sistemáticas fijas para cada tipo de acero con sus respectivas especificaciones y requerimientos para ser utilizados por los fabricantes y usuarios de los aceros.

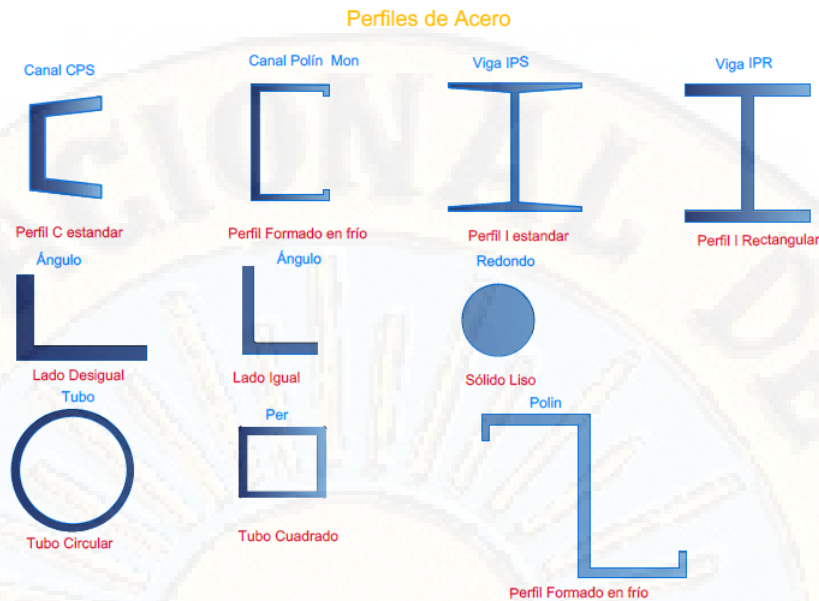


Figura 2.6: Perfiles de Acero

A continuación se describen las características principales de los aceros estructurales más utilizados:

Las normas aprobadas por la ASTM para placas y perfiles laminados en caliente son A-36, A529, A-242, A-588, A-709, A-514, A-852, A-913 Y A-992.

La norma A-709 es especial, en ella se definen aceros convenientes para la construcción de puentes.

ASTM A-36

Esta norma es aplicable a una variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que están disponibles en el mercado mexicano. Tiene un esfuerzo de fluencia de 2530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi), y su soldabilidad es adecuada. Se desarrolló desde hace muchos años en Estados Unidos para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas. Mejorando el contenido de carbono de los aceros disponibles en aquella época, como el ASTM A-7. Con la innovación de este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron.

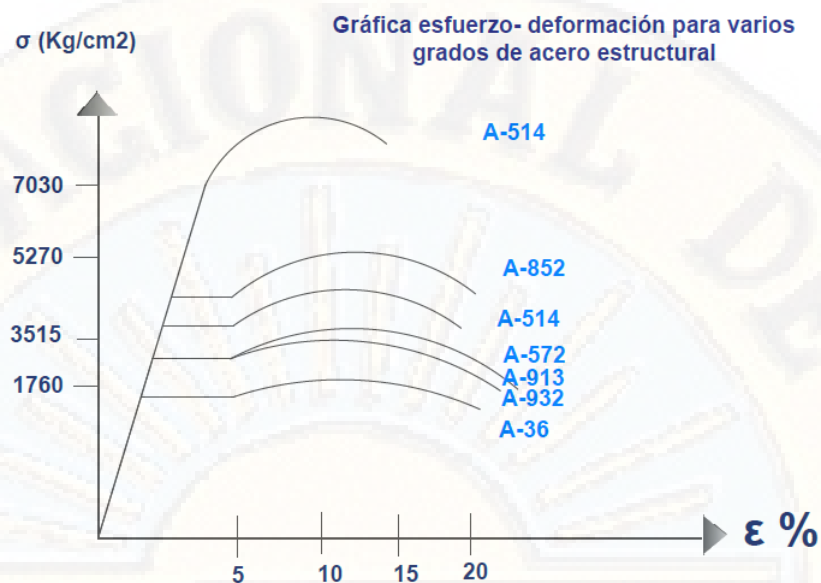


Figura 2.7: Esfuerzo VS deformación

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, C, D, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Figura 2.8: Propiedades mecánicas de aceros estructurales

2.2.7. Optimización Estructural

La optimización estructural es un área del conocimiento humano que se encuentra en la intersección de otras dos áreas como son la optimización aplicada y la ingeniería estructural. La optimización estructural radica en la selección de los mejores valores para las variables de diseño relacionadas a propiedades como la geometría y/o sección transversal y/o topología de los elementos estructurales a efectos de minimizar una determinada función objetivo, dentro de rangos razonables para las variables de diseño y sujetas a las restricciones establecidas para el comportamiento estructural: resistencia, deformaciones y desplazamientos. Respecto a la función objetivo ésta puede ser por ejemplo: el costo, peso, volumen o tiempo de ejecución de las estructuras.

Tipos de optimización estructural

- Optimización de la sección transversal

Cuando las variables del diseño son las dimensiones y la forma de la sección transversal de los elementos estructurales.

- Optimización de la forma o geometría

Cuando las variables del diseño son por ejemplo las coordenadas de los nudos y ubicación de soportes.

- Optimización topológica

Cuando las variables del diseño son por ejemplo: la existencia o no de elementos estructurales y la forma como se conectan entre ellos, es decir si la conexión transmite momento, corte, etc.

Función Objetivo: Es una función dependiente de las variables de diseño (vector X) cuyo valor corresponde a la meta a minimizar en el problema de optimización (costo, peso, volumen, etc.). La función objetivo representa la propiedad más importante del problema de optimización, sin embargo, también representa una sumatoria ponderada de un determinado número de propiedades, todas dependientes de las variables de diseño.

Espacio de Diseño: Es un espacio matemático “n” dimensional, con “n” ejes de referencia correspondientes a cada una de las variables de diseño. En este espacio se tiene los valores de la función objetivo correspondiente a un determinado diseño resultado de combinación específica de las variables de diseño (vector X). Las restricciones del problema específico de optimización, dividen al el espacio de diseño en regiones aceptables e inaceptables. La función objetivo, define en el espacio de diseño contornos de valor constante. En cada contorno el valor corresponde a la meta a minimizar en el problema de optimización (costo, peso, volumen, etc.)

2.2.8. Métodos para la Optimización

Mediante el siguiente diagrama se da a conocer los métodos de Optimización.



Figura 2.9: Métodos de la optimización

Método tradicional de diseño

El diseño tradicional esta fundamentalmente regido por la experiencia del diseñador, a partir de los principios de la resistencia de materiales y disciplinas afines, de modelos de comportamiento de los materiales y de las prescripciones de las normativas vigentes. Normalmente es necesario realizar varios ajustes y correcciones sobre el proyecto inicial hasta obtener un diseño suficientemente seguro y, por tanto, apto para su ejecución.



Figura 2.10: Método tradicional de diseño

Método basados en la programación

En estos, la función objetivo es minimizada directamente mediante la aplicación de algoritmos numéricos, buscándose la solución exacta general y pueden aplicarse para cualquier función objetivo y cualquier restricción, siempre que sea posible la programación de todo el procedimiento desde el ingreso y posterior modificación de las variables de diseño, hasta la evaluación de la función objetivo, la principal desventaja de estos métodos es que pueden converger en mínimos relativos. A su vez, se tienen las siguientes metodologías:

- **Programación Lineal:** Aplicable cuando la función objetivo varía linealmente con las variables de diseño. Dentro de este método están las siguientes técnicas: o algoritmos de punto interior para problemas de optimización no restringida y el denominado o método simplex revisado para problemas de optimización restringida.
- **Programación No Lineal:** Para problemas en los que la función objetivo no varía linealmente con las variables de diseño. A su vez comprende los siguientes métodos en función de la restricción del problema de optimización:
 - Para problemas de optimización no restringida
 - Para problemas de optimización restringida

- **Métodos Meta-heurísticos:** Estos son algoritmos genéticos , estrategias evolutivas ,enjambre de partículas y colonia de hormigas.

2.2.9. Algoritmo Genético

Los algoritmos genéticos (AGs) son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin (1859). Por imitación de este proceso, los algoritmos genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas. Los algoritmos genéticos son técnicas de programación que intentan replicar el comportamiento biológico, es decir, son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección natural y de la genética.

El algoritmo genético examinara un subconjunto del espacio de búsqueda, obteniendo una ristra x , cuya función objetivo $g(x)$ puede considerarse un estimador del $\min_x Sg(x)$. Abusando del lenguaje de notación, designaremos por I a los elementos de S , que constituye el espacio de búsqueda. En lo que sigue se considerará un AGA como una 10-tupla:

$$AGA = (P_0, \lambda, l, f_{sel}, f_{prod}, f_{mut}, f_{ext}, f_{red}, g, ct)$$

Donde:

$P_0 = \{I_0^1, \dots, I_0^\lambda\}$: Población inicial.

λ : Tamaño de población.

l : Longitud de la representación.

f_{sel} : Función de selección.

f_{prod} : Función producción de hijos.

f_{mut} : Función mutación.

f_{ext} : Función extensión.

f_{red} : Función reducción.

g : Función objetivo.

ct : Criterio de parada.

En principio restringiremos nuestro AGA, imponiéndole la condición de que todas las poblaciones tengan el mismo tamaño. Obviamente una generalización sería el considerar que el tamaño depende de la generación, es decir $\lambda_t = |P_t|$. Denotaremos por P_λ el conjunto de poblaciones de tamaño λ , a las que denominaremos poblaciones bien dimensionadas.

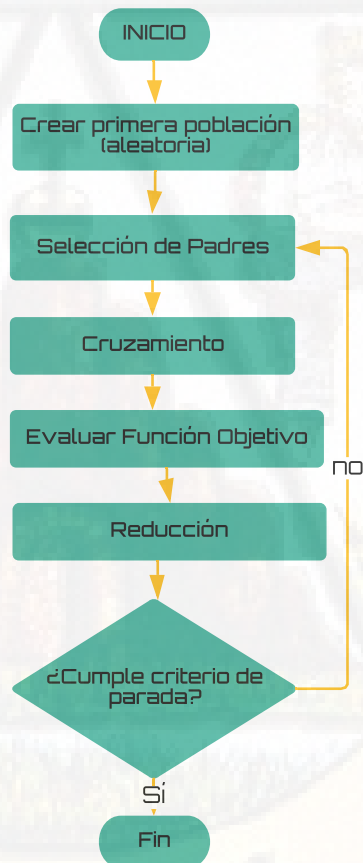


Figura 2.11: Diagrama principal

Bases biológicas

Según Beasley, (1993): En la naturaleza, los individuos de una población compiten constantemente con otros por recursos tales como comida, agua y refugio. Los individuos que tienen más éxito en la lucha por los recursos tienen mayores probabilidades de sobrevivir y generalmente una descendencia mayor. Al contrario, los individuos peor adaptados tienen un menor número de descendientes, o incluso ninguno. Esto implica que los genes de los individuos mejor adaptados se propagaran a un número cada vez mayor de individuos de las sucesivas generaciones. La combinación de características buenas de diferentes ancestros puede originar en ocasiones que la descendencia esté incluso mejor adaptada al medio que los padres. De esta manera, las especies evolucionan adaptándose más y más al medio a medida que transcurren las generaciones.

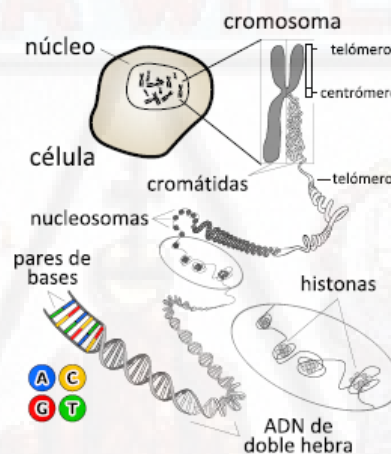


Figura 2.12: Proceso genético

- Según Beasley, (1993):

Las células constituyen el elemento de menor tamaño que puede considerarse vivo. Está presente en todos los seres vivos pudiendo ser clasificados en función del número de células que poseen como: unicelulares (protozoos, bacterias, etc.) o pluricelulares. En este último caso los organismos pueden tener de unos pocos cientos a cientos de billones como en caso del ser humano (10¹⁴).

- Los Cromosomas según Beasley, (1993):

El núcleo de la célula contiene la mayor parte del material genético celu-

lar en forma de múltiples moléculas lineales de ácido desoxirribonucleico (ADN) conocidas como cromatina, que durante la división celular (mitosis) se organiza formando pequeños cuerpos en forma de bastoncillos conocidos como cromosomas. Por lo tanto, cromatina y cromosoma son dos aspectos morfológicamente distintos de una misma entidad celular.

- Los Genes

Según Beasley, El ADN es la molécula portadora de la información genética. Es un ácido nucleico que está formado por la unión de moléculas más sencillas llamadas nucleótidos que se unen formando cadenas. Un nucleótido está constituido por estas tres moléculas:

- La Genética

Según Beasley, (1993) Toda la información genética contenida en los cromosomas de un individuo se conoce como genotipo, sin embargo dicha información puede o no manifestarse en el individuo. El genotipo es cualquier característica o rasgo observable de un organismo, como su morfología, desarrollo, propiedades bioquímicas, fisiología y comportamiento, resultantes de la decodificación del genotipo. El fenotipo está determinado por el genotipo y por factores del medio.

- La Reproducción

Según Beasley, la reproducción es el proceso biológico mediante el cual se generan nuevos organismos. Existen dos tipos básicos:

Reproducción sexual Es el mecanismo reproductivo más habitual en los organismos pluricelulares. Se pueden definir tres tipos:

Singamia Es el proceso reproductivo más complejo de todos. Consiste en la fusión de dos gametos⁴ para producir un nuevo organismo. En los animales el proceso requiere de la fusión de un óvulo y un espermatozoide y finaliza con la generación de un embrión.

- Selección Natural

El origen de las especies se basa en el principio de preservación de los individuos más fuertes (adaptados al medio) y la eliminación de los débiles. La selección natural puede actuar sobre cualquier rasgo fenotípico heredable y

cualquier aspecto del entorno puede producir presión selectiva, esto incluye la selección sexual y la competición con miembros, tanto de la misma como de otra especie.

Por lo tanto, los individuos más aptos tienen más probabilidad de contribuir con descendientes a la siguiente generación, mientras que los menos aptos tendrán menos descendientes o morirán antes de alcanzar la edad adulta. Como resultado, los alelos que en promedio conllevan mejor adaptación (aptitud) son más abundantes en la siguiente generación mientras que los alelos que tienden a perjudicar a los individuos portadores, también tienden a desaparecer.

En cada generación se producen mutaciones y recombinaciones que producen un nuevo espectro de genotipos. Estos dos mecanismos son los responsables fundamentales del mantenimiento de la diversidad en la población. Cada nueva generación se enriquece con la abundancia de alelos que contribuyen a los rasgos que fueron anteriormente favorecidos por la selección natural, mejorando así gradualmente estos rasgos durante generaciones sucesivas. La selección natural requiere pues tiempo y un medio relativamente estable para realizar su trabajo. Bajo estas dos premisas es uno de los mecanismos de adaptación más poderosos de la naturaleza.

Codificación del problema

De acuerdo a Gestal, (2005): Cualquier solución potencial a un problema puede ser presentada dando valores a una serie de parámetros. El conjunto de todos los parámetros se codifica en una cadena de valores denominada cromosoma. Introducción a los algoritmos genéticos El conjunto de los parámetros representado por un cromosoma particular recibe el nombre de genotipo. El genotipo contiene la información necesaria para la construcción del organismo, es decir, la solución real al problema, denominada fenotipo. Por ejemplo, en términos biológicos, la información genética contenida en el ADN de un individuo sería el genotipo, mientras que la expresión de ese ADN (el propio individuo) sería el fenotipo. Se

asigna un determinado número de bits a cada parámetro y se realiza una discretización de la variable representada por cada gen. El número de bits asignados dependería del grado de ajuste que se desee alcanzar. Evidentemente no todos los parámetros tienen porque estar codificados con el mismo número de bits. Cada uno de los bits pertenecientes a un gen suele recibir el nombre de alelo.

Sin embargo, también pueden existir representaciones que codifiquen directamente cada parámetro con un valor entero, real o en punto flotante.

Población

■ Tamaño de la población

Una cuestión que uno puede plantearse es la relacionada con el tamaño idóneo de la población. Parece intuitivo que las poblaciones pequeñas corren el riesgo de no cubrir adecuadamente el espacio de búsqueda, mientras que el trabajar con poblaciones de gran tamaño puede acarrear problemas relacionados con el excesivo costo computacional, efectuó un estudio teórico, obteniendo como conclusión que el tamaño óptimo de la población para ristas de longitud, con codificación binaria, crece exponencialmente con el tamaño de la ristra. Este resultado traería como consecuencia que la aplicabilidad de los Algoritmos Genéticos en problemas reales sería muy limitada, ya que resultarían no competitivos con otros métodos de optimización combinatoria.

■ Población inicial

Habitualmente la población inicial se escoge generando ristas al azar, pudiendo contener cada gen uno de los posibles valores del alfabeto con probabilidad uniforme. Nos podríamos preguntar que es lo que sucedería si los individuos de la población inicial se obtuviesen como resultado de alguna técnica heurística o de optimización local. En los pocos trabajos que existen sobre este aspecto, se constata que esta inicialización no aleatoria de la población inicial, puede acelerar la convergencia del algoritmo genético. Sin embargo en algunos casos la desventaja resulta ser la prematura convergencia del algoritmo, queriendo indicar con esto la convergencia hacia óptimos

locales.

Operadores Genéticos

Para el paso de una generación a la siguiente se aplican una serie de operadores genéticos. Los más empleados son los operadores de selección, cruce, copia y mutación. En el caso de no trabajar con una población intermedia temporal también cobran relevancia los algoritmos de reemplazo. A continuación se verán en mayor detalle.

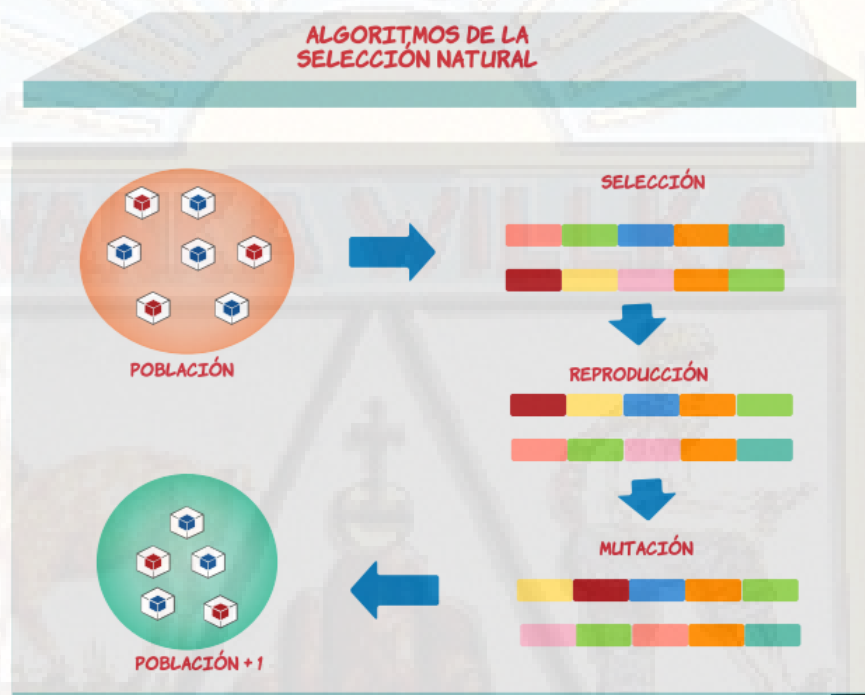


Figura 2.13: Algoritmo del proceso genético

■ Selección

Los algoritmos de selección serán los encargados de escoger que individuos van a disponer de oportunidades de reproducirse y cuáles no. Puesto que se trata de imitar lo que ocurre en la naturaleza, se ha de otorgar un mayor número de oportunidades de reproducción a los individuos más aptos.

Por lo tanto, la selección de un individuo estaría relacionada con su valor de ajuste. No se debe sin embargo eliminar por completo las opciones de reproducción de los individuos menos aptos, pues en pocas generaciones la

población se volvería homogénea. Una opción bastante común consiste en seleccionar el primero de los individuos participantes en el cruce mediante alguno de los métodos expuestos a continuación y el segundo de manera aleatoria.

■ Cruce

Una vez seleccionados los individuos, estos son recombinados para producir la descendencia que se insertaría en la siguiente generación. Tal y como se ha indicado anteriormente el cruce es una estrategia de reproducción sexual. Su importancia para la transición entre generaciones es elevada puesto que las tasas de cruce con las que se suele trabajar rondan el 90 %.

Los diferentes métodos de cruce podrán operar de dos formas diferentes. Si se opta por una estrategia destructiva los descendientes se insertarán en la población temporal aunque sus padres tengan mejor ajuste (trabajando con una única población esta comparación se realizaría con los individuos a reemplazar). Por el contrario, utilizando una estrategia no destructiva la descendencia pasará a la siguiente generación únicamente si supera la bondad del ajuste de los padres (o de los individuos a reemplazar).

Padres	Corte	Hijos
$S_{P1} = \{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 6 \ 7 \ 8 \ 9\}$	$\{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5_6 \ 7 \ 8 \ 9\}$	$S_{H1} = \{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 4 \ 3 \ 2 \ 1\}$
$S_{P2} = \{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 6 \ 7 \ 8 \ 9\}$	$\{9 \ 8 \ 7 \ 6 \ 5_4 \ 3 \ 2 \ 1\}$	$S_{H2} = \{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 6 \ 7 \ 8 \ 9\}$

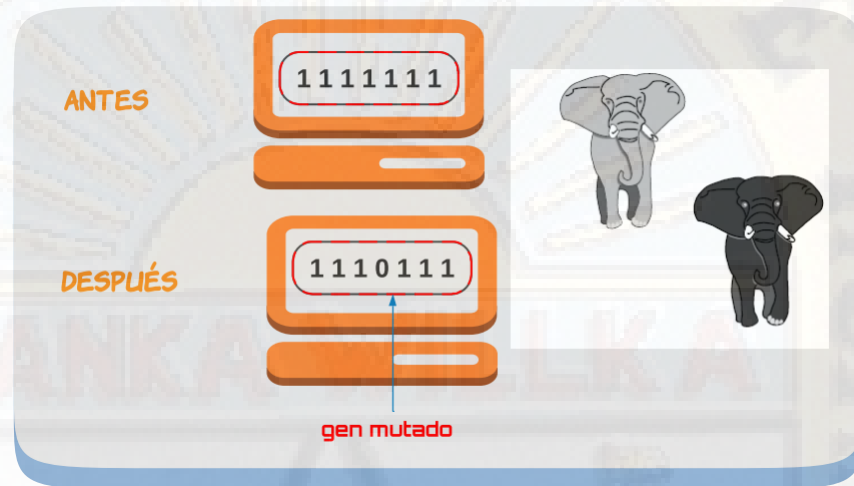
Padres	Corte	Hijos
$S_{P1} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 & 5 & 6 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 8 & 9 \end{bmatrix} \right\}$	$\{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7_8 \ 9\}$	$S_{H1} = \{9 \ 8 \ 7 \ 6 \ 5 \ 4 \ 3 8 \ 9\}$
$S_{P2} = \left\{ \begin{bmatrix} 9 & 8 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6 & 5 & 4 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 \end{bmatrix} \right\}$	$\{9 \ 8 \ 7 \ 6 \ 5 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1\}$	$S_{H2} = \{9 \ 8 \ 7 \ 6 \ 5 \ 4 \ 3 8 \ 9\}$

Tabla 2.3: Operador Cruce

■ Mutación

La mutación de un individuo provoca que alguno de sus genes, generalmente uno solo, varíe su valor de forma aleatoria. Aunque se pueden seleccionar los individuos directamente de la población actual y mutarlos antes de introducirlos en la nueva población, la mutación se suele utilizar de manera conjunta con el operador de cruce.

Primeramente se seleccionan dos individuos de la población para realizar el cruce. Si el cruce tiene éxito entonces uno de los descendientes, o ambos, se muta con cierta probabilidad P_m . Se imita de esta manera el comportamiento que se da en la naturaleza, pues cuando se genera la descendencia siempre se produce algún tipo de error, por lo general sin mayor trascendencia, en el paso de la carga genética de padres a hijos.



- Reemplazo

Cuando en vez de trabajar con una población temporal se hace con una única población, sobre la que se realizan las selecciones e inserciones, debería tenerse en cuenta que para insertar un nuevo individuo debería de eliminarse previamente otro de la población.

- Evaluación

Para el correcto funcionamiento de un algoritmo genético se debe de poseer un método que indique si los individuos de la población representan o no buenas soluciones al problema planteado. Por lo tanto, para cada tipo de problema que se desee resolver debería derivarse un nuevo método, al igual que ocurrirá con la propia codificación de los individuos. Fitness Puro es la medida de ajuste establecida en la terminología natural del propio problema. La siguiente ecuación establece el cálculo del valor de bondad de un individuo i en un instante t (o generación).

- Penalización

En este caso los factores de penalización son determinísticos, es decir se

establecen a priori y permanecen constantes durante todo el proceso de optimización. Existen diferentes planteamientos en la función de penalización. De entre ellos destaca el de, donde establece varios niveles de violación de las restricciones, de modo que el grado de penalización se incrementa con el grado de violación.

2.2.10. Diseño Estructural Óptimo en la estructura de acero empleando Algoritmos Genéticos

Los principales objetivos del diseño estructural son garantizar la seguridad de las estructuras y encontrar un diseño con la máxima ganancia. En términos generales, las condiciones de seguridad se definen como restricciones de diseño, mientras que las funciones objetivos que dependen de las variables de diseño se definen como la ganancia máxima.

En los últimos años, los algoritmos metaheurísticos inspirados en la naturaleza se han utilizado comúnmente en la optimización de la ingeniería. Estos algoritmos iterativos son muy efectivos para encontrar valores óptimos precisos de desafiantes problemas de ingeniería con múltiples variables y restricciones. Además, los algoritmos metaheurísticos permiten tener en cuenta las limitaciones del diseño al combinar el proceso de optimización con un análisis de ingeniería preciso.

Lenguaje de Programación Fortran

Fortran (o más bien FORTRAN hasta principios de los años 90) es un lenguaje de programación desarrollado en los años 50 y activamente utilizado desde entonces. Acrónimo de "Fórmula Translation". FORTRAN es el lenguaje de alto nivel más antiguo.

El lenguaje ha sido ampliamente adoptado por la comunidad científica para escribir aplicaciones con cómputos intensivos. La inclusión en el lenguaje de la aritmética de números complejos amplió la gama de aplicaciones para las cuales el lenguaje se adapta especialmente y muchas técnicas de compilación de lenguajes han sido creadas para mejorar la calidad del código generado por los compiladores de Fortran.

En la presente tesis se hará el uso de lenguaje de programación Visual Fortran, las

subrutinas están escritas utilizando el entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio 2015 y bajo la sintaxis de Fortran 95.

Programación en Fortran con (API) SAP2000 19

SAP2000 presenta API (Application Programming Interface) que es una herramienta poderosa que les permite a los usuarios automatizar muchos de los procesos, realizar análisis y obtener resultados personalizados. A través de conocimientos básicos de programación, es posible crear pre y posprocesadores para diferentes aplicaciones, plugins, u otras herramientas que permiten conectar con el software CSI. API es compatible con la mayoría de los lenguajes de programación.

La Interfaz de Programación para Aplicaciones de Sap2000 se puede utilizar desde cualquier lenguaje de programación que sea capaz de implementar una interface, entre estos lenguajes de programación se tiene: Visual Basic para Aplicaciones (VBA), Visual Basic .net, Visual C++, Visual C, Java, Intel Visual Fortran v9, etc. En la presente Tesis se programara en el lenguaje de programación Fortran por ser efectivo en el coste computacional orientado a objetos y estar completamente integrado con la plataforma NET Microsoft Visual Studio 2015.

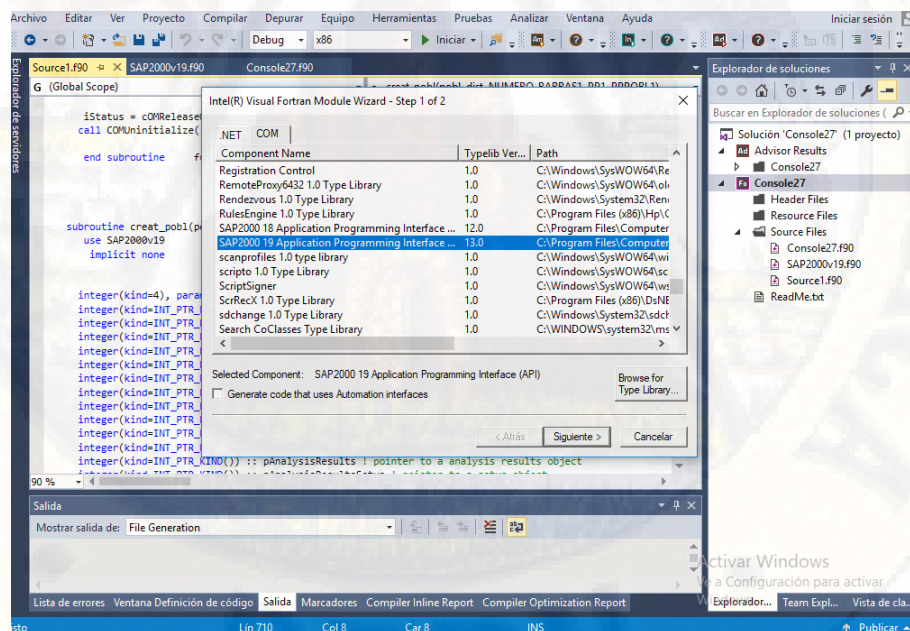


Figura 2.14: La interfaz de programación de aplicaciones de SAP2000

2.2.11. Formulación del Problema de Optimización de la estructura de acero en la cobertura

A continuación se describe el proceso algoritmo principal empleado para la solución del problema de optimización de una armadura. Los siguientes pasos o ciclos se realizarán en un programa.



Figura 2.15: Estructuras Metálicas

Dentro del programa encontramos lo siguiente algoritmos:

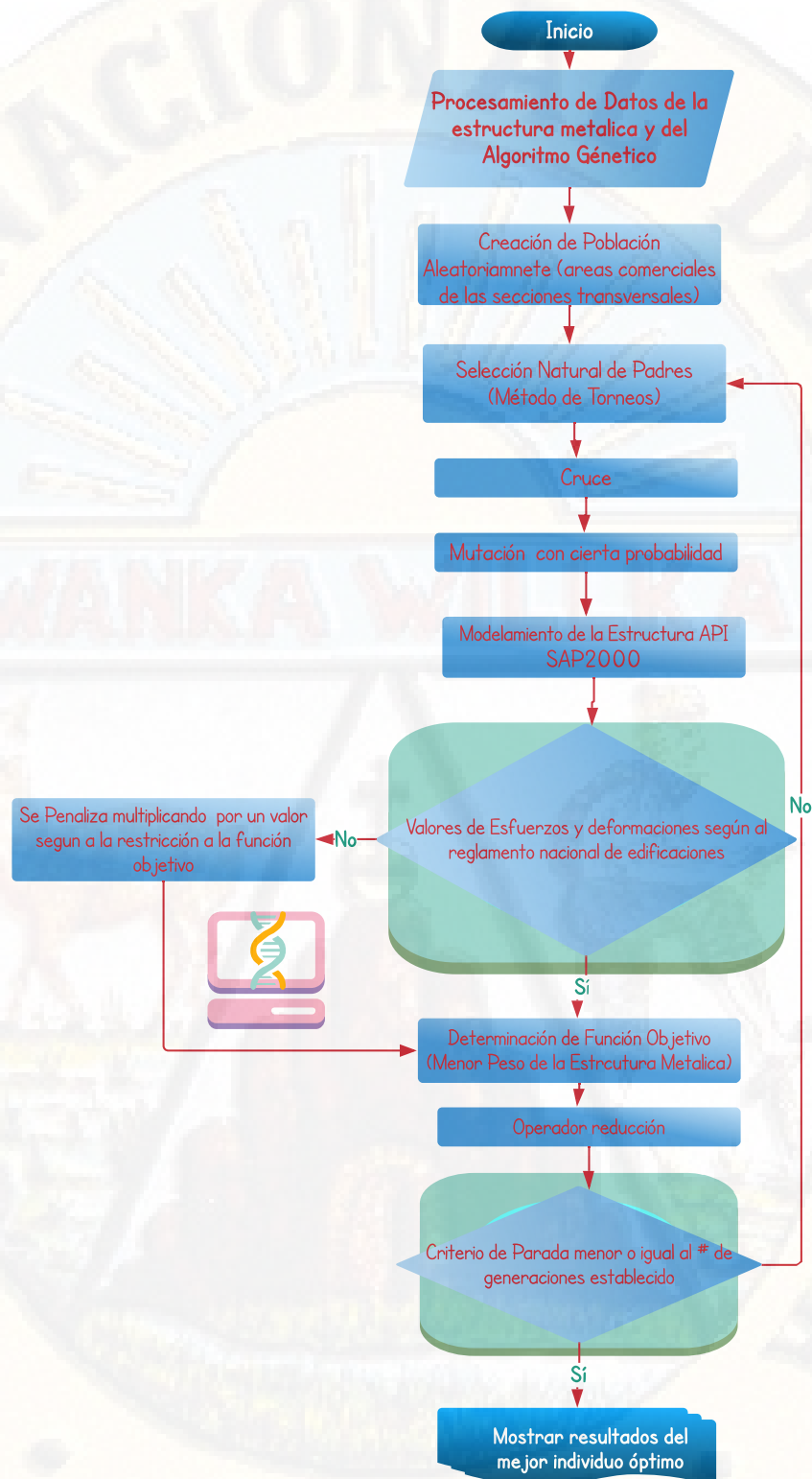


Figura 2.16: Diagrama de flujo del problema

■ Planteamiento de la Función Objetivo

Problemas de optimización de medidas suponen encontrar secciones transversales óptimas, o dimensiones, de elementos de un sistema estructural cuya topología y forma están fijas. La optimización de secciones transversales de miembros de armaduras discretas Algoritmo Genético para perfeccionar diseños de vigas soldadas. . Recientemente, aplicaron algoritmos genéticos al diseño de secciones L soldadas empleadas en marcos y comparó su desarrollo con otros algoritmos de optimización no lineales de funcionamiento en un espacio de representación restringida.

El principal objetivo en este tipo de problemas de optimización es minimizar las secciones transversales de los miembros de la estructura con el fin de encontrar el peso mínimo de la estructura satisfaciendo simultáneamente las limitaciones que el problema de optimización impone. Por consiguiente, la formulación matemática de este problema de optimización se describe de la siguiente manera que el objetivo es minimizar la siguiente función:

$$W(\{A_i\}) = \sum_{i=1}^n \gamma_i A_i L_i(r, d) \quad (2.2.20)$$

Comprobar $i=1,2,\dots,n$

$$\sigma_{max} \geq \sigma_i \geq \sigma_{min}$$

$$\delta_{max} \geq \delta_i \geq \delta_{min}$$

$$L/r \leq 200$$

Donde:

$W(\{A_i\})$: Función objetivo

γ : Peso específico del material

A : Variable de la función, áreas de las secciones transversales

L : Longitud de los elementos estructurales condicionados de parámetros geométricos.

- Si el elemento esta en compresión:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

Se cumple que $2,25 \geq F_y/F_e$ entonces el esfuerzo crítico se calculará $F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y$ Sino de lo contrario será $F_{cr} = 0,877 F_e$
Además:

$$\sigma_{Combinado} = \sum (\sigma_{momento} + \sigma_{carga_{axial}})$$

Y de los cálculos anteriores se tiene que si $F_{cr} > abs(\sigma_{Combinado})$ cumple con las restricciones de resistencia (*Método de LRFD*) de lo contrario se penalizara.

- Si el elemento esta en tensión.

$$F_{tensión} = 0,9 F_y$$

$$\sigma_{Combinado} = \sum (\sigma_{momento} + \sigma_{carga_{axial}})$$

Si $F_{tensión} > abs(\sigma_{Combinado})$ cumple con las restricción de resistencia (*Método de LRFD*) De lo contrario se penaliza

- Para Resistencia a la fuerza cortante, el cortante no es un problema en las vigas de acero tipo arco, previa inspección, porque las almas de los perfiles laminados son capaces de resistir grandes fuerzas cortantes

La función objetivo descrita anteriormente optimiza el peso de la estructura metálica es decir las secciones transversales de cada elemento, con ello el costo directo, en donde dicha optimización presenta restricciones de esfuerzos y deformaciones admisibles de cada elemento y nodo, de acuerdo a las normas vigentes para dar seguridad y sin comprometer características relevantes a la estructura como estado elástico (dicha normas fueron justificadas y mencionadas en los incisos anteriores).

Las restricciones que evaluará el programa para el diseño de resistencia(LRFD) son:

```

1 do iCol=1,814
2 if 408>=iCol then !Para las DIAGONALES
3 if 0>esfuerzo_sometidos_P(iCol) then !Para tracci n
4 rela_esbelt=4*LONG12(iCol)*1.2/((4*fgfg1(1)/3.14159265358979323)
    **0.5)
5 F_esfuerzo_pandeo_critico=3.14159265358979323**2*20000000000/
    rela_esbelt**2 !kg/m2
6 if 2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico then
7 F_cr=0.658**((F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
8 else:
9 F_cr=0.877*F_esfuerzo_pandeo_critico
10 end if
11 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(1)-abs(masd(iCol))
    *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(1)/3.14159265358979323)
    **1.5)
12 if F_cr>abs(esfuerzo_combin) then
13 Tolerable_condi=1
14 else:
15 Tolerable_condi=0
16 penalizacion=penalizacion+1
17 end if
18 else: !Para tension
19 F_tension=0.9*F_y
20 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(1)+abs(masd(iCol))
    *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(1)/3.14159265358979323)
    **1.5)
21 if F_tension>esfuerzo_combin then
22 Tolerable_condi=1
23 else:
24 Tolerable_condi=0
25 penalizacion=penalizacion+1
26 end if
27 end if
28 end if
29 if 610>=iCol>=409 then !Para las BRIDAS INFERIORES
30 if 0>esfuerzo_sometidos_P(iCol) then !Para tracci n
31 rela_esbelt=4*LONG12(iCol)*1.2/((4*fgfg1(2)/3.14159265358979323)
    **0.5)
32 F_esfuerzo_pandeo_critico=3.14159265358979323**2*20000000000/

```

```

        rela_esbelt**2      !kg/m2
33 if 2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico then
34 F_cr=0.658**((F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
35 else:
36 F_cr=0.877*F_esfuerzo_pandeo_critico
37 end if
38 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(2)-abs(masd(iCol))
        *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(2)/3.14159265358979323)
        **1.5)
39 if F_cr>abs(esfuerzo_combin) then
40 Tolerable_condi=1
41 else:
42 Tolerable_condi=0
43 penalizacion=penalizacion+1
44 end if
45 else: !Para tension
46 F_tension=0.9*F_y
47 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(2)+abs(masd(iCol))
        *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(2)/3.14159265358979323)
        **1.5)
48 if F_tension>esfuerzo_combin then
49 Tolerable_condi=1
50 else:
51 Tolerable_condi=0
52 penalizacion=penalizacion+1
53 end if
54 else !Para las BRIDAS SUPERIORES
55 if 0>esfuerzo_sometidos_P(iCol) then !Para tracci n
56 rela_esbelt=4*LONG12(iCol)*1.2/((4*fgfg1(3)/3.14159265358979323)
        **0.5)
57 F_esfuerzo_pandeo_critico=3.14159265358979323**2*20000000000/
        rela_esbelt**2      !kg/m2
58 if 2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico then
59 F_cr=0.658**((F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
60 else:
61 F_cr=0.877*F_esfuerzo_pandeo_critico
62 end if
63 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(3)-abs(masd(iCol))
        *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(3)/3.14159265358979323)

```

```

        **1.5)
64 if F_cr>abs(esfuerzo_combin) then
65 Tolerable_condi=1
66 else:
67 Tolerable_condi=0
68 penalizacion=penalizacion+1
69 end if
70 else: !Para tension
71 F_tension=0.9*F_y
72 esfuerzo_combin=fe/fgfg1(3)+abs(masd(iCol)
        *32/(3.14159265358979323*(4*fgfg1(3)/3.14159265358979323)
        **1.5)
73 if F_tension>esfuerzo_combin then
74 Tolerable_condi=1
75 else:
76 Tolerable_condi=0
77 penalizacion=penalizacion+1
78 end if
79 end if
80 end do

```

Listing 2.1: Restricción para la resistencia(LRFD)

Tanto para elementos sometidos a compresión y tracción a eso se combinará la flexión.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El método de algoritmo genético en la optimización de estructuras de acero en coberturas para la reducción del material resultó ser efectivo en un porcentaje considerable.

2.3.2. Hipótesis específicos

- Las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en cobertura luego de aplicar el método de algoritmos genéticos son óptimos.
- Las fuerzas importantes máximas para cada elemento luego de aplicar el método de algoritmos genéticos son a carga axial.
- Los parámetros de búsqueda son probabilidad de cruce 50 %, probabilidad de mutación 10 %.

2.4. Identificación de variables

2.4.1. Variable independiente

- Método de Algoritmos Genéticos (AG).

2.4.2. Variable dependiente

- Optimización del Diseño de Estructuras de Acero en coberturas.

Capítulo 3

Metodología de la Investigación

3.1. Ámbito de estudio

El ámbito de estudio es el distrito de Ascensión Complejo Juan Pablo II.



Figura 3.1: Ubicación de Muestra

3.2. Tipo de Investigación

La presente investigación ha sido catalogada, según su propósito, como tecnológica o aplicada ya que se tratará de solucionar un problema práctico de la

realidad diseñando una herramienta computacional valiéndonos del conocimiento científico.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación en el presente de trabajo es explicativo. Porque su interés se centra en explicar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis.

3.4. Método de Investigación

En la presente investigación se utilizará el método científico como método general y como método específico el analítico - deductivo, se establecerá la relación de causa y efecto que existen entre las variables en estudio, se investigará la significancia entre las variables, es decir, la método de algoritmos genéticos (AG). Y la variable dependiente que es optimización de estructura de acero en cobertura y a través del método científico específico, se hará un análisis de la respuesta estructural óptima para lograr un costo directo más económico y también para medir la efectividad y la eficacia del resultado.

3.5. Diseño de Investigación

En la presente investigación se utilizará el diseño experimental. Diseño de grupo control y post prueba. Según este diseño se requiere de dos grupos, uno experimental y otro de control donde los elementos han sido asignados. El investigador aplica la variable experimental o variable independiente al G1, posteriormente evalúa a los dos grupos en la variable dependiente. La comparación entre las pruebas de ambos grupos nos indica si hubo o no efecto de la manipulación.

Se diseña:

$$G1XO1$$

$$G2 - O2$$

Donde:

$G1, G2$ = Grupo de control.

$O1, O2$ = Mediciones posteriores al estímulo de la variable independiente.

X = Tratamiento o estímulo con algoritmos genéticos.

3.6. Población, Muestra

La población y la muestra de la investigación es la estructura en acero de la cobertura del Complejo Juan Pablo II.

Cabe resaltar que la muestra elegida es una no probabilística e intencional ya que ha sido elegida según criterio, por lo cual no se recurrirá a ningún tipo de muestreo típico de muestras probabilísticas.

3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las principales técnicas que se utilizarán en este estudio serán:

- Guías de observación y observación directa (reportes de resultados obtenidos y comparación)
- Guías de análisis documental y contenido (libros, normas y reglamentos).

Los instrumentos a utilizar serán:

- Computadora con Procesador Intel R Core i7
- Lenguaje de programación Fortran.
- Software Comerciales SAP 2000

3.8. Procedimientos de Recolección de Datos

Se emplea como técnica de recopilación de información la observación estructurada mediante el registro sistemático, válido y confiable de bibliografía referente al análisis y diseño de edificaciones con aislamiento sísmico. El acopio de la información se enfoca en las publicaciones efectuadas por instituciones públicas y privadas relacionadas al aislamiento sísmico, así como la experiencia laboral del autor en dicho tema. En este nivel nos abocaremos en la obtención de información en fuentes como libros, catálogos, monografías, revistas, tesis, internet, prensa y otros. Para la recolección de información se recurrió a la fuente primaria es decir a la información escrita, también se recurrió a la fuente secundaria que es una investigación documental (textos, documentos, planos, Tesis, Artículos Científicos, etc). Como también se abarco en la recolección de información de estudios nacionales e internacionales.

3.9. Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento de datos se utilizó los programas siguientes:

3.9.1. Análisis de datos

- Interpretación de los resultados de la optimización realizado mediante Algoritmos Genéticos.
- Validación del programa de los diseños realizados con el programa SAP 2000.
- Tabulación de la función de las variables analizadas

Capítulo 4

Resultados

4.1. Presentación de Resultados

En este capítulo se dan a conocer los resultados según la metodología descrita.

4.1.1. Descripción de la Estructura

La estructura que se estudió es una estructura metálica armadura del primer módulo del complejo Juan Pablo II tipo *Warren* con conexiones rígidas (soldadas) en arco debido a su óptima utilización de material y buena funcionabilidad estructural. La estructura metálica está compuesta de vigas principales y viguetas (correas) y, a su vez, la viga principal está conformada por 408 diagonales, 207 bridas inferiores y 204 bridas superiores conformada así de 813 elementos estructurales.

Para las viguetas esta conformada por 2 elementos exteriores y 30 elementos interiores. El lugar donde se ubica la cobertura del complejo tiene un área $816,64m^2$ total es decir considerando los dos módulos destinada para la recreatividad deportiva, Esta estructura del primer módulo presenta una forma rectangular con un ancho de $31,9m^2$, largo de $25,6m^2$ y una altura del nivel del piso terminado hacia el soporte de base de la estructura metálica $8,9m^2$.

4.1.2. Códigos y Normativas

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizará las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) específicamente la norma E.020 de cargas, E.090 de estructuras metálicas y Norma LRFD.

4.1.3. Datos Generales de los materiales

Se consideraron las siguientes características físicas y también los diferentes tipos de secciones comerciales tomados de las especificaciones de acero liso ASTM A36, se está utilizando un factor de longitud efectiva de 1.2 esto por el tipo de conexión.

Material	Propiedades	Símbolo	Valor
Acero	Módulo de Elasticidad	E	2000000 kg/cm^2
	Límite de Fluencia mínima	$f'y$	2536 kg/cm^2
	Resistencia de Tracción	t	4080 kg/cm^2
	Peso específico	γ	7850 kg/m^3

4.1.4. Predimensionamiento de los elementos de la estructura warren tipo arco

Para el cálculo del peralte de la viga tipo warren se tiene:

- Para luces $L < 15m$. (Un solo cuerpo)

$$H = \frac{L}{25-30}$$

- Para luces $L \geq 15m$. (Doble cuerpo)

$$H = \frac{L}{50-65}$$

Entonces apartir de lo anterior se tiene para la estructura de 32 mtr de luz.

$$H = \frac{32}{65}$$

$$H = 0,50m.$$

De doble cuerpo

Para el cálculo de la altura (flecha) de la estructura viga arco se tiene:

$$A = \frac{L}{5-7}$$

$$A = \frac{L}{6}$$

$$A = 5,40m.$$

A partir de las longitudes del peralte y flecha se obtienen las longitudes de los elementos internos de la estructura metálica en cobertura mediante dibujos geométricos, tal como se muestra en la siguiente figura.

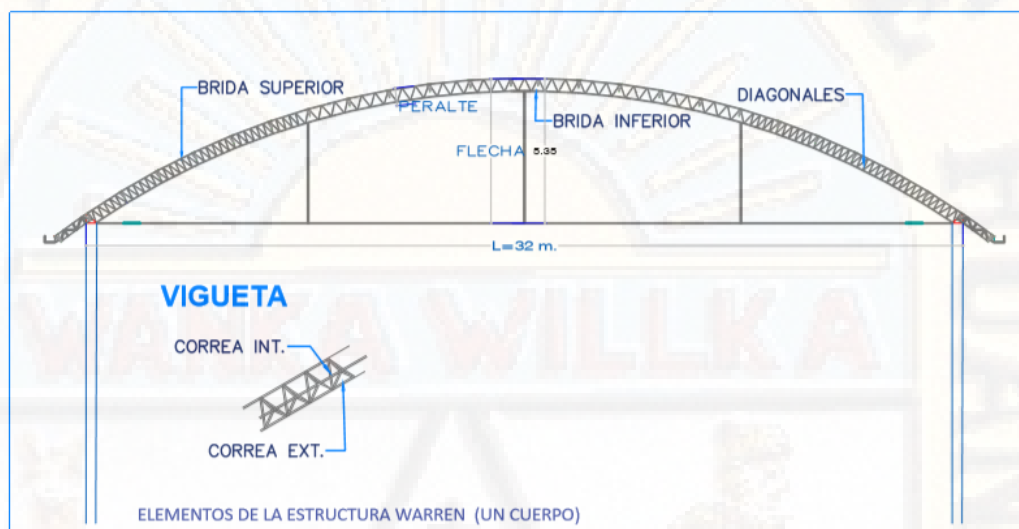


Figura 4.1: Elementos internos de la estructura metálica en cobertura

ELEMENTOS	LONG. m. (para 8.04 m.del apoyo)	ELEMENTOS	LONG. m. (zona céntrica)
Diagonales	0.44 y 0.5	Diagonales	0.50
Brifa Inf.	0.25	Brifa Inf.	0.45
Brida Sup.	0.25	Brida Sup.	0.50
Correa Inf.	0.32	Correa Inf.	0.32
Correa Ext.	4.50	Correa Ext.	4.50

Tabla 4.1: Longitudes de los elementos internos de la estructura

4.1.5. Metrado de Carga

Según a las consideraciones de la norma E.020 se tiene

Tipo de Carga	Cargas Unitarias	Valor
Carga Muerta	Peso de Calaminom	8.50 kg/m^2
	Peso de Accesorios en Techo	5.00 kg/m^2
	Peso de Luminarias	20.00 kg/m^2
Carga Viva	Carga viva en techo	30.00 kg/m^2
Carga de Nieve	Carga de Nieve	40.00 kg/m^2

Tabla 4.2: Sobrecargas

En la siguiente tabla se presenta la carga para una área tributaria del cual se distribuirá para simplificar el diseño de optimización mediante la herramienta API del programa SAP2000.v19 .

Metrado de carga muerta

Descripción	Sobrecarga(kg/m2)	Largo(mm)	Ancho(m)	Peso(kg)	Peso en cada nodo
Cobertura	8.50	1.52	4.96	64.08	32.04
Accesorios	5.00	1.52	4.96	37.70	18.85
TOTAL					50.89

Tabla 4.3: Metrado de carga muerta

Metrado de carga viva

Descripción	Sobrecarga(kg/m2)	Largo(m)	Ancho(m)	Peso(kg)	Peso en cada nodo
Carga viva	30.00	1.52	4.96	226.18	113.09
TOTAL				226.18	113.09

Tabla 4.4: Metrado de carga viva

Metrado de carga de nieve

Descripción	Sobrecarga(kg/m2)	Largo(m)	Ancho(m)	Peso(kg)	Peso en cada nodo
Carga de Nieve	40.00	1.52	4.96	241.25	120.63
TOTAL				241.25	120.63

Tabla 4.5: Metrado de carga de nieve

Metrado de carga de viento

Según a la norma E.020 se toma las siguientes consideraciones para la carga de viento. La pendiente promedio de la superficie en grados son:

- $\Theta = 0,00^\circ$ (pendiente más baja de la superficie)
- $\Theta = 14,00^\circ$ (pendiente promedio de la superficie)
- $\Theta = 32,00^\circ$ (pendiente máxima de la superficie)

Estos ángulos nos permitirán calcular el factor de forma.

Para la velocidad de diseño se tiene:

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

Donde:

V_h : Velocidad de diseño en la altura h en Km/h .

V : velocidad de diseño hasta 10m de altura en Km/h (según del mapa eólico) $50Km/h$.

h : altura sobre el terreno en metros.

Entonces para la presión del viento:

$$Ph = 0,005CVh^2$$

Donde:

Ph : Presión o succión del viento a una altura h en $Kgf/m^{0,22}$.

C : factor de forma adimensional (según a la tabla 4.5).

A partir de lo anterior tenemos:

Descripción	Factor	Resultados
BARLOVENTO: Considerando presión	C= 0.80	Ph=10 kg/m ²
SOTAVENTO: Se tiene succión	C=-0.50	Ph=-6.25 kg/m ²

Tabla 4.6: Metrado de carga de viento

4.1.6. Análisis Sísmico según a la E.030

La masa de la estructura es determinada considerando el 100 % de cargas permanentes (peso muerto y cargas externas) más el incremento del 50 % de las sobrecargas por cada nivel y finalmente un aporte del 25 % de sobrecarga en techos.

Análisis estático:

Se calculara el Cortante Estático con los valores de los parámetros definidos anteriormente, además de definir el Peso de la Estructura y el Factor de Ampliación Dinámica (C).

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R}$$

La expresión anterior se multiplica por el peso de la estructura factorada.

Según a la norma E.030 se toman en consideración las siguientes expresiones:

$$R = R_o I_a I_p$$

$$T = \frac{h_p}{C_T}$$

Factores del coeficiente de la cortante basal (X-Y)

Factor de zona sísmica (Z)	0.35
Factor de uso (U)	1.3
Factor de suelo(S)	1
Coeficiente de reducción sísmica(R)	7
Factor de amplificación sísmica(C)	2.5
Coeficiente de la cortante basal	0.1625

Tabla 4.7: Factores del coeficiente basal

Según a la tabla 4.7 se establece el coeficiente de la cortante basal en el programa. Cabe señalar que no se definió un diafragma rígido puesto que no es una estructura de concreto armado y por ende no presenta losa y se obvia la excentricidad. El análisis sísmico que se está realizando es estático puesto que es conservadora y resalta más para estructuras metálicas esto según a la norma E.030.

4.1.7. Optimización del diseño estructuras de acero en coberturas mediante algoritmos genéticos

Una vez definido la estructura en SAP2000 bajo las solicitaciones de carga, se procederá a desarrollar un método de diseño óptimo mediante el uso de Algoritmos genéticos (Teoría Darwiniana) para la reducción de material sin comprometer la seguridad de la estructura teniendo en cuenta las normas y códigos del diseño de resistencia para lo cual se tendrán restricciones para el algoritmo. Se realizó un análisis de diseño iterativo hasta minimizar la cantidad de material cumpliendo las restricciones designadas para el algoritmo esto mediante *application programming interface* (API) de SAP2000 19, usando todas las secciones comerciales disponibles para los elementos de la estructura metálica para la finalidad de optimizar la cantidad de material de esta. Se consideraron en total cinco perfiles de sección transversal los cuales vienen a ser sección circular, sección tubular circular, sección ángulo (L), sección I y sección cuadrada. En la figura 4.2 se muestra una interpretación gráfica del AG.

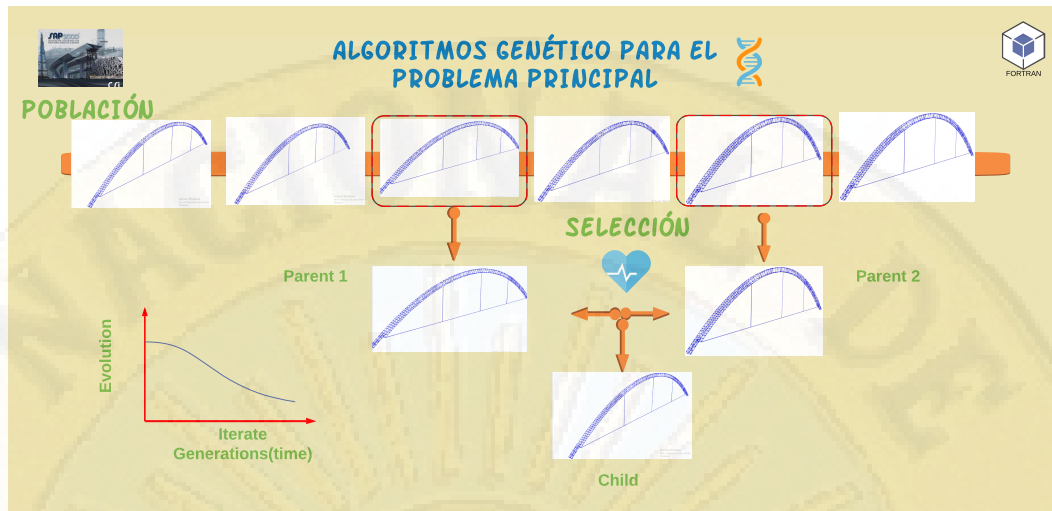


Figura 4.2: Solución al problema principal

Declaración de los parámetros que intervienen en la optimización

Los parámetros empleados en el algoritmo de optimización son: Población inicial según a la cantidad de secciones comerciales del perfil, probabilidad de cruzamiento (40 % estrategia de simple cruce), probabilidad de mutación (20 %), elitismo de 5 y número máximo de generaciones según a la cantidad de secciones que presenta el perfil.

Se realiza la búsqueda hasta encontrar la mejor solución de la función objetivo, donde el área de las secciones transversales de los elementos estructurales que son las variables de la función objetivo los cuales se muestran en la figura 4.3.

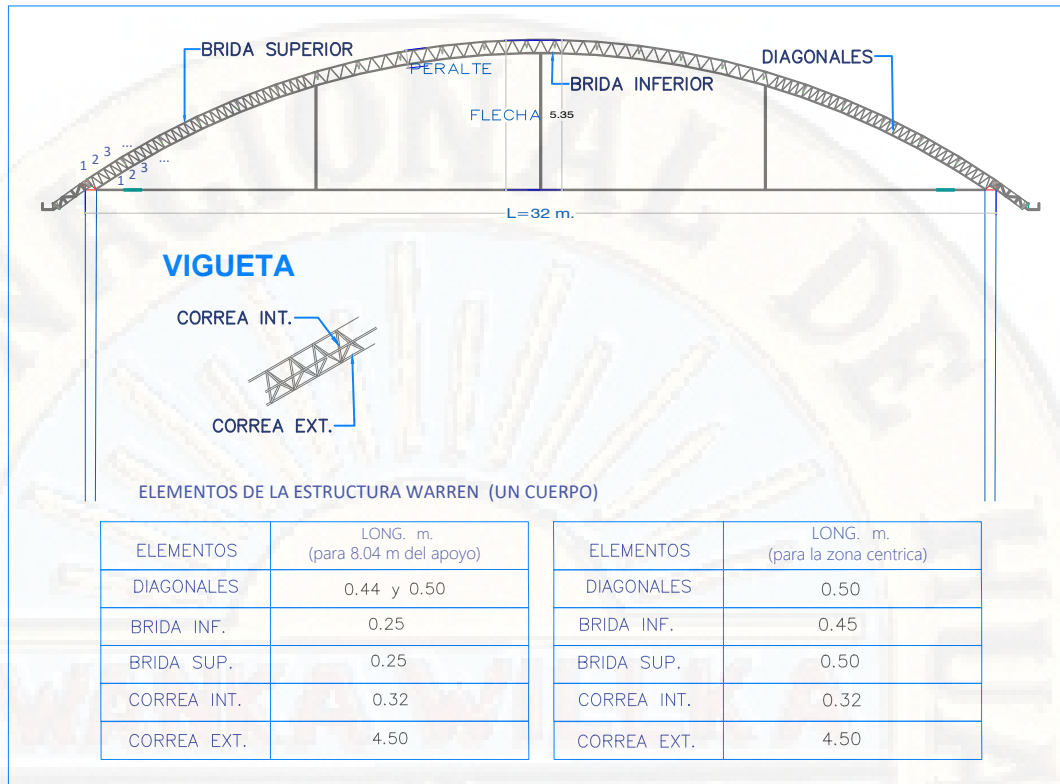


Figura 4.3: Elementos estructurales de la estructura en cobertura de acero

Optimización de la estructura de acero para una sección circular

En la siguiente tabla 4.8 se muestran las barras comerciales para la sección circular, todas estas representan el dominio de la función objetivo que va de $3/8\text{ mm}$ @ 2 1/2 mm a partir de estas variables conocidas se formará una población aleatoria dinámica conformada por individuos cuyos genes vendrían a ser el diámetro de la sección circular, el individuo estará representada por una lista conformado por los valores de la dimensión del cuadrado(genes) que se generarán aleatoriamente.

Sección Circular												
Diámetro (pulg ")												
3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	

Tabla 4.8: Variables de la función objetivo para la sección Circular

La siguiente tabla 4.9 muestra la convergencia hasta la ultima generaci3n, para diferentes generaciones e individuos, seg3n la tabla se observa que va evolucionando hasta cumplir con todas las restricciones. El tiempo de ejecuci3n del programa para esta secci3n fue de 2 : 16 : 31,10 Hrs. y la funci3n objetivo de la 3ltima generaci3n (100) es 17066,31 *Kgf* el cual es el peso de la estructura de acerp evaluada para una secci3n circular.

Gener_Individuo	Cumplimiento de restricciones			Func_objetivo(kgf)
	Diseño de resistencia	Desplazamientos	Condiciones Geométricas	
Gene_20_Indiv_13	No cumple	No cumple	No cumple	1981187316.16
Gene_50_Indiv_10	Cumple	Cumple	Cumple	19333.80
Gene_80_Indiv_13	Cumple	Cumple	Cumple	18086.25
Gene_100_Indiv_10	Cumple	Cumple	Cumple	14418.91

Tabla 4.9: Restricciones de la Funci3n Objetivo

La tabla 4.10 muestra las variables que vienen a ser los diámetros de la secci3n circular s3lida para el cual dieron los resultados en el cuadro anterior para diferentes generaciones e individuos, los cuales se pueden observar que va evolucionando o convergiendo a nuestra funci3n objetivo que en este caso vienen a ser el m3nimo valor de todas las generaciones puesto que queremos obtener eso. Cabe seÑalar que los individuos tomados de las generaci3n son los m3s 3ptimos.

Variables de la func.Objetivo	Gene_20_Indiv_13	Gene_50_Indiv_10	Gene_80_Indiv_13	Gene_100_Indiv_10
Diagonal (ϕ ")	3/4	3/4	3/4	3/4
Brida inferior (ϕ ")	1	1 1/4	1	1
Brida superior (ϕ ")	7/8	1 1/4	1 1/4	1
Correa interna (ϕ ")	5/8	1/2	3/8	3/8
Correa externa (ϕ ")	1 1/2	1 1/4	3/4	7/8

Tabla 4.10: Variables para diferentes generaciones

Las siguientes figuras muestran las generaciones para la viga principal y vigueta ambas c3ntrica, es decir, las de mayor demanda de carga. Con una leyenda de colores en funci3n de la relaci3n del esfuerzo de demanda y el esfuerzo de resistencia para cada elemento de la estructura met3lica donde el color celeste significa que se encuentra en un rango de 0,0 y 0,5 , el color verde significa que se encuentra en un rango de 0,5 y 0,7, el color amarillo significa que se encuentra en

un rango de 0,7 y 0,9, el color anaranjado significa que se encuentra en un rango de 0,9 y 1,0 y el color rojo significa que se encuentra en un rango mayor de 1,0.

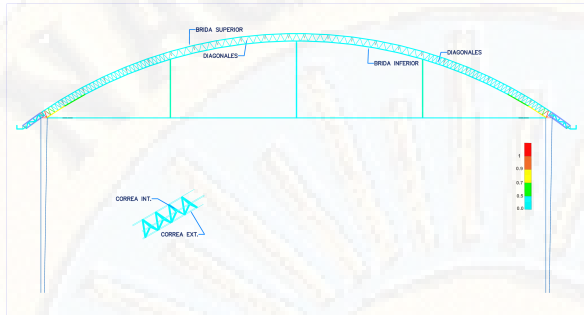


Figura 4.4: Gene_20_Indiv_13

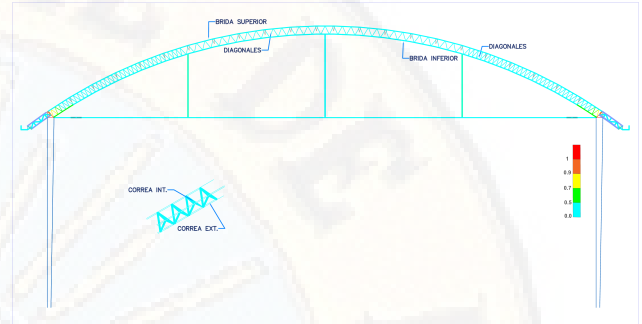


Figura 4.5: Gene_50_Indiv_10

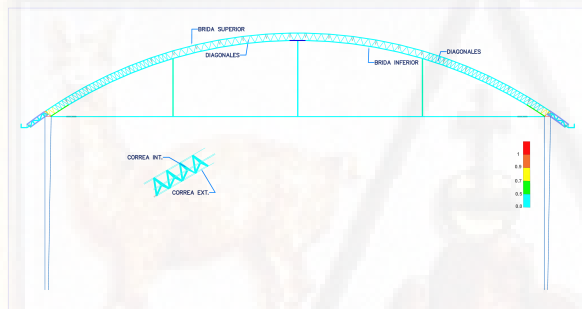


Figura 4.6: Gene_80_Indiv_13

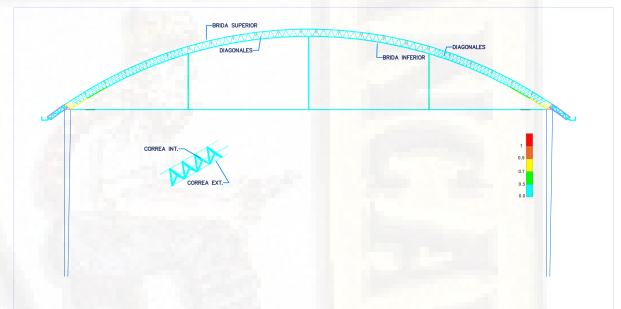


Figura 4.7: Gene_100_Indiv_10

Optimización de la estructura de acero para una sección tubular

En la siguiente tabla 4.11 se muestra las barras comerciales para la sección tubular y sus propiedades geométricas, todas estas representan el dominio de la función objetivo que va de $3/8$ " @ $2 1/2$ " a partir de estas variables conocidas se formará una población aleatoria dinámica conformada por individuos cuyos genes vendrían a ser el diámetro exterior de la sección tubular, el individuo estará representada por una lista conformado por los valores de los diámetros exteriores(genes) que se generarán aleatoriamente.

Sección Tubular				
Diámetro exterior (")	Espesor (mm)	Área(mm2)	Inercia(mm4)	Radio(mm)
3/8	1.5	53	800	3.88
1/2	1.5	68	1800	5.1
5/8	1.5	83	3200	6.2
3/4	1.5	98	5300	7.4
7/8	1.5	113	8100	8.5
1	1.5	143	16300	10.7
1 1/8	1.5	172	28900	13
1 1/4	1.5	202	46700	15.2
1 1/2	1.5	217	57900	16.3
1 3/4	1.5	232	70600	17.4
2	1.5	277	120000	20.8
2 1/2	1.5	292	140500	21.9

Tabla 4.11: Variables de la función objetivo para la sección Tubular

La siguiente tabla 4.12 muestra la convergencia hasta la última generación, para diferentes generaciones e individuos, según la tabla se observa que va evolucionando hasta cumplir con todas las restricciones, el tiempo de ejecución del programa para esta sección fue de 0 : 55 : 45,61Hrs. y la función objetivo de la última generación (45) es 11429,10 *Kgf* el cual es el peso de la estructura.

Gener_Individuo	Cumplimiento de restricciones			Func_objetivo(kgf)
	Diseño de resistencia	Desplazamientos	Condiciones Geométricas	
Gene_1_Indiv_2	Cumple	Cumple	Cumple	11685.50
Gene_15_Indiv_2	Cumple	Cumple	Cumple	11685.50
Gene_35_Indiv_7	Cumple	Cumple	Cumple	11491.80
Gene_45_Indiv_11	Cumple	Cumple	Cumple	11429.10

Tabla 4.12: Restricciones de la función objetivo

En la tabla 4.13 se muestra las variables que vienen a ser los diámetros de la sección tubular para el cual dieron los resultados en el cuadro anterior para diferentes generaciones e individuos los cuales se puede observar que va evolucionando o convergiendo a nuestra función objetivo que en este caso vienen a ser el mínimo valor de todas las generaciones.

Variables de la func.Objetivo	Gene_1_Indiv_2	Gene_15_Indiv_2	Gene_35_Indiv_7	Gene_45_Indiv_11
Diagonal (ϕ'')	1 1/2	1 1/2	1	1
Brida inferior (ϕ'')	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 3/8
Brida superior (ϕ'')	1	1	1 1/2	1 1/2
Correa interna (ϕ'')	2	2	2	1
Correa externa (ϕ'')	2 1/2	2 1/2	1 1/2	1 1/2

Tabla 4.13: Variables para diferentes generaciones

Las siguientes figuras muestran las generaciones para la viga principal y vigueta ambas céntrica, es decir, las de mayor demanda de carga. Con una leyenda de colores en función de la relación del esfuerzo de demanda y el esfuerzo de resistencia para cada elemento de la estructura metálica donde el color celeste significa que se encuentra en un rango de 0,0 y 0,5 , el color verde significa que se encuentra en un rango de 0,5 y 0,7, el color amarillo significa que se encuentra en un rango de 0,7 y 0,9, el color anaranjado significa que se encuentra en un rango de 0,9 y 1,0 y el color rojo significa que se encuentra en un rango mayor de 1,0.

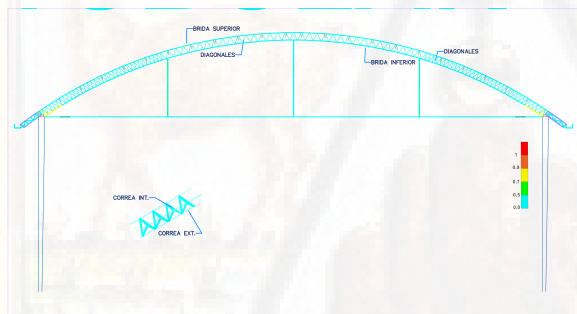


Figura 4.8: Gene_1_Indiv_2

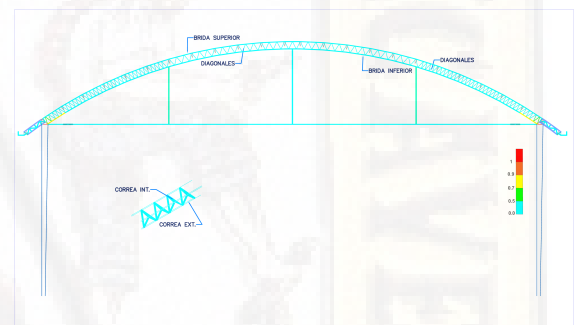


Figura 4.9: Gene_15_Indiv_2

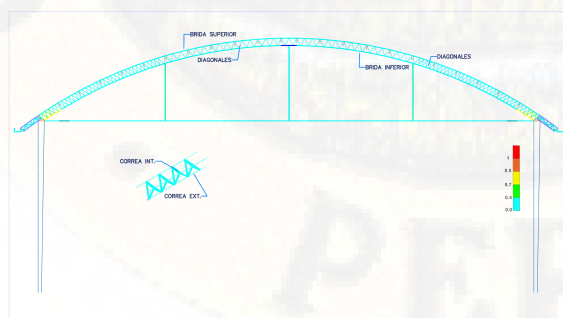


Figura 4.10: Gene_35_Indiv_7

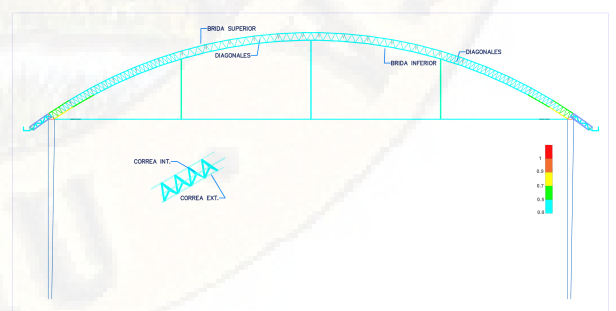


Figura 4.11: Gene_45_Indiv_11

Optimización de la estructura de acero para una sección cuadrada

En la siguiente tabla 4.14 se muestra las barras comerciales para la sección cuadrada y sus propiedades geométricas, todas estas representan el dominio de la función objetivo que va de 8 mm @ 24.5 mm a partir de estas variables conocidas se formará una población aleatoria dinámica conformada por individuos cuyos genes vendrían a ser la dimension del lado del cuadrado, el individuo estará represento por una lista conformada por los valores de la dimensión del cuadrado(genes) que se generarán aleatoriamente.

Cuadrado			
Lado (mm.)	Área (mm ²)	Inercia (mm ⁴)	Radio (mm)
8	64	341.3	2.31
9	81	546.8	2.6
11	121	1220.1	3.18
15	225	4218.8	4.33
18	324	8748.0	5.20
24.5	600	30025.0	7.10

Tabla 4.14: Variables de la función objetivo para la sección Cuadrada

La siguiente tabla 4.15 muestra la convergencia hasta la ultima generación, para diferentes generaciones e individuos, según la tabla se observa que va evolucionando hasta cumplir con casi todas las restricciones, sin cumplir el diseño de resistencia debido a que las secciones comerciales de la sección cuadrada son mínimas para resistir la demanda de carga, el tiempo de ejecución del programa para esta sección fue de $0 : 44 : 17,25\text{Hrs.}$ y la función objetivo de la última generación (75) es $1626905780,40\text{ Kg}$ el cual es el peso de la viga principal óptima por lo que se penalizó el resultado del peso verdadero, según a la tabla es porque no cumplió con las restricciones de resistencia y por ende las demás.

La razón por la que no cumple con las restricciones es que las secciones comerciales de este perfil cuadrado son pequeñas para la sollicitación de cargas.

Gener_Individuo	Cumplimiento de restricciones			Func_objetivo(kgf)
	Diseño de resistencia	Desplazamientos	Condiciones Geométricas	
Gene_5_Indiv_8	No_cumple	No_cumple	No_cumple	12339675306.00
Gene_15_Indiv_17	No_cumple	No_cumple	No_cumple	2941835479.20
Gene_20_Indiv_8	No_cumple	No_cumple	No_cumple	1626905780.40
Gene_30_Indiv_8	No_cumple	No_cumple	No_cumple	Penalizado

Tabla 4.15: Restricciones de la Función Objetivo

La tabla 4.16 muestra variables que vienen a ser las dimensiones del lado para el cual dieron los resultados en el cuadro anterior para diferentes generaciones e individuos los cuales se puede observar que va evolucionando o convergiendo a nuestra función objetivo que en este caso vienen a ser el mínimo valor de todas las generaciones.

Variables de la func.Objetivo	Gene_5_Indiv_8	Gene_15_Indiv_17	Gene_20_Indiv_8	Gene_30_Indiv_8
Diagonal (mm)	15	15	18	18
Brida inferior (mm)	18	24.5	24.5	24.5
Brida superior (mm)	18	24.5	18	18
Correa interna (mm)	18	18	11	11
Correa externa (mm)	8	8	24.5	24.5

Tabla 4.16: Variables para diferentes generaciones

Las siguientes figuras muestran las generaciones para la viga principal y vigueta ambas céntrica, es decir, las de mayor demanda de carga. Con una leyenda de colores en función de la relación del esfuerzo de demanda y el esfuerzo de resistencia para cada elemento de la estructura metálica donde el color celeste significa que se encuentra en un rango de 0,0 y 0,5 , el color verde significa que se encuentra en un rango de 0,5 y 0,7, el color amarillo significa que se encuentra en un rango de 0,7 y 0,9, el color anaranjado significa que se encuentra en un rango de 0,9 y 1,0 y el color rojo significa que se encuentra en un rango mayor de 1,0.



Figura 4.12: Gene_5_Indiv_8

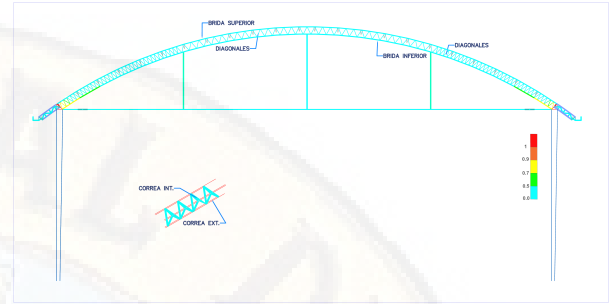


Figura 4.13: Gene_15_Indiv_17

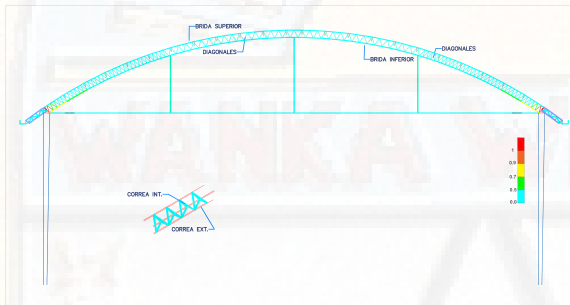


Figura 4.14: Gene_20_Indiv_8

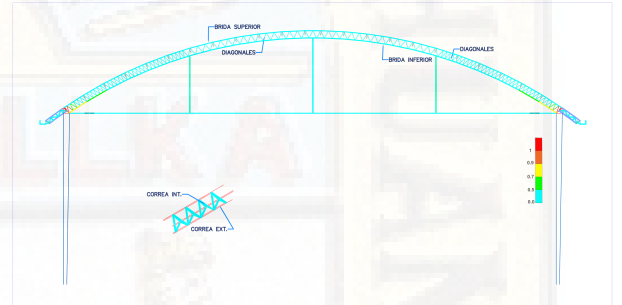


Figura 4.15: Gene_30_Indiv_8

Optimización de la estructura de acero para una sección angular

En la siguiente tabla 4.17 se muestra las barras comerciales para la sección angular y sus propiedades geométricas, todas estas representan el dominio de la función objetivo que va de 25 mm @ 80 mm a partir de estas variables conocidas se formará una población aleatoria dinámica conformada por individuos cuyos genes vendrían a ser la dimension del Lado de pie, el individuo estará representada por una lista conformada por los valores de la dimensión del Lado de pie (genes) que se generarán aleatoriamente.

Sección angular				
Lado de pie(mm)	espesor(mm)	Area(mm2)	Inercia(mm4)	Radio(mm)
25	3	135	7900	7.65
30	3	214	18000	9.17
40	3	359	53100	12.16
50	3	540	125700	15.25
60	3	855	282100	18.16
75	3	1336	688900	22.70
80	3	1683	970500	24.01

Tabla 4.17: Variables de la función objetivo para la sección ángulos

La siguiente tabla 4.18 muestra la convergencia hasta la última generación, para diferentes generaciones e individuos, según la tabla se observa que va evolucionando hasta cumplir con todas las restricciones, el tiempo de ejecución del programa para esta sección fue de 0 : 35 : 57,32Hrs. y la función objetivo de la última generación (40) es 15833,69 *Kgf* el cual es el peso de la estructura metálica para la sección angular.

Gener_Individuo	Cumplimiento de restricciones			Func_objetivo(kgf)
	Diseño de resistencia	Desplazamientos	Condiciones Geométricas	
Gene_5_Indiv_9	Cumple	Cumple	Cumple	20788.15
Gene_25_Indiv_9	Cumple	Cumple	Cumple	16182.53
Gene_35_Indiv_9	Cumple	Cumple	Cumple	16182.53
Gene_40_Indiv_14	Cumple	Cumple	Cumple	15833.69

Tabla 4.18: Restricciones de la Función Objetivo

La tabla 4.19 muestra las variables que vienen a ser las dimensiones de la pierna de la sección ángulo para el cual dieron los resultados en el cuadro anterior para diferentes generaciones e individuos los cuales se puede observar que va evolucionando o convergiendo a nuestra función objetivo que en este caso vienen a ser el mínimo valor de todas las generaciones.

Variables de la func.Objetivo	Gene_5_Indiv_9	Gene_25_Indiv_9	Gene_35_Indiv_9	Gene_40_Indiv_14
Diagonal (mm)	60	50	50	40
Brida inferior (mm)	40	40	40	40
Brida superior (mm)	60	40	40	40
Correa interna (mm)	30	30	30	40
Correa externa (mm)	40	40	40	40

Tabla 4.19: Variables para diferentes generaciones

Las siguientes figuras muestran las generaciones para la viga principal y vigueta ambas céntrica, es decir, las de mayor demanda de carga. Con una leyenda de colores en función de la relación del esfuerzo de demanda y el esfuerzo de resistencia para cada elemento de la estructura metálica donde el color celeste significa que se encuentra en un rango de 0,0 y 0,5 , el color verde significa que se encuentra en un rango de 0,5 y 0,7, el color amarillo significa que se encuentra en un rango de 0,7 y 0,9, el color anaranjado significa que se encuentra en un rango de 0,9 y 1,0 y el color rojo significa que se encuentra en un rango mayor de 1,0.



Figura 4.16: Gene_5_Indiv_9

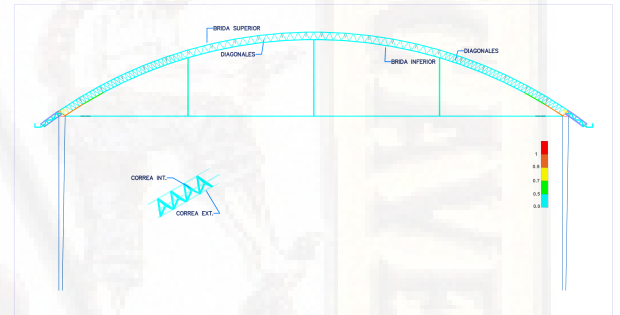


Figura 4.17: Gene_25_Indiv_9

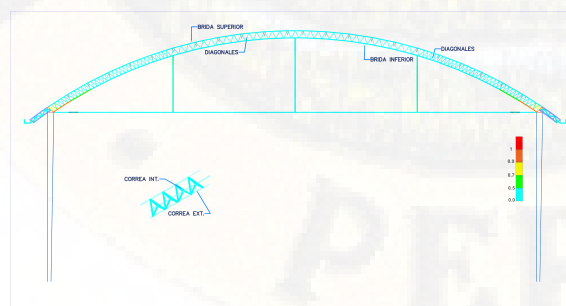


Figura 4.18: Gene_35_Indiv_9

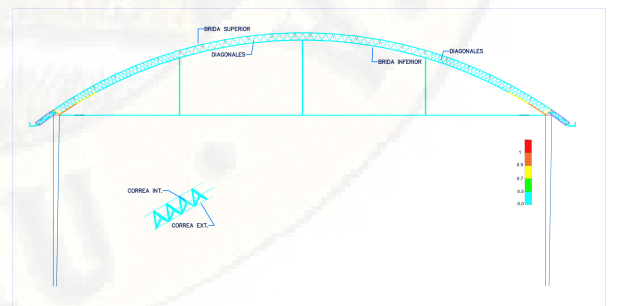


Figura 4.19: Gene_40_Indiv_14

Optimización de la estructura de acero para una sección IPN

En la siguiente tabla 4.20 se muestran las barras comerciales para la sección IPN y sus propiedades geométricas, todas estas representan el dominio de la función objetivo que va de 80 mm @ 550 mm a partir de estas variables conocidas se formará una población aleatoria dinámica conformada por individuos cuyos genes vendrían a ser la dimensión de la profundidad de la sección IPN, el individuo estará representado por una lista conformada por los valores de la profundidad de la sección IPN (genes) que se generarán aleatoriamente.

Sección IPN							
h (mm)	s (mm)	g (mm)	t (mm)	Área (cm ²)	Inercia x (cm ⁴)	Inercia y (cm ⁴)	Radio (cm)
80	46	3.80	5.20	7.64	80	8.49	1.054
100	55	4.10	5.70	10.30	171	15.90	1.242
120	64	4.40	6.30	13.20	318	27.70	1.449
140	73	4.70	6.90	16.40	541	44.90	1.655
160	82	5.00	7.40	20.10	869	68.30	1.843
180	91	5.30	8.00	23.90	1320	101.00	2.056
200	100	5.60	8.50	28.50	1940	142.00	2.232
220	110	5.90	9.20	33.40	2770	205.00	2.477
240	120	6.20	9.80	39.10	3890	284.00	2.695
270	135	6.60	10.20	45.90	5790	420.00	3.025
300	150	7.10	10.70	53.80	8360	604.00	3.351
330	160	7.50	11.50	62.60	11770	788.00	3.548
360	170	8.00	12.70	72.70	16270	1040.00	3.782
400	180	8.60	13.50	84.50	23130	1320.00	3.952
450	190	9.40	14.60	98.80	33740	1680.00	4.124
500	200	10.20	16.00	116.00	48200	2140.00	4.295
550	210	11.10	17.20	134.00	67120	2670.00	4.464

Tabla 4.20: Variables de la función objetivo para la sección IPN

La siguiente tabla 4.21 muestra la convergencia hasta la ultima generación, para diferentes generaciones e individuos, según la tabla se observa que va desde solo

la primera generación cumple con todas las restricciones, esto se debe a su gran sección comercial de este perfil, el tiempo de ejecución del programa para esta sección fue de 2 : 08 : 31,85Hrs. y la función objetivo de la última generación (80) es 41522,90 *Kgf* el cual es el peso de la estructura metálica de sección IPN. Obsérvase que la función objetivo resultante para esta función es la mayor a todas las anteriores y esto se debe a que las secciones comerciales(según los catálogos) son de dimensiones mucho mayores a las vistas anteriormente, lo cual hará que se sobredimensionen y con ello económicamente no factible y técnicamente no constructivo para este tipo de estructuras metálicas tipo warren en arco.

Gener_Individuo	Cumplimiento de restricciones			Func_objetivo(kgf)
	Diseño de resistencia	Desplazamientos	Condiciones Geométricas	
Gene_5_Indiv_50	Cumple	Cumple	Cumple	56286.01
Gene_40_Indiv_45	Cumple	Cumple	Cumple	53192.68
Gene_60_Indiv_50	Cumple	Cumple	Cumple	41655.20
Gene_80_Indiv_45	Cumple	Cumple	Cumple	41522.90

Tabla 4.21: Restricciones de la Función Objetivo

La tabla 4.22 muestra variables que vienen a ser las dimensiones de la profundidad o altura total de la sección I, para el cual dieron los resultados en el cuadro anterior para diferentes generaciones e individuos, los cuales se puede observar que va evolucionando o convergiendo a nuestra función objetivo que en este caso vienen a ser el mínimo valor de todas las generaciones.

Variables de la func_Objetivo	Gene_5_Indiv_50	Gene_40_Indiv_45	Gene_60_Indiv_50	Gene_80_Indiv_45
Diagonal (mm)	120	120	100	80
Brida inferior (mm)	140	100	100	100
Brida superior (mm)	80	80	80	80
Correa interna (mm)	80	80	80	100
Correa externa (mm)	240	240	180	180

Tabla 4.22: Variables para diferentes generaciones

Las siguientes figuras muestran las generaciones para la viga principal y vigueta ambas céntrica, es decir, las de mayor demanda de carga. Con una leyenda de colores en función de la relación del esfuerzo de demanda y el esfuerzo de resistencia para cada elemento de la estructura metálica donde el color celeste

significa que se encuentra en un rango de 0,0 y 0,5 , el color verde significa que se encuentra en un rango de 0,5 y 0,7, el color amarillo significa que se encuentra en un rango de 0,7 y 0,9, el color anaranjado significa que se encuentra en un rango de 0,9 y 1,0 y el color rojo significa que se encuentra en un rango mayor de 1,0.



Figura 4.20: Gene_5_Indiv_50

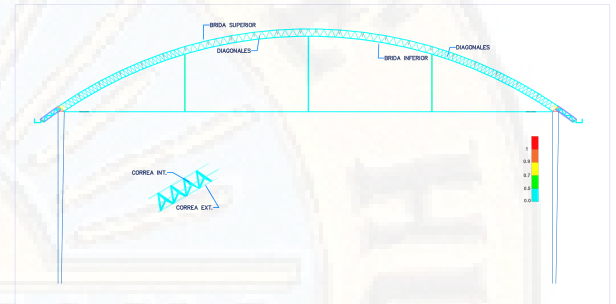


Figura 4.22: Gene_80_Indiv_45



Figura 4.21: Gene_60_Indiv_50

4.1.8. Comparación entre la estructura óptima y la ejecutada

Estructura metálica ejecutada en el complejo Juan Pablo II

La estructura metálica ejecutada tiene secciones circulares sólidas, la cual fue construida con los siguientes diámetros de la tabla 4.23.(según a los planos)

Elemento	Viga Principal Metálica			Vigueta	
	Diagonal	Brida Inferior	Brida Superior	Correa Interior	Correa Exterior
diámetro (")	5/8 (0.0158 m)	1 1/8 (0.0285 m)	1 (0.0254 m)	1/2 (0.0127 m)	1 (0.0254 m)

Tabla 4.23: Dimensiones de la estructura ejecutada

Si cuantificamos el peso de material de acero de la estructura realizada en la ejecución del proyecto se tendrá 15703,86 *kg*.

Estructura metálica óptima

La figura 4.23 muestra el diagrama de Convergencia del peso mínimo para los diferentes perfiles, ejecutada por el programa realizado en donde en el eje X se muestra el número de generaciones y el eje Y se muestra el peso se puede observar que a mayor número de generaciones se tienen menores pesos.

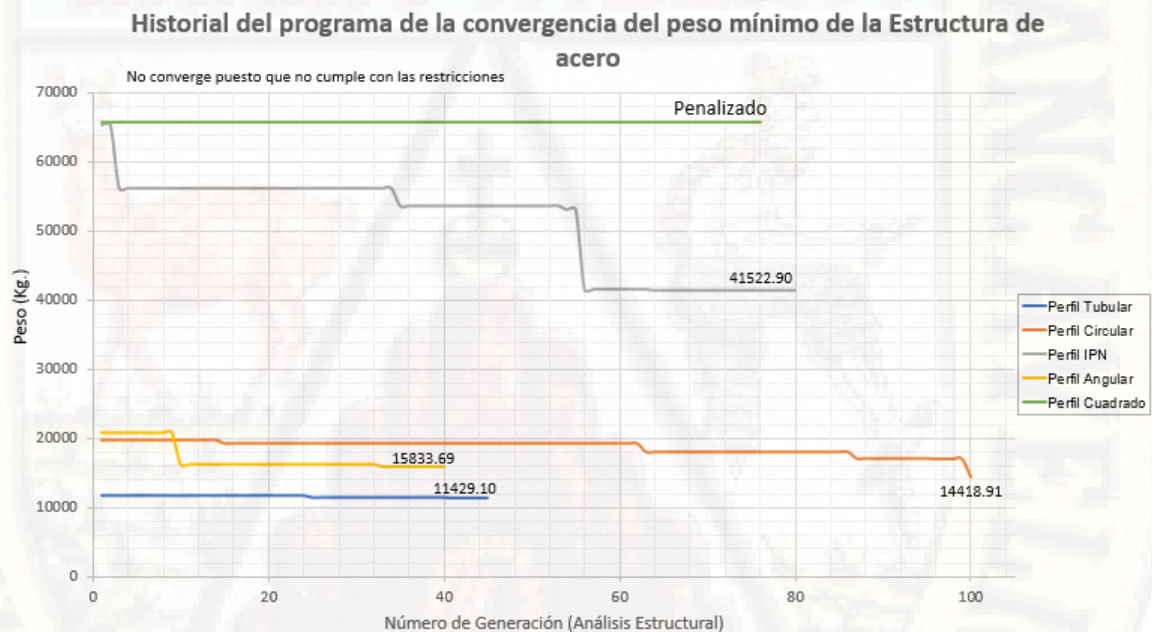


Figura 4.23: Convergencia del peso mínimo para los diferentes perfiles

La tabla 4.24 es un resumen de las funciones objetivos de los diferentes tipos de secciones consideradas, del cual la sección que conduce a un diseño óptimo de la estructura metálica es tubular con un valor representativo de 11429.10 *kg* y la ejecutada en obra es de 15703,86 *kg* con secciones circulares.

Variable de Diseño	Circular (pulg. ")	Tubular (pulg. ")	Cuadrada (mm)	Angular (mm)	IPN (mm)
Diagonales	3/4	1	18	40	80
Brida Inferior	1	2 3/8	24.5	40	100
Brida Superior	1	1 1/2	18	40	80
Correa interior	3/8	1	11	40	100
Correa exterior	7/8	1 1/2	24.5	40	180
Peso (Kg)	14418.91	11429.10	Penalizado	15833.69	41522.90

Tabla 4.24: Resumen de la optimización del peso de los perfiles

Comprobación de derivas para el perfil tubular (óptima)

Para la comprobación de derivas se realizó un modelamiento independiente con las secciones óptimas obtenidas por el AG. Donde según a los planos del diseño de la cobertura se tiene columnas de concreto armado circular de 0.5 mtrs. en diámetro que servirán de apoyo para la estructura metálica con movimientos restringidos de traslación pero no a rotación en dicha conexión de apoyo. La columna circular de concreto armado favorece a la restricción de desplazamiento frente a cargas de sismos tal como se vio en el análisis donde se tuvieron las siguientes derivas del modelamiento (Ver Tabla 4.25).

Deriva						
Dirección	Altura	δ_i	δ_i/h_i (elástico)	$0.75R \delta_i/h_i$ (inelástico)	Límite de Norma	Cumple
X	13	0.01123	0.0008638	0.005	0.01	Sí
Y	13	0.01905	0.0014654	0.008	0.01	Sí

Tabla 4.25: Derivas para las dos direcciones

Haciendo la respectiva comparación, se logró reducir en un 27.22 % de la cantidad de material para una alternativa distinta de sección. Y para una misma sección, se obtiene una reducción de 8.18 % de la cantidad de material .

4.2. Discusión

4.2.1. Prueba de hipótesis

Hipótesis general

El método de Algoritmo Genético en la Optimización de estructuras de acero en coberturas para la reducción del material resulto ser efectivo en un porcentaje considerable.

En función de los resultados se ACEPTA, la hipótesis general.

Hipótesis específicos

- Las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en cobertura luego de aplicar el método de algoritmos genéticos son óptimos.

En función de la comparación realizada en los resultados con las dimensiones de la estructura metálica ejecutada se ACEPTA, puesto que son menores a estas.

- Las fuerzas importantes máximas para cada elemento, luego de aplicar el método de algoritmos genéticos, son a carga axial.

Como era de suponerse la estructura metálica se comportaría similar a una armadura espacial y esto fuera así si no tuviera conexiones rígidas (soldadas) por ello presenta cargas flexionantes (momentos) con valores no tan importantes ACCEPTABLE.

- Los parámetros de búsqueda son probabilidad de cruce 50 %, probabilidad de mutación 10 %.

Se RECHAZA puesto que para cada problema de optimización en que se utiliza algoritmos genéticos son de diferentes ajustes de parámetros de búsqueda para una mejor optimización y los parámetros propuesto inicialmente fueron tomados de un estudio de optimización topológico de estructuras.

4.3. Conclusiones

Respondiendo al objetivo general y a los objetivos específico respectivamente.

- El método de algoritmos genéticos es eficiente en la optimización de diseño de estructuras de acero en cobertura tipo arco en un 27.22 % de reducción de material y para el mismo perfil, circular, en un 8.91 % cumpliendo los parámetros de diseño según al RNE. y bajo la solicitud de cargas . Una de las desventajas del método es el tiempo de ejecución del programa, por ejemplo para la sección circular su duración fue de 3 horas aproximadamente, esto debido a la cantidad de secciones comerciales.
- La sección óptima es la sección tubular de los 5 tipos de perfiles examinadas cuyos diámetros exteriores óptimos de los elementos de la estructura de acero en arco son 1 pulg. diagonal, 2 3/8 pulg. brida inferior, 1 1/2 pulg. brida superior, 1 pulg. correa interior y 1 1/2 pulg. correa exterior con una función objetivo de 11429.10 kg que viene a ser el peso.
- Las cargas de mayor relevancia son las cargas axiales puesto que estan presentan magnitudes considerables para el diseño a comparación de las demás cargas como son los momentos flectores y fuerzas cortantes. La mayor concentración de carga para la viga principal se desarrolla más en los acercamientos de los extremos en la brida inferior que trabaja a compresión esto se debe al cambio de pendiente o inclinación con respecto a la horizontal . Se observó que las bridas superiores funcionan a tensión los mismos que van cambiando de magnitud de acuerdo a la inclinación, las diagonales a tensión y como ya se resaltó las bridas inferiores comprometidas a compresión.
- Los parámetros de búsqueda empleados en el algoritmo de optimización para el perfil tubular son: Número de individuos 80 , probabilidad de cruzamiento 40 % estrategia de simple cruce, probabilidad de mutación 20 %, elitismo de 5, número máximo de generaciones 45, condicionante de penalización $\times 10^5$ y numero de genes del individuos igual a 5.

4.4. Recomendaciones

- Se recomienda diseñar las estructuras metálicas para coberturas tipo *warren* en arco con secciones tubulares y circulares sólidas para obtener óptimo diseño de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones y con ello reducir los costos directos del proyecto y los costos indirectos.
- Se recomienda asignar adecuadamente los parámetros del algoritmo genético tales como probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, número de elitismo, estrategia de selección (para este trabajo Selección de Torneo), Estrategia de cruce (para este trabajo Cruce Simple), estrategia de reemplazamiento (Torneo restringido) y cantidad de generación (iteración) de individuos así mismo para el desarrollo de la programación se recomienda trabajar los operadores del algoritmo en subrutinas o funciones para un mayor orden y simplificar los tiempos y las restricciones del algoritmo genético puesto que una mala asignación llevaría a una divergencia así mismo para la función objetivo para este estudio se considero 5 variables.
- Se recomienda tomar más énfasis a los elementos de brida inferior puesto que estos concentran la mayor magnitud de carga a comparación de los demás elementos en estructura metálica tipo *warren* en arco .
- La metodología utilizada para resolver el problema principal es la implementación de una herramienta que utiliza Algoritmos Genéticos para diseñar óptimamente la estructura metálica al programa sap2000 v.19 mediante su API (metodología utilizada por Autodesk University). La base de datos ingresada al programa desarrollado son los parámetros límites, características geométricas de la estructura y dimensiones de los perfiles estudiados tomados de los catálogos.

Capítulo 5

Referencia Bibliográfica

- ASCE [2010], Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures (ASCE/SEI 7-10), American Society of Civil Engineers
- Bichon (2004), “Design of Space Trusses Using Ant Colony Optimization,” J. Struct. Eng.
- Blum, C. (2003). Metaheurísticas in combinatorial optimization: overview and conceptual comparison. New York. Poland
- Bermudez Mejía, Carlos (2005). Diseño de estructuras metálicas. Universidad Nacional De Colombia. Sede Manizales.
- Camp, V. (Vol 130).(2004). Desing of Space Trusses Using Ant Colony Optimization. J. Struct Eng.
- CSI Computer and Structure, Inc.manual SAP2000 v.19 .
- David, A. (2014). Aplicación a la optimización estructural. Bogota, Colombia:Gs.
- Eiben, J.E. Smith(2003). Introduction to Evolutionary Computing. Springer.
- Goldberg D.E. ¿Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning?. Editorial Addison Wesley Longman, Inc, 1989.
- Hans Cristian Muller (2007), Programando en Fortran

- Holland J. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. New York, USA DOI.
- Huang, P. (2017). Diseño Estructural Óptimo de Armaduras empleando Métodos Heurísticos. Curitiba, Brasil:INGE CUC.
- J. Kennedy and R.(1995) Eberhart, "Particle swarm optimization," IEEE Int. Conf. Neural Networks.
- Julio R. Baeza Pereyra, Dr. Tutorial Rápido de Fortran (Incluye versiones Fortran 77 y 90).
- Kaveh, A. (2017). Applications of Metaheuristic Optimization Algorithms in Civil Engineering. Tehran, Iran:Springer.
- Liu, and Q. H. Wu, "A heuristic particle swarm optimizer for optimization of pin connected structures," Comput. Struct.
- Mahdavi (2014), "Colliding Bodies Optimization method for optimum design of truss structures with continuous variables".
- Marcos Gestal Pose Introducción a los Algoritmos Genéticos ,Depto. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidade da Coruña.
- McCormac(2017), Diseño de estructuras de acero.(5 edición), Alfaomega:USA.
- Michalewicz(1996), Genetic Algorithms Data Structures Evolution Programs, Springer Verlag.
- Miguel Alcubierre(2005), Introducción a FORTRAN , UNAM.
- Millán Páramo C. (Vol. 13). (2017). Optimal design of truss structures using water wave optimization. New York, USA:GRESA.
- Moreno, Vega. (2003). Metaheurísticas Revisata Iberoamericana de Inteligencia Artificial. San Francisco, USA Puert.
- Robert D. Cook, (1995), Concepts and Applications of Finite Element Analysis. John Wiley - Sons Inc.

- Santiago, H. (1990). Métodos de diseño óptimo de estructuras. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Schutte and Groenwold, F. (Vol. 25). (2003). Sizing design of truss structures using particle swarms, New York : USA.ASCE.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (E-20, E-30, E-90)
- Tanja van Mourik, (2005), Fortran 90/95 Programming Manual, Chemistry Department: University College London.
- Tirupathi R. Chandrupatla (1999) Introducción al estudio del Elemento Finito en Ingeniería Prentice Hall.
- Octavio, J. (2007). Diseño Óptimo de catenarias para alta velocidad aplicando algoritmos geneticos. Universidad Pontificia Comillas:IIT.
- Zong Woo, G. (Volume 239). (2009). A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. Michigan .USA :Springer.

Artículo Científico

Se adjunta el artículo científico realizado del presente trabajo de investigación.

Optimization of the Design of Structures in Coverage Using the Genetic Algorithm Method

Marco Lopez Barrantes, Iván Ayala Bizarro, Kevin Escobar Curasma, Rocky Ayala Bizarro, Pedro Palomino Pastrana and Cesar Jurado Mancha

Department of Civil Engineering, National University of Huancavelica, Huancavelica 09001, Perú

Abstract: In this research work, an optimization of the design of steel structures is developed through Genetic Algorithms (Gas) with the objective of reducing the amount of material and with them the cost, for which the programming of the GAs tool in the Fortran programming language with the SAP2000 Application Programming Interface (API) v.19 using Visual Studio Professional 2015—Intel® Visual Fortran with Parallel Studio XE. The GAs method consists of randomly searching the Objective Function (OF) of the optimal variables with restrictions. The OF defined by the weight of the structure, the variables in relation to the cross sections of the structural elements and the constraints are the design of resistance using the method of Load and Resistance Factor Design (LRFD), restriction of displacements and restriction of the ratio of slenderness considered in the National Building Regulations (RNE), whose GAs search parameters are given by probability of crossing 70% by simple crossing strategy, probability of mutation 20%, elitism of 5% and maximum number of generations according to the profile. The examined metal structure is a cover with five double-body warren arches with 32 m light connected with 24 joists both with welded connections, that is, rigid. The metal structure was evaluated on demand for loads (dead load, live load, snow load, wind load and earthquake loads). The structural design was carried out with the following profiles: circular, tubular, square, angular and Normal Profile with I-shaped section (IPN) of which the most optimal was the tubular profile. The outer diameters of the cross section are: diagonal with a diameter of 1 in, lower flange with a diameter of 2 3/8 in, upper flange with a diameter of 1 1/2 in, inner belt with a diameter of 1 in and belt. outside with a diameter of 1 1/2 in.

Key words: GA, structure optimization, resistance design with artificial intelligence, design by resistance, bending buckling.

1. Introduction

Currently in the design of steel structures, the trial-error process is still preserved, that is, the simulation process is still preserved and not the design process. The design process consists of finding the variable (type of profile and its section of the elements of the metal structure for coverage) it meets the design restrictions. When there are many elements in a structure, the simulation process generally takes a lot of time or complexity to find the design elements, however, using artificial intelligence techniques such as GAs, it is easy, straightforward and optimal results are obtained.

This research work is motivated because currently in the world the construction sector is in constant development where the shortage of raw material and demand for building materials motivate to reduce the amount of material.

In the first part of the research work, it contemplates the theory on the design of resistance of the elements subjected to different types of load and combinations by the method of LRFD and the relevant factors involved in design as the slenderness relationship as well the GAs itself contemplate a brief description of the basic operators, optimization flowchart of the steel structure, function definition objective and restrictions such as resistance, displacement and geometric.

Finally, after executing the GAs technique for all the proposed profiles, efficient results were obtained

Corresponding author: Marco Lopez Barrantes, master, research fields: structures mechanics and construction engineering.

and in this way the objectives set out in this research work are fulfilled, likewise, the results are shown in graphs and tables depending on the restrictions from the first generations to the last generations, also observing the convergence of the optimal variables.

1.1 Problem Statement

The construction sector is in constant development where the shortage of raw materials and the increase in demand for material motivate to reduce the amount of material in the structures without compromising its security, and with that they try conserving natural resources and aim at decreasing the materials used in the structures of construction, as well decreasing the amount of material also affects other aspects, such as the transport and assembly, and with it the consumption of fuels and non-renewable energy.

2. Material and Methods

2.1 Structural Analysis—Finite Element Method

A general formulation of the method of the finite elements for structure analysis, to start it is necessary to divide the entire domain of model under analysis, with elements for which they are known its interpolation functions, this procedure it is known in specialized books as element technology [1].

2.1.1 Stiffness Matrix

The stiffness matrix is obtained by developing an element of “ n ” nodes, the displacement vector for an item is conveniently ordered in the equation and the function vector equation form is:

$$N = \left(\begin{bmatrix} N_1 & 0 \\ 0 & N_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_2 & 0 \\ 0 & N_2 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} N_n & 0 \\ 0 & N_n \end{bmatrix} \right)$$

$$q = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} \\ \vdots \\ \begin{bmatrix} v_n \\ w_n \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

Unitary deformation matrix displacement is:

$$B = \left(\begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial z} \\ \frac{\partial N_1}{\partial z} & \frac{\partial N_1}{\partial r} \\ \frac{N_1}{r} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_2}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_2}{\partial z} \\ \frac{\partial N_2}{\partial z} & \frac{\partial N_2}{\partial r} \\ \frac{N_2}{r} & 0 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} \frac{\partial N_n}{\partial r} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_n}{\partial z} \\ \frac{\partial N_n}{\partial z} & \frac{\partial N_n}{\partial r} \\ \frac{N_n}{r} & 0 \end{bmatrix} \right)$$

The deformations are given by $\epsilon = Bq$, the stiffness matrix in the standardized system for an axial symmetry structure is given by the equation, to obtain the expressions of the loads, which is proceeded in a similar way.

$$k = t \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 (B^T)(D)(Br)(J)(d\epsilon)(dn) \quad (1)$$

where:

t : represents the angle of revolution that rotates every finite element in the plane of the characteristic section of discretized revolution.

B : Matrix strain unit displacement or simply deformation matrix unitary equation.

D : Element property matrix.

r : Radial coordinate for each point of the element finite equation.

J : Jacobian matrix.

2.2 Design Strength of Steel according to National Building Regulations (RNE)

The RNE considers the following aspects for the design of steel strength.

2.2.1 Standard E.090 of Metallic Structures

The RNE of Perú [2] considers the LRFD method for the design of metallic structures by resistance considering the philosophy of load considerations combined.

2.2.2 Limit Slenderness Relations (LSR)

For elements whose design is based on forces of compression, slenderness ratios (KL/r) should not preferably exceed 200. For items whose design is based on tensile forces, relationships of slenderness (KL/r) should not preferably exceed 300 [2].

2.2.3 Tensile Strength Design

The design resistance of elements according to the LRFD tensile method P_n must be lower value obtained according to the creep limit states in the total area of breakage in the net area [2].

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y A_g \quad (2)$$

$$\phi_t = 0.75$$

$$P_n = F_u A_e \quad (3)$$

where:

A_e = Net effective area.

A_g = Total area of the element.

F_y = Minimum creep stress specified.

F_u = Minimum tensile strength specified.

P_n = Nominal axial resistance.

2.2.4 Resistance Design in Compression Elements for Buckling

There are three general modes according to which axially loaded elements can fail. These are: flexing buckling, local buckling and twisting buckling. These buckling modes are briefly defined as follows [2]:

Flexing buckling, also called buckling of Euler, is the primary type of buckling analyzed. Members are under flexion when they become unstable.

Local buckling occurs when some parts or parts of the cross section of a column are so thin

Flexing twisting buckling may occur in columns that have certain configurations in their cross section.

The longer a column is for the same cross section, the greater its tendency to buckle and the lower the load it can bear.

2.2.5 Euler's Formula

For a column to buck elastically, it must be long and slender. Your buckling load P can be calculated with the following Euler's formula [3]:

$$P = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (4)$$

This formula is usually written in a slightly different way that implies the slenderness relationship of the column. It is known $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$, then $I = Ar^2$. Substituting this value in Euler's formula, and dividing both sides by the cross-sectional area, you get the buckling effort from Euler's formula:

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} = F_e \quad (5)$$

2.3 End Restrictions and Effective Element Length

The restriction on the extremes and its effect on ability to load a column is really a very important concept. The columns with restrictions of appreciable rotation and displacement can withstand loads much greater than those with little end rotation restriction, as is the case of columns with articulated ends. The factors of the effective length can be seen in Fig. 1 according to the type of connection at its ends.

Approximate values of the effective length factor K						
The blue lines show the buckling shape of the column	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
	theoretical k values	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0
Recommended design values when actual conditions are approximate						
	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
symbols for extreme conditions		Rotation and translation impeded.				
		Rotation free and transfer impeded.				
		Rotation hindered and free transfer.				
		Rotation and free transfer.				

Fig. 1 Effective length factors according to McCormac [4].

2.4 Resistance Design in Compression Elements for Flexing Buckling

According to LRFD [5], the strength of compression element design can be determined as Eq. (6):

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} A_g \\ \phi P_n &= \phi F_{cr} A_g \\ \phi_t &= 0.90 \end{aligned} \quad (6)$$

The Eqs. (7, 8) show how you can determine F_{cr} , the bending buckling effort of a column, for members without slender elements:

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r} &\leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \vee \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \\ F_{cr} &= \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r} &> 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \vee \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \\ F_{cr} &= 0.877 F_e \end{aligned} \quad (8)$$

In these expressions, faith is the buckling effort elastic critic, that is, Euler's effort—calculated with the Effective Length (KL) of column of the Eq. (5).

2.5 Cut Resistance Design

According to LRFD [5], in general, the shear is not a problem in the steel beams because the souls of the rolled profiles are able to withstand large cutting forces. A series of common situations are indicated below where the shear could be excessive.

If large concentrated loads are placed nearby from the supports of a beam, they will originate large internal forces without corresponding increases in the bending moments.

Probably the most common shear problem occurs when two structural members (like a beam and a column) are rigidly connected to each other, so that their souls are in the same plane. This situation occurs frequently at the junction of beams (or stringers) and columns in rigid frame structures.

The design cut resistances for stiffened and non-stiffened souls are $\phi_v V_n$.
where:

$$\phi_v = 0.90$$

V_n = Nominal cut resistance defined as Eqs.(9-11):.

$$\begin{aligned} \text{Para } h/t_w &\leq 1,098/\sqrt{F_{yw}} \\ V_n &= 0.60 F_{yw} A_w \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Para } 1,098/\sqrt{F_{yw}} &< h/t_w \leq 1373/\sqrt{F_{yw}} \\ V_n &= 0.60 F_{yw} A_w \left(\frac{1,098/\sqrt{F_{yw}}}{h/t_w} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{Para } 1,373/\sqrt{F_{yw}} &< h/t_w \leq 260 \\ V_n &= A_w \left(\frac{910,000}{(h/t_w)^2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

2.6 Permissible Deformations according to American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2010

According to McCormac [4], deflections of steel beams generally are limited to certain maximum values. Some good reasons to limit deflections are as follows:

Excessive deflections can damage the materials joined or supported by the considered beam. The cracks in the soffits caused by large deflections in the stringers that support them are an example.

The appearance of the structures is affected by excessive deflections.

Excessive deformations do not inspire confidence in people who use a structure, although there is complete security from the point of view of resistance.

It may be necessary that different beams that support the same load have the same deflections.

For cases where delicate and precision machinery is supported, maximum deflections may be limited to 1/1,500 or 1/2,000 of the length of the clearing. The AASHTO 2010 Specifications set the deflections of the steel beams and beams due to live loads and impact at 1/800 of the clearing (for bridges in urban areas that are also used by pedestrians, the AASHTO Specifications recommend a maximum value of 1/1,000 of the length of the clearing).

2.7 Steel Structure Profiles

The sections of the profiles are standardized and standardized by the American Society for Testing and Materials.

2.7.1 ASTM Standard for Steels

According to American Society of Civil Engineers (ASCE) [6], the ASTM standard is the most used internationally to designate and regulate the quality of steels' construction that are commercially offered as products finished such as construction bars corrugated and smooth, structural profiles, commercial profiles, plate and foil. The standard basically guarantees the minimum mechanical properties and weldability of steels, since the use of these is oriented to the construction and various metal structures of industry (riveted, welded or bolted). The standards published by ASTM issue designations fixed systems for each type of steel with its respective specifications and requirements to be used by manufacturers and users of steels.

2.8 Genetic Algorithms

According to Michalewicz [7], he says that GAs are adaptive methods that can be used to solve search problems and optimization which are based on the genetic process of living organisms. Throughout the generations, populations evolve in the nature of chord with the principles of natural selection and survival of the strongest, nominated by Darwin (1859). By imitation of this process, the GAs are able to create solutions for real world problems [8]. Its basic operators are [9]:

Initialization: The initial population of candidates is randomly generated in the search space.

Evaluation: Once the population started or a descendant population, fitness values of the candidate solutions are evaluated.

Selection: The general idea of this step is preference of the best solutions than the worst, making use of selection procedures, such as roulette selection, elite selection, selection climbing, tournament selection.

Recombination: The procedure combines parts of two or more apparent solutions to create new solutions, possibly better.

Mutation: While recombination operates with 2 or more parental chromosomes, the mutation locally, but randomly modifies a solution.

Replacement: The descendant population created by selection, recombination and mutation replace to the originally created population. Various replacement techniques exist in GAs as the elitist replacement, by steady state or proportional to fitness.

The Fig. 2 shows the flowchart of the cyclic process of the genetic algorithms and the sequence that must be followed for their basic operators already described.

2.9 Formulation of the Optimization Problem of the Steel Structure in Coverage

The Fig. 3 describes the flowchart of the main algorithm used to solve the problem of the optimization design of metallic structures in coverages by means of genetic algorithms, that is, taking into account the previous flowchart. Whose steps and cycles are part of the structure of the program carried out.

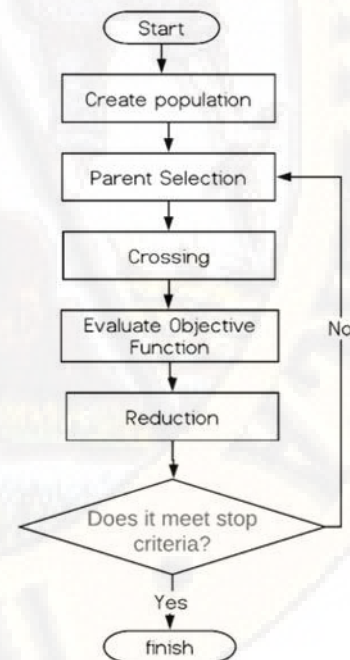


Fig. 2 Flowchart of Genetic Algorithms Method.

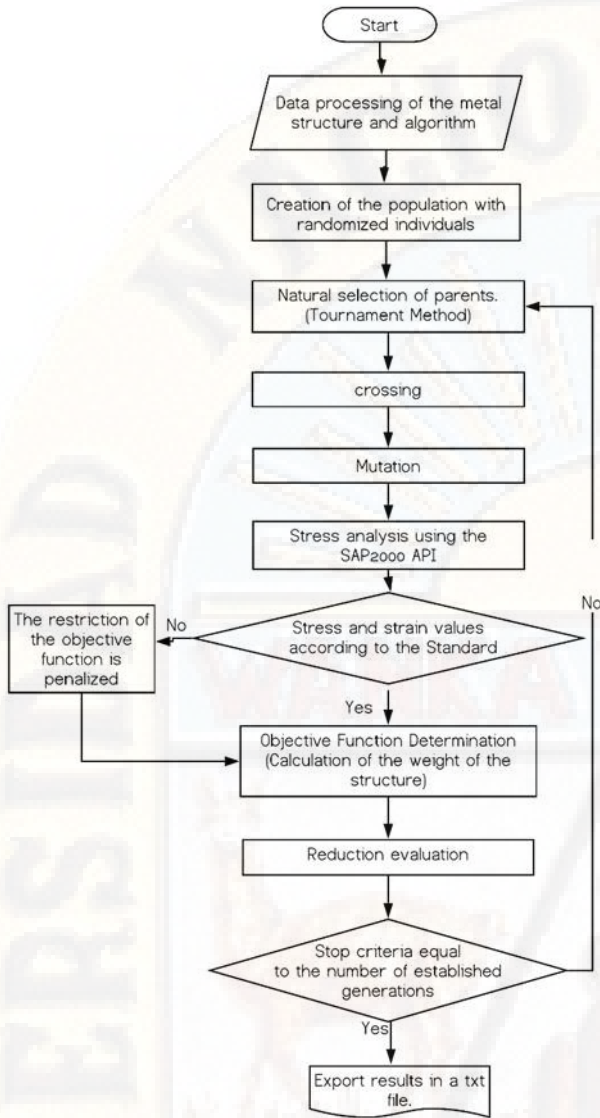


Fig. 3 Flowchart for the optimization of the design of the metallic structure in coverage by means of Genetic Algorithms.

2.9.1 Objective Function Approach

The problem of optimization of measures is to find optimal cross sections, or dimensions, of elements of a stable and safe structural system whose topology and shape are fixed, the function objective is related to the weight or volume of the amount of material.

The main objective in this optimization problem is to minimize the cross sections, so from them the independent variables of the OF would become the areas of the cross sections since they will be evaluated in each generation.

Therefore, the OF will be defined as:

$$\text{Minimize } F_1 = \sum_{i=1}^n (W_i(A_i, L_i)) \quad (12)$$

The restrictions of the OF:

$$\sigma_{max} \geq \sigma_i$$

$$\delta_{max} \geq \delta_i$$

$$LSR \geq L/r$$

where:

F_1 = OF (weight).

A_1 = Areas of the cross sections of the elements structural.

L_1 = Length of the structural elements.

σ_{max} = Maximum allowable resistance effort.

δ_{max} = Maximum allowable resistance deformation.

r = Turning radius.

2.9.2 Resistance Restrictions

If the element is in compression:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

If he meets $2.25 \geq F_y/F_e$ then the effort

critical will be calculated $F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y$

otherwise it will be $F_{cr} = 0.877 F_e$.

Further:

$$\sigma_{combined} = \sigma_{flector} + \sigma_{axial load}$$

If $F_{cr} > abs(\sigma_{combined})$ then it will comply with resistance restriction (LRFD method) otherwise the objective function will be penalized.

If the element is in tension:

$$F_{tension} = 0.9 F_y$$

$$\sigma_{combined} = \sigma_{flector} + \sigma_{axial load}$$

If $F_{tension} > abs(\sigma_{combined})$ then it will comply with the resistance restriction (LRFD method) otherwise the objective function will be penalized.

The nominal shear resistance of a soul without stiffening or stiffening is specified as:

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

where F_y is the minimum creep resistance of the steel, A_w is soul area and C_v will depend on the geometric

and mechanical properties.

2.9.3 Deflection Restriction

The specifications AASHTO 2010, fix the deflections of the beams and traves of steel due to live loads and impact on 1/800 of the clearing (32 m) [4].

$$0.04 \text{ m} \geq \delta_i$$

2.9.4 Geometric Restrictions

To limit the relationship of slenderness for economic reasons you have [2]:

For compression elements:

$$200 \geq L/r$$

For tension elements:

$$300 \geq L/r$$

3. Results

The examined metal structure is a cover with 5 arched beams (with a height of 5.42 m). Type double body warren was connected with 24 joists both with welded connections, that is, rigid as shown in Fig. 2.

The beam is consisting of 408 diagonals (0.44 and 0.50 m near the ends and 0.50 m in the middle), 201 flanges lower (0.25 m near the ends and 0.45 m in the intermediate) and 204 upper flanges (0.25 m near the extremes and 0.50 m in the middle) as shown in Fig. 3, which are the variables of the OF.

The optimization will be developed on a geometrically and topologically defined structure and assign the dead load, live load, snow load, wind load and earthquake load established in the program SAP2000 v.19 [10], all of which will receive the different internal charges; such as axial loads, bending moments (the connections of the elements are rigid) and shear forces; prior execution, so that these are evaluated by GAs. According to the defined restrictions and determination of their OF (penalty conditioner that is multiplied to OF by the number of elements that violate restrictions $\times 10^5$) in the programming language Fortran 95, the population (main list) is defined by individuals, represented by lists containing the commercial sections of the variables of the OF (5 variables named for the AGs genes), as well another list is created that

contains the score of each individual according to the OF, where these individuals, once the program is initialized, will go through a random search process, after assigning the scores to each individual, by the basic operators. Selection of suitable individuals with an elitism of 5 of the which parents (2 pairs) of high score will be selected to make the crossing and generate two descendants and according to the probability assigned to be mutated, then the rating of these descendants is assigned to pass to the reduction or replacement operator where the convenience of these descendants will be evaluated to integrate the population, that is to say if they have good qualifications they will replace two other individuals less fit.

Fig. 4 shows the convergence history during the execution of the program for the different profiles, according to the diagram the most optimal is the tubular profile. An exception is made for the square profile since it does not meet the demands of loads for its commercial sections.

Table 1 details the optimal variables of the OF for each profile.

3.1 Optimization of the Steel Structure for a Tubular Section through GAs

Table 2 shows the commercial bars for the tubular section and its geometric properties, all these represent

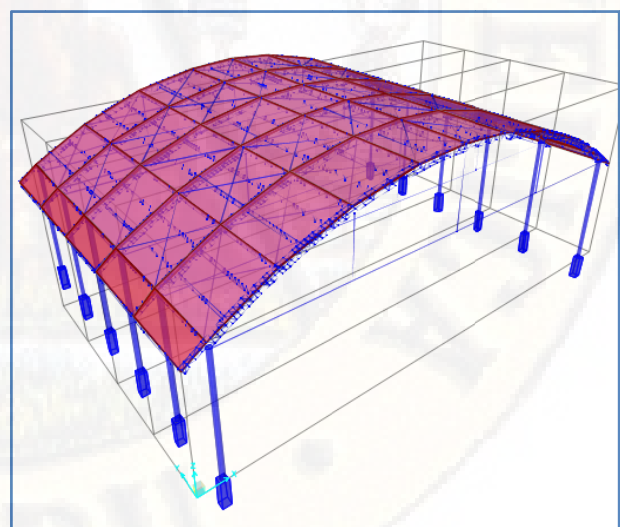


Fig. 4 Structure evaluated.

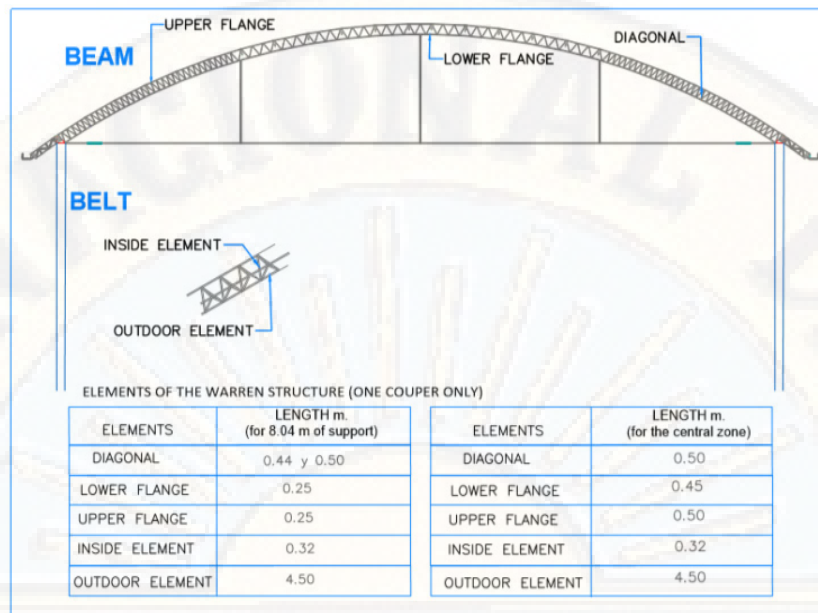


Fig. 5 Function variables objective.

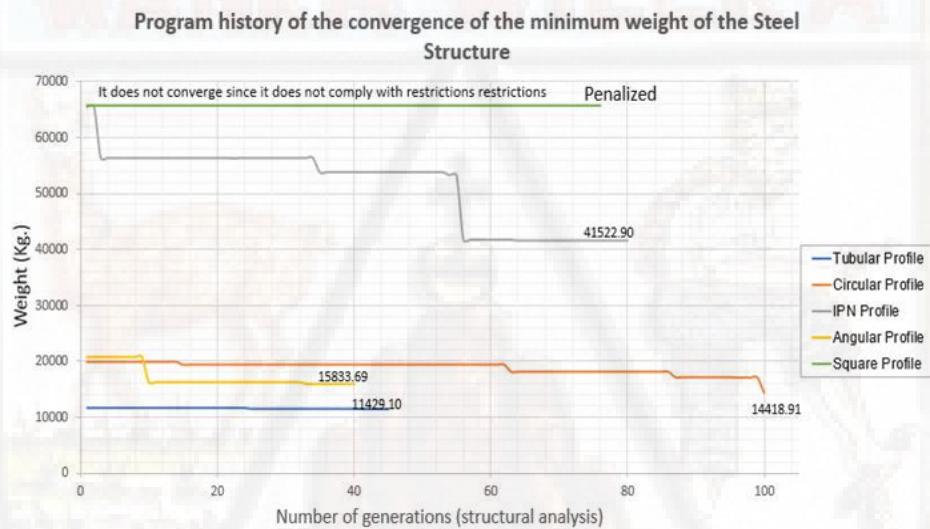


Fig. 6 Convergence diagram at minimum weight for profiles.

Table 1 Optimal variables.

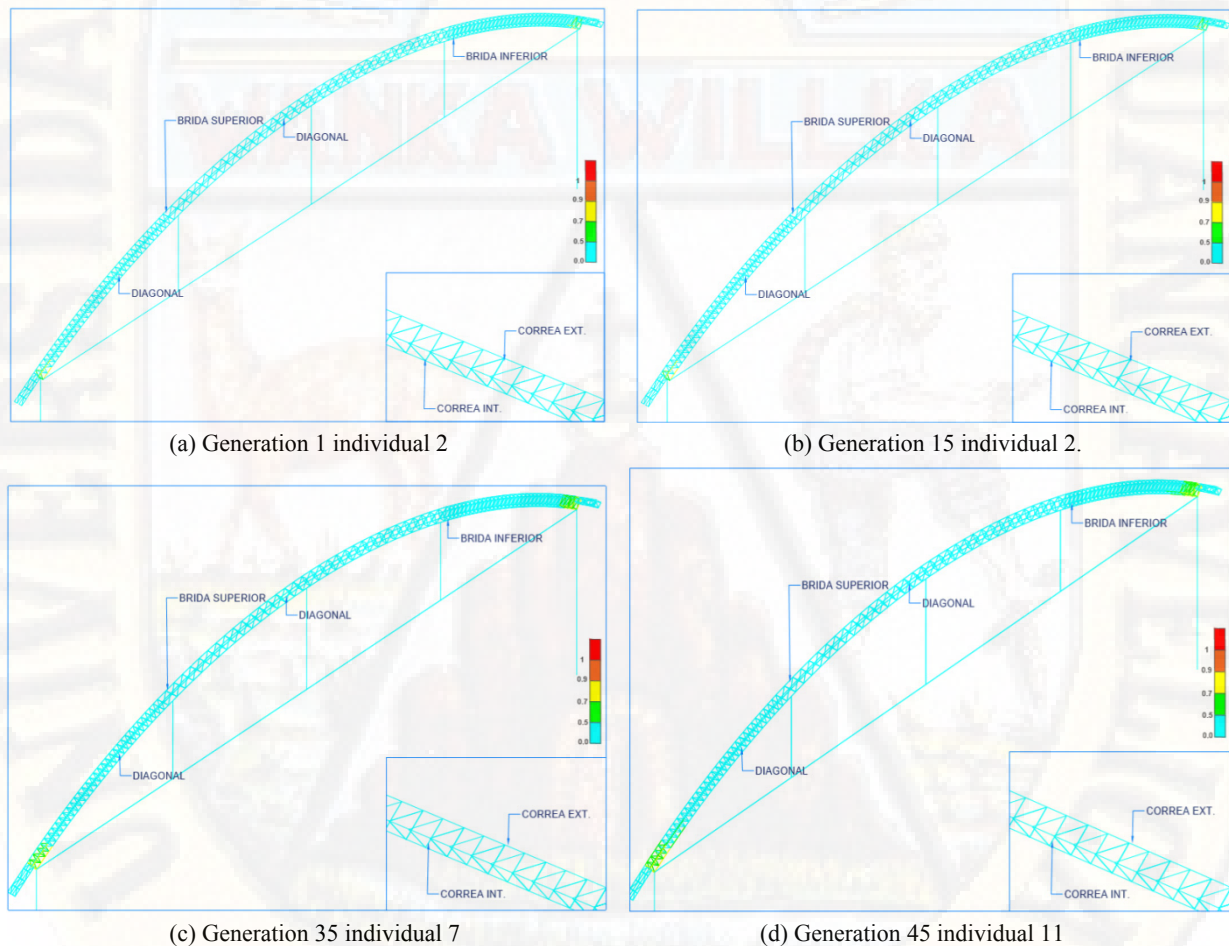
Design variable	Circular (")	Tubular (")	Square (mm)	Angular (mm)	IPN (mm)
Diagonal	3/4	1	18	40	80
Lower flange	1	2 3/8	24.5	40	100
Upper flange	1	1 1/2	18	40	80
Inner element	3/8	1	11	40	100
Outer element	7/8	1 1/2	24.5	40	180
Weight (kg)	14,418.91	11,429.10	Penalized	15,833.69	41,522.90

the domain of the OF ranging from 1/2" and 2 1/2", from these known variables a dynamic random population will be formed consisting of individuals

whose genes are the diameters outside the tubular section, the individual will be represented by a list formed by the values of the outer diameters (genes).

Table 2 Design variables for the tubular section.

Tubular section			
External diameter (")	Thickness (mm)	Area (cm ²)	Inertia (cm ⁴)
1/2	1.50	0.53	0.08
5/8	1.50	0.68	0.18
3/4	1.50	0.83	0.34
7/8	1.50	0.98	0.47
1	1.50	1.13	0.64
1 1/4	1.50	1.63	1.03
1 1/2	1.50	2.89	1.52
1 3/4	1.50	4.67	2.10
1 7/8	1.50	5.79	2.43
2	1.50	7.06	2.78
2 3/8	1.50	12.00	3.98
2 1/2	1.50	14.05	4.42

**Fig. 7** Results of the application of GAs for different generations and individuals.

The research parameters of the GAs are: crossing probability 70% by simple crossing strategy, 20% mutation probability, elitism of 5, maximum number of generations 45 and number of individuals 80.

The Figs. 7.a, 7.b, 7.c and 7.d the state of resistance of the different elements that make up the warren beam of 32 meters of light and those that present the greatest requests for loads (center beams) for the best

individual of the indicated generations. Where colors are defined by a value (ratio) that is the relationship between demand effort and resistance effort, then elements that have values greater than 1 are overstressed and values less than 1 will behave according to the constraints. It is observed that from the first generation it complies with the 3 restrictions defined, due to the number of individuals assigned.

The Fig. 7a represents the best individual for the generation 1, the Fig. 7b represents the best individual for the generation 15, the following Fig. 7c represents the best individual for the generation 35 and the figure 7.d represents the best optimal individual for IPN in the last generation (45).

4. Conclusion

The metallic structure in coverage was defined geometrically in the Sap2000 v.19 program, the same that was implemented with the GAs optimization method, written in the Fortran programming language, supported by the API Sap2000 v.19, whose parameters of the search for the GAs method was a 70%, crossover probability by simple crossover strategy, 20% mutation probability, elitism of 5%, maximum number of generations 45 and number of individuals 80, likewise whose assigned restrictions were resistance restriction through the methodology of the LRFD, restriction of the displacements of the nodes of the structure less than 0.04 m. and the geometric restriction of the elements depending on the slenderness ratio according to the RNE-Peru.

The method of the GAs, performs an automatic and optimal design for the steel structure of the arc type warren beam of a free length of 32 m., Under the parameters established according to the RNE-Peruvian Standard and under the load request, where the optimal profile was the tubular profile whose outer diameters of its elements are: diagonal with a diameter of 1 in, lower flange with a diameter of 2 3/8 in, upper flange with a diameter of 1 1/2 in, inner belt with a diameter of 1 in and belt. outside with a diameter of 1 1/2 in.

References

- [1] Cook, R. D. 1995. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. New York, NY: John Wiley Sons Inc..
- [2] *Reglamento Nacional de Edificaciones. 2016 (RNE)*, Perú. (in Spanish)
- [3] Zapata Baglietto, L. 2014. *Diseño Estructural en acero*. (in Spanish)
- [4] McCormac. 2017. *Diseño de estructuras de acero*, 5th ed. Alfaomega: USA. (in Spanish)
- [5] Leyva, A. 1993. *Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design*. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- [6] *Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures. 2010*. Reston: American Society of Civil Engineers.
- [7] Michalewicz, Z. 1996. *Genetic Algorithms Data Structures Evolution Programs*. Berlin: Springer Verlag.
- [8] Goldberg, D. E. 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning?* Boston: Editorial Addison Wesley Longman, Inc..
- [9] Holland, J. 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. New York, USA: University of Michigan Press.
- [10] CSI, 2016. *Analysis Reference Manual For SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge*.

Capítulo 6

Anexos

6.1. Modelamiento de la Estructura de acero en sap2000 v.19

6.1.1. Interfaz del Programa



Figura 6.1: Interfaz del programa sap2000 v.19

6.1.2. Inicializando un nuevo Modelo

Primero Seleccionamos las unidades en las que se va a trabajar, y el modelo luego digitamos los valores correspondientes para ubicar los ejes en función

de las longitudes de los tramos y presione Ok .

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
0		Primary	Yes	End	
34,6587		Primary	Yes	End	

Add
Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
-8.78E-06		Primary	Yes	End	
4,75		Primary	Yes	End	
9,5001		Primary	Yes	Start	
14,2501		Primary	Yes	Start	
19,0002		Primary	Yes	Start	

Add
Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
0		Primary	Yes	End	
13,3422		Primary	Yes	End	

Add
Delete

Grid Lines
Quick Start...

Display Grids as
☒ Ordinates ☐ Spacing
☐ Hide All Grid Lines
☐ Glue to Grid Lines
 Bubble Size: 2,4384
 Reset to Default Color
 Reorder Ordinates
 OK Cancel

Figura 6.2: Definiendo material

En la ventana de Datos de Propiedades del Material de la Figura siguiente se colocará toda la información establecida de la edificación, luego, se aceptarán todos los datos ingresados dándole click en el botón.

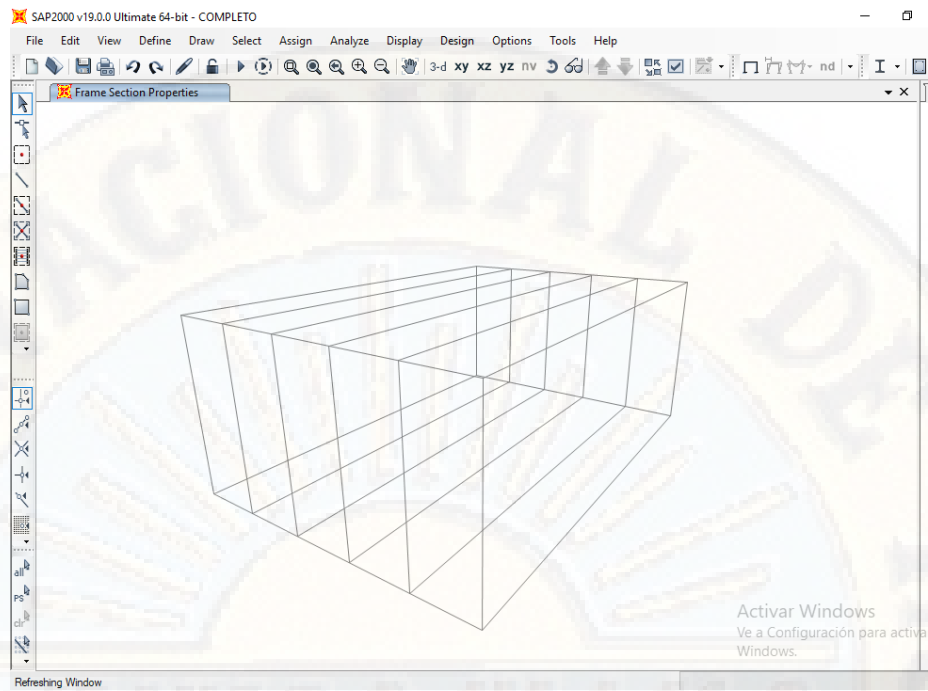


Figura 6.3: Definiendo material

Para lograr una mejor visualización, la estructura ha sido extruida y girada hasta obtener esta vista.

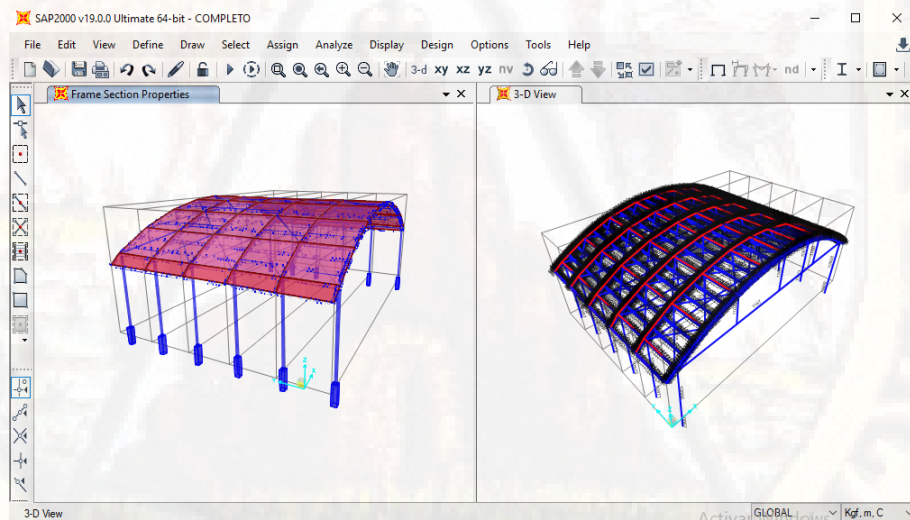


Figura 6.4: Modelo Final de la Estructura de acero

Se definen las cargas existentes entre ellas la carga muerta, la carga viva, carga de nieve y carga de viento esto según a la norma E.020 (mapa eólico del Perú) y datos de registro de SENAMHI.

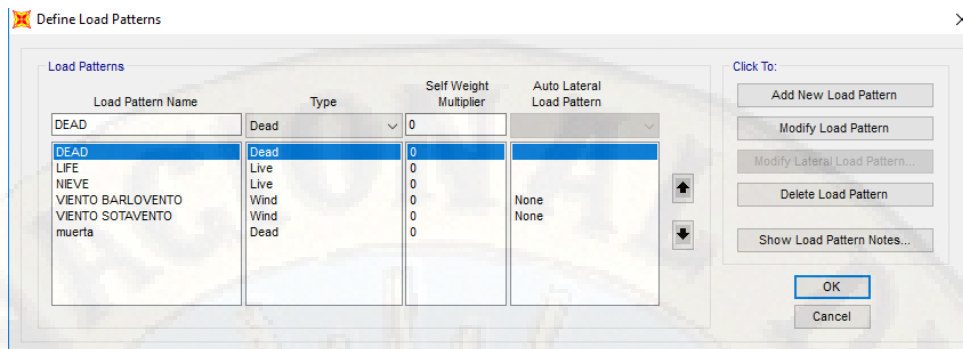


Figura 6.5: Definición de las cargas

Se definen los casos de carga.

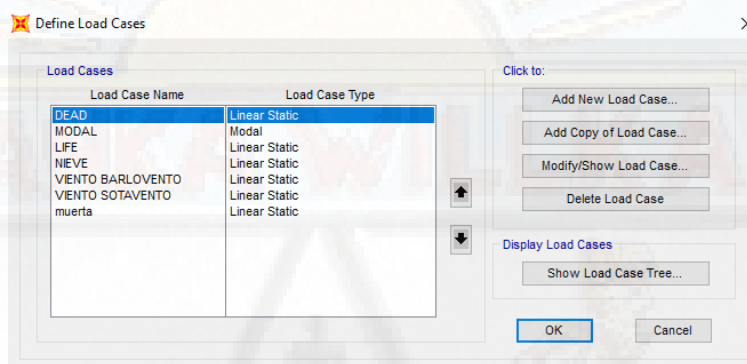


Figura 6.6: Definición de los casos de carga

Se definen las combinaciones de carga y así mismo la envoltente de carga.

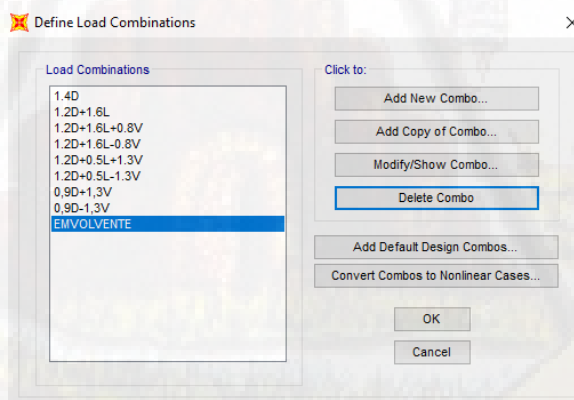


Figura 6.7: Definición de las combinaciones

Se asignan las cargas existentes entre ellas la carga muerta, la carga viva, carga de nieve y carga de viento esto según a la norma E.020(mapa eólico del Perú) y datos de registro de SENAMHI.

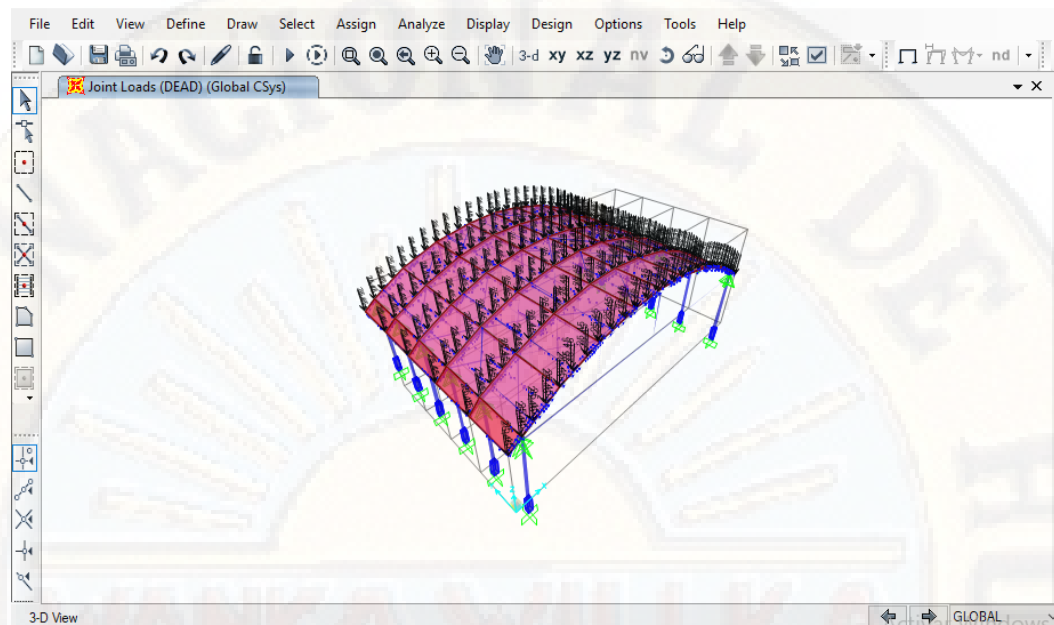


Figura 6.8: Asignación de Cargas

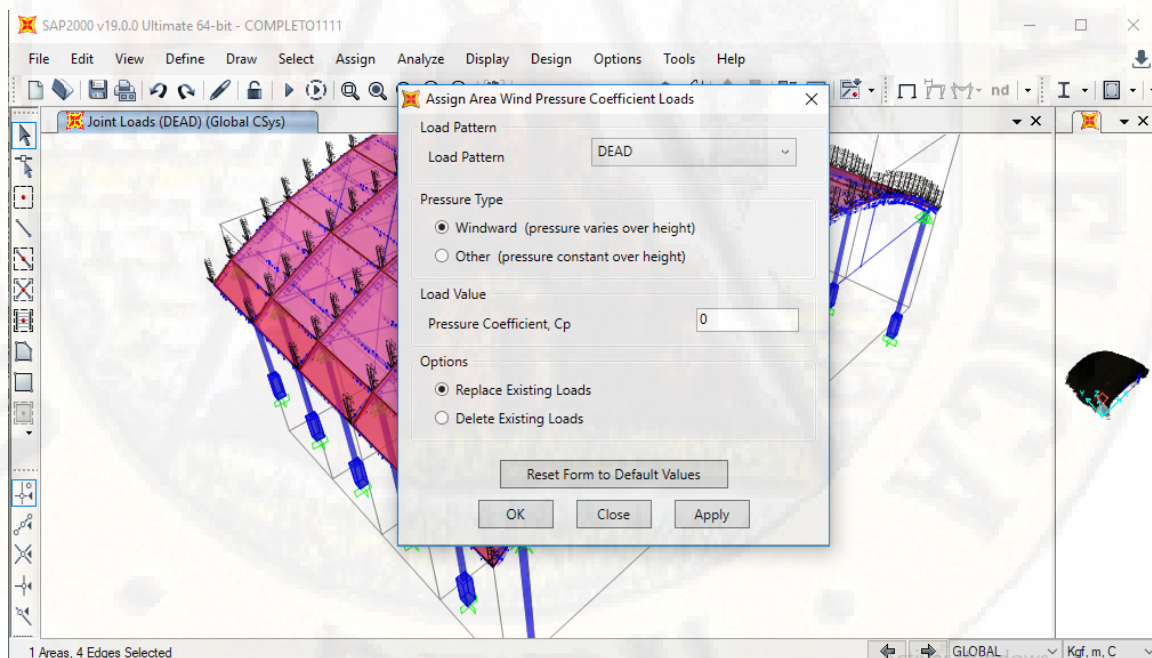


Figura 6.9: Carga de viento

Para el análisis sísmico se define el peso de la estructura considerando los incisos de la norma E.030.

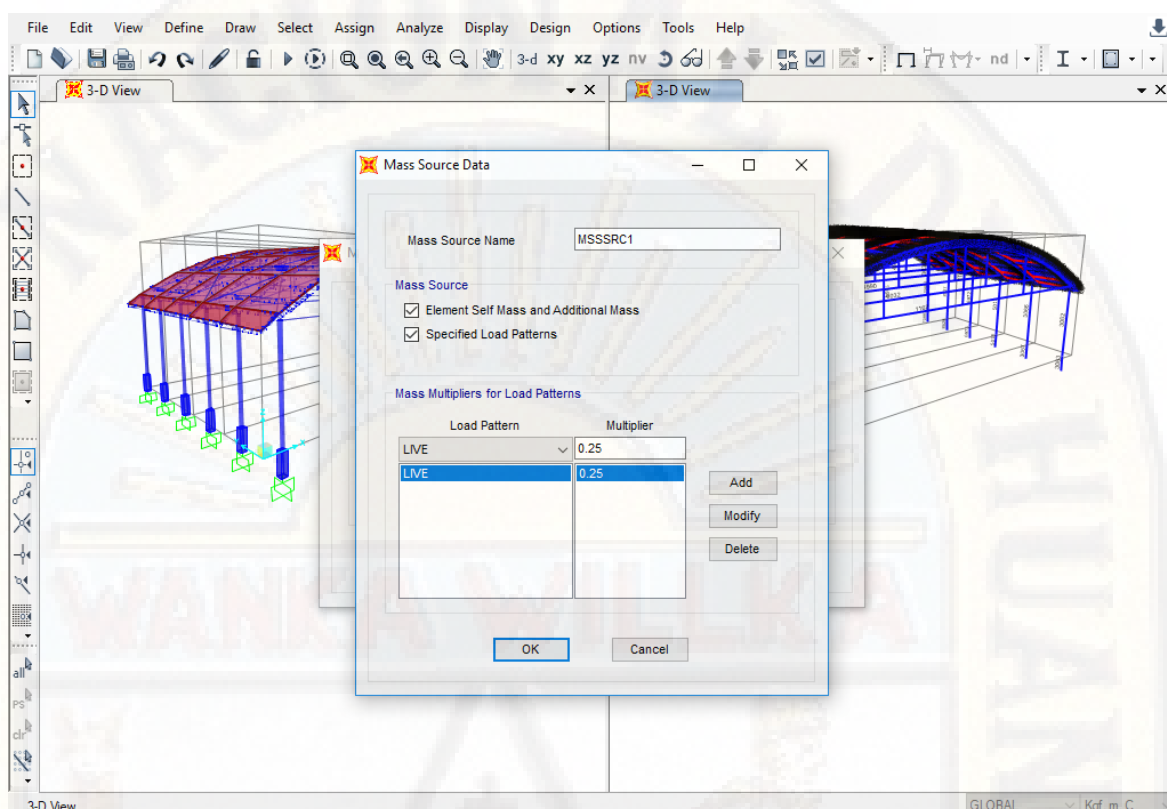


Figura 6.10: Asignación del peso de la estructura factorada

Así mismo se establece el coeficiente de la cortante basal según a los factores encontrados. Cabe señalar que no se definió un diafragma rígido puesto que no es una estructura de concreto armado y por ende no presenta losa y se obvia la excentricidad. El análisis sísmico que se está realizando es estático ya que es conservadora y resalta más para estructuras metálicas.

La siguiente figura muestra el Diagrama de fuerza axiales para el perfil óptimo tubular y con las dimensiones de las secciones de los elementos estructurales encontradas por el AG.

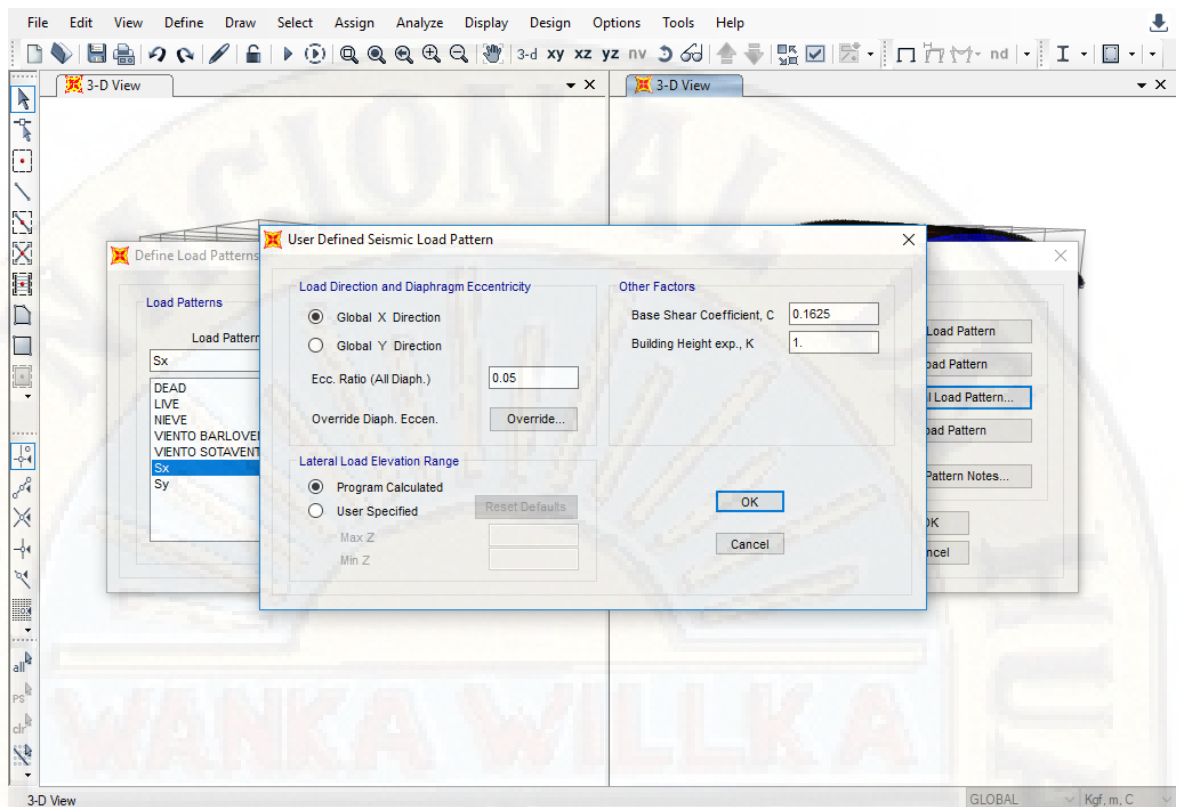


Figura 6.11: Asignación del coeficiente sísmico

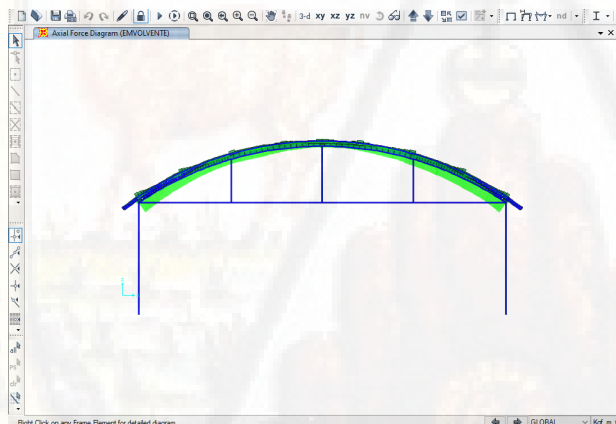


Figura 6.12: Diagrama de carga axial

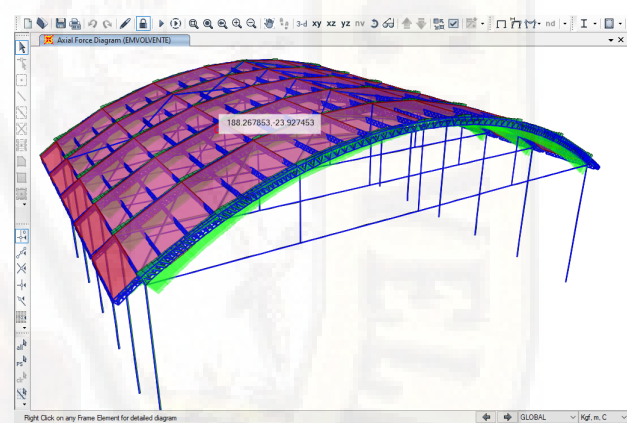


Figura 6.13: Diagrama de carga axial

La siguiente figura muestra el Diagrama del momento flector para el perfil óptimo tubular y con las dimensiones de la secciones de los elementos estructurales encontradas por el AG.

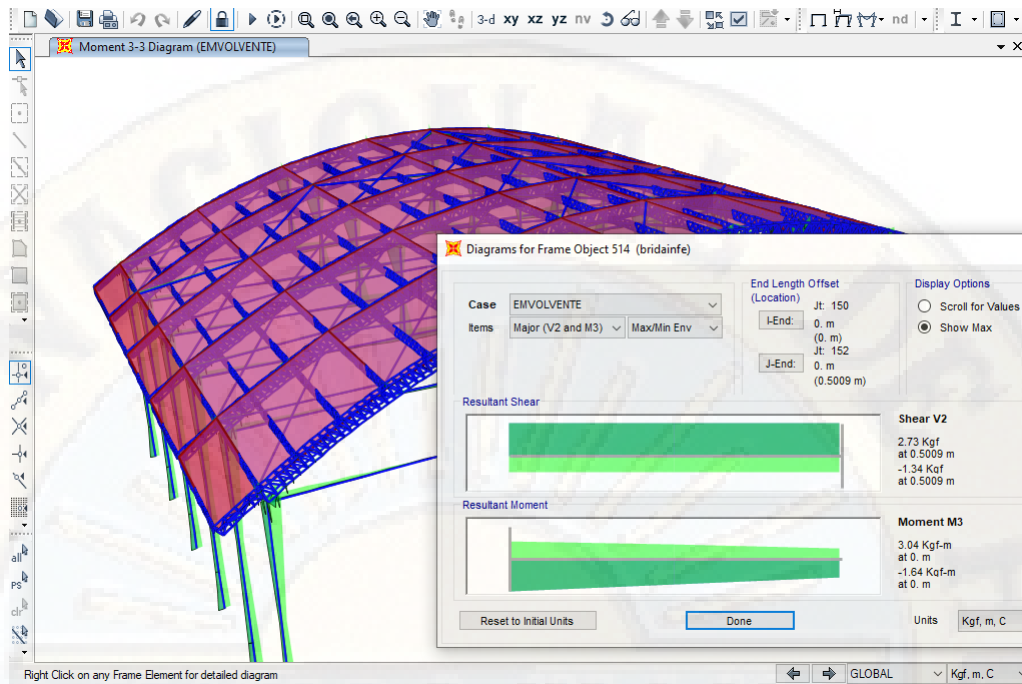


Figura 6.14: Diagrama de momento flector

La siguiente figura muestra el Diagrama de fuerzas cortantes para el perfil óptimo tubular y con las dimensiones de la secciones de los elementos estructurales encontradas por el AG.

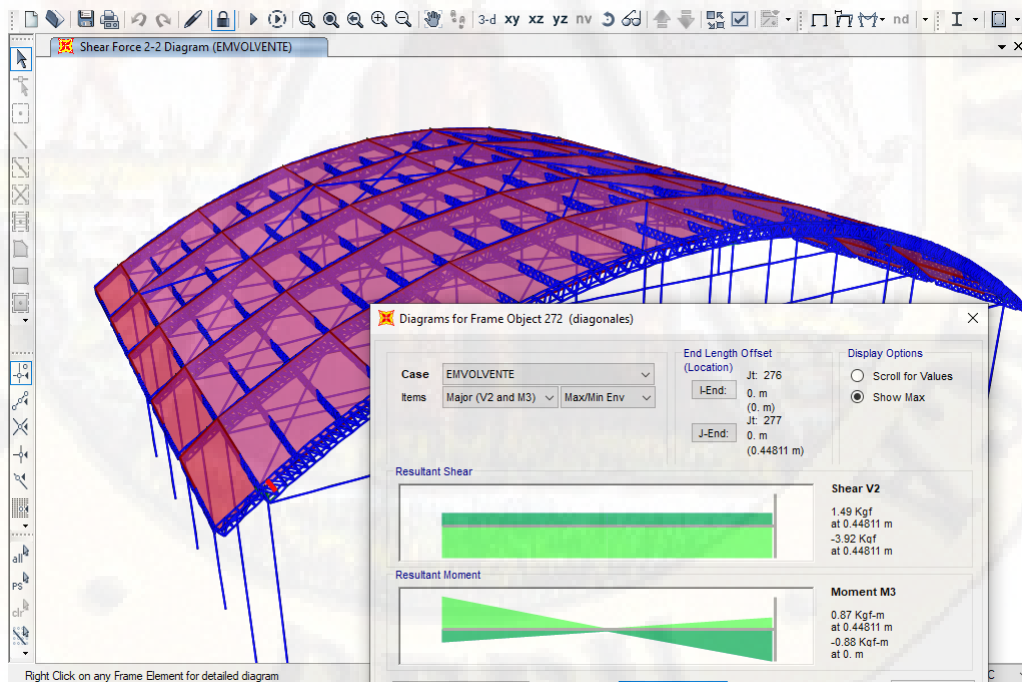


Figura 6.15: Diagrama de fuerza cortante

6.2. Tablas de resultados para cada sección de esfuerzos de resistencia y desplazamientos

6.2.1. Sección Circular(Generación 150)

Las siguientes tablas muestran los esfuerzos de las cargas combinadas para todos los elementos de la estructura metálica para el resultado óptimo de la sección circular, según a la tabla se puede comprobar que cumplen con las condiciones de diseño por resistencia por el método del LRFD para elementos a compresión y tracción o sometidos a las combinaciones de carga como son la flexión y cortante . así como las deflexiones verticales según a la E.090 Estructuras metálicas en los nodos.Todos estos esfuerzos de cada elemento fueron examinados.

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	1	-3484579.874	-5259831.442	0.662	OK!!!
Diagonales	2	-1487453.155	-5259831.442	0.283	OK!!!
Diagonales	3	-2688208.041	-5259831.442	0.511	OK!!!
Diagonales	4	-1528736.281	-5259831.442	0.291	OK!!!
Diagonales	5	-3766864.289	-5259831.442	0.716	OK!!!
Diagonales	6	-1119398.98	-5259831.442	0.213	OK!!!
Diagonales	7	-3650022.704	-5259831.442	0.694	OK!!!
Diagonales	8	-1149582.611	-5259831.442	0.219	OK!!!
Diagonales	9	-3824015.464	-5259831.442	0.727	OK!!!
Diagonales	10	-1003602.137	-5259831.442	0.191	OK!!!
Diagonales	11	-3762902.187	-5259831.442	0.715	OK!!!
Diagonales	12	-1097280.7	-5259831.442	0.209	OK!!!
Diagonales	13	-2223262.856	-5259831.442	0.423	OK!!!
Diagonales	14	-965484.175	-5259831.442	0.184	OK!!!
Diagonales	15	-2348345.668	-5259831.442	0.446	OK!!!
Diagonales	16	-862873.469	-5259831.442	0.164	OK!!!
Diagonales	17	-2347842.971	-5259831.442	0.446	OK!!!
Diagonales	18	-825545.387	-5259831.442	0.157	OK!!!
Diagonales	19	-3030758.237	-5259831.442	0.576	OK!!!
Diagonales	20	-494102.762	-5259831.442	0.094	OK!!!
Diagonales	21	-3172373.504	-5259831.442	0.603	OK!!!
Diagonales	22	-472844.037	-5259831.442	0.09	OK!!!
Diagonales	23	-3192999.631	-5259831.442	0.607	OK!!!
Diagonales	24	-546876.843	-5259831.442	0.104	OK!!!
Diagonales	25	-1456062.611	-5259831.442	0.277	OK!!!
Diagonales	26	-452987.709	-5259831.442	0.086	OK!!!
Diagonales	27	-1704236.436	-5259831.442	0.324	OK!!!
Diagonales	28	-317594.676	-5259831.442	0.06	OK!!!
Diagonales	29	-1988240.157	-5259831.442	0.378	OK!!!
Diagonales	30	-200866.498	-5259831.442	0.038	OK!!!
Diagonales	31	-2279705.356	-5259831.442	0.433	OK!!!
Diagonales	32	-80124.804	-5259831.442	0.015	OK!!!
Diagonales	33	-2506011.185	-5259831.442	0.476	OK!!!
Diagonales	34	82244.15	22824000.0	0.004	OK!!!
Diagonales	35	-2973296.346	-5259831.442	0.565	OK!!!
Diagonales	36	-911786.736	-5259831.442	0.173	OK!!!
Diagonales	37	-4362681.041	-5259831.442	0.829	OK!!!
Diagonales	38	-835064.332	-5259831.442	0.159	OK!!!
Diagonales	39	-4449418.734	-5259831.442	0.846	OK!!!
Diagonales	40	-685172.133	-5259831.442	0.13	OK!!!
Diagonales	41	-4416338.071	-5259831.442	0.84	OK!!!
Diagonales	42	-525459.684	-5259831.442	0.1	OK!!!
Diagonales	43	-4464649.945	-5259831.442	0.849	OK!!!
Diagonales	44	-409074.102	-5259831.442	0.078	OK!!!
Diagonales	45	-4408443.562	-5259831.442	0.838	OK!!!
Diagonales	46	-381222.847	-5259831.442	0.072	OK!!!
Diagonales	47	-4444031.38	-5259831.442	0.845	OK!!!
Diagonales	48	-148690.991	-5259831.442	0.028	OK!!!
Diagonales	49	-2197109.336	-5259831.442	0.418	OK!!!
Diagonales	50	-156982.301	-5259831.442	0.03	OK!!!
Diagonales	51	-2182747.457	-5259831.442	0.415	OK!!!
Diagonales	52	41160.399	22824000.0	0.002	OK!!!
Diagonales	53	-2287296.456	-5259831.442	0.435	OK!!!
Diagonales	54	109770.014	22824000.0	0.005	OK!!!
Diagonales	55	-2436220.478	-5259831.442	0.463	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	56	268186.426	22824000.0	0.012	OK!!!
Diagonales	57	-2558463.571	-5259831.442	0.486	OK!!!
Diagonales	58	418472.061	22824000.0	0.018	OK!!!
Diagonales	59	-2458658.137	-5259831.442	0.467	OK!!!
Diagonales	60	-253954.878	-5259831.442	0.048	OK!!!
Diagonales	61	-800092.716	-5259831.442	0.152	OK!!!
Diagonales	62	-211310.788	-5259831.442	0.04	OK!!!
Diagonales	63	-967900.504	-5259831.442	0.184	OK!!!
Diagonales	64	-272326.864	-5259831.442	0.052	OK!!!
Diagonales	65	-1095439.968	-5259831.442	0.208	OK!!!
Diagonales	66	-369758.515	-5259831.442	0.07	OK!!!
Diagonales	67	-1334893.615	-5259831.442	0.254	OK!!!
Diagonales	68	-289752.598	-5259831.442	0.055	OK!!!
Diagonales	69	-1431019.58	-5259831.442	0.272	OK!!!
Diagonales	70	246542.532	22824000.0	0.011	OK!!!
Diagonales	71	-4108161.973	-5259831.442	0.781	OK!!!
Diagonales	72	353650.788	22824000.0	0.015	OK!!!
Diagonales	73	-3908704.173	-5259831.442	0.743	OK!!!
Diagonales	74	526362.811	22824000.0	0.023	OK!!!
Diagonales	75	-3775237.03	-5259831.442	0.718	OK!!!
Diagonales	76	493580.579	22824000.0	0.022	OK!!!
Diagonales	77	-1471245.85	-5259831.442	0.28	OK!!!
Diagonales	78	425741.291	22824000.0	0.019	OK!!!
Diagonales	79	-1560174.027	-5259831.442	0.297	OK!!!
Diagonales	80	264184.555	22824000.0	0.012	OK!!!
Diagonales	81	-1660006.908	-5259831.442	0.316	OK!!!
Diagonales	82	-1613368.018	-5259831.442	0.307	OK!!!
Diagonales	83	-1125228.582	-5259831.442	0.214	OK!!!
Diagonales	84	-1821499.239	-5259831.442	0.346	OK!!!
Diagonales	85	-1433272.751	-5259831.442	0.272	OK!!!
Diagonales	86	-2064140.671	-5259831.442	0.392	OK!!!
Diagonales	87	-1493141.869	-5259831.442	0.284	OK!!!
Diagonales	88	771963.048	22824000.0	0.034	OK!!!
Diagonales	89	-2822160.788	-5259831.442	0.537	OK!!!
Diagonales	90	615248.98	22824000.0	0.027	OK!!!
Diagonales	91	-2721125.349	-5259831.442	0.517	OK!!!
Diagonales	92	444240.943	22824000.0	0.019	OK!!!
Diagonales	93	-2613512.377	-5259831.442	0.497	OK!!!
Diagonales	94	-1231721.017	-5259831.442	0.234	OK!!!
Diagonales	95	-1346794.115	-5259831.442	0.256	OK!!!
Diagonales	96	-1501297.052	-5259831.442	0.285	OK!!!
Diagonales	97	-1429942.39	-5259831.442	0.272	OK!!!
Diagonales	98	-1744158.155	-5259831.442	0.332	OK!!!
Diagonales	99	-1678765.518	-5259831.442	0.319	OK!!!
Diagonales	100	-4297617.068	-5259831.442	0.817	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	1	-8736824.569	-14786942.025	0.591	OK!!!
Brid. infe	2	-8698008.998	-14786942.025	0.588	OK!!!
Brid. infe	3	-8781536.77	-14786942.025	0.594	OK!!!
Brid. infe	4	-7788902.517	-14786942.025	0.527	OK!!!
Brid. infe	5	-7821035.645	-14786942.025	0.529	OK!!!
Brid. infe	6	-6873924.44	-14786942.025	0.465	OK!!!
Brid. infe	7	-6889004.067	-14786942.025	0.466	OK!!!
Brid. infe	8	-6912484.084	-14786942.025	0.467	OK!!!
Brid. infe	9	-6747022.387	-14786942.025	0.456	OK!!!
Brid. infe	10	-6979868.566	-14786942.025	0.472	OK!!!
Brid. infe	11	-6612380.503	-14786942.025	0.447	OK!!!
Brid. infe	12	-6353000.489	-14786942.025	0.43	OK!!!
Brid. infe	13	-6373896.335	-14786942.025	0.431	OK!!!
Brid. infe	14	-6453989.309	-14786942.025	0.436	OK!!!
Brid. infe	15	-6352781.177	-14786942.025	0.43	OK!!!
Brid. infe	16	-6245039.969	-14786942.025	0.422	OK!!!
Brid. infe	17	-6181680.761	-14786942.025	0.418	OK!!!
Brid. infe	18	-5985686.338	-14786942.025	0.405	OK!!!
Brid. infe	19	-6358950.78	-14786942.025	0.43	OK!!!
Brid. infe	20	-5753504.007	-14786942.025	0.389	OK!!!
Brid. infe	21	-5817526.175	-14786942.025	0.393	OK!!!
Brid. infe	22	-5365887.259	-14786942.025	0.363	OK!!!
Brid. infe	23	-5271781.745	-14786942.025	0.357	OK!!!
Brid. infe	24	-4916567.074	-14786942.025	0.332	OK!!!
Brid. infe	25	-4644245.759	-14786942.025	0.314	OK!!!
Brid. infe	26	-4744774.393	-14786942.025	0.321	OK!!!
Brid. infe	27	-4589245.098	-14786942.025	0.31	OK!!!
Brid. infe	28	-4516906.076	-14786942.025	0.305	OK!!!
Brid. infe	29	-4460452.697	-14786942.025	0.302	OK!!!
Brid. infe	30	-4294752.607	-14786942.025	0.29	OK!!!
Brid. infe	31	-4282197.512	-14786942.025	0.29	OK!!!
Brid. infe	32	-4239257.815	-14786942.025	0.287	OK!!!
Brid. infe	33	-4123430.753	-14786942.025	0.279	OK!!!
Brid. infe	34	-4148891.343	-14786942.025	0.281	OK!!!
Brid. infe	35	-3675563.883	-14786942.025	0.249	OK!!!
Brid. infe	36	-3782076.492	-14786942.025	0.256	OK!!!
Brid. infe	37	-3318868.348	-14786942.025	0.224	OK!!!
Brid. infe	38	-2976293.438	-14786942.025	0.201	OK!!!
Brid. infe	39	-2854189.476	-14786942.025	0.193	OK!!!
Brid. infe	40	-2699207.335	-14786942.025	0.183	OK!!!
Brid. infe	41	-2460082.357	-14786942.025	0.166	OK!!!
Brid. infe	42	-2230919.381	-14786942.025	0.151	OK!!!
Brid. infe	43	-1968421.834	-14786942.025	0.133	OK!!!
Brid. infe	44	-1686780.596	-14786942.025	0.114	OK!!!
Brid. infe	45	-1568956.013	-14786942.025	0.106	OK!!!
Brid. infe	46	-1070492.719	-14786942.025	0.072	OK!!!
Brid. infe	47	-697641.346	-14786942.025	0.047	OK!!!
Brid. infe	48	-393595.085	-14786942.025	0.027	OK!!!
Brid. infe	49	-126515.899	-14786942.025	0.009	OK!!!
Brid. infe	50	307065.409	22824000.0	0.013	OK!!!
Brid. infe	51	531276.654	22824000.0	0.023	OK!!!
Brid. infe	52	975472.238	22824000.0	0.043	OK!!!
Brid. infe	53	559382.693	22824000.0	0.025	OK!!!
Brid. infe	54	259423.718	22824000.0	0.011	OK!!!
Brid. infe	55	-74759.462	-14786942.025	0.005	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	56	-526560.731	-14786942.025	0.036	OK!!!
Brid. infe	57	-999507.527	-14786942.025	0.068	OK!!!
Brid. infe	58	-1774202.621	-14786942.025	0.12	OK!!!
Brid. infe	59	-1870013.002	-14786942.025	0.126	OK!!!
Brid. infe	60	-1963542.434	-14786942.025	0.133	OK!!!
Brid. infe	61	-2061279.421	-14786942.025	0.139	OK!!!
Brid. infe	62	-2333281.735	-14786942.025	0.158	OK!!!
Brid. infe	63	-2637865.593	-14786942.025	0.178	OK!!!
Brid. infe	64	-2809491.441	-14786942.025	0.19	OK!!!
Brid. infe	65	-3265517.81	-14786942.025	0.221	OK!!!
Brid. infe	66	-3872465.001	-14786942.025	0.262	OK!!!
Brid. infe	67	-4587364.462	-14786942.025	0.31	OK!!!
Brid. infe	68	-4602968.929	-14786942.025	0.311	OK!!!
Brid. infe	69	-4850619.54	-14786942.025	0.328	OK!!!
Brid. infe	70	-4748068.899	-14786942.025	0.321	OK!!!
Brid. infe	71	-4910593.0	-14786942.025	0.332	OK!!!
Brid. infe	72	-4828224.479	-14786942.025	0.327	OK!!!
Brid. infe	73	-4906133.543	-14786942.025	0.332	OK!!!
Brid. infe	74	-5169311.218	-14786942.025	0.35	OK!!!
Brid. infe	75	-5249769.548	-14786942.025	0.355	OK!!!
Brid. infe	76	-5334991.951	-14786942.025	0.361	OK!!!
Brid. infe	77	-5449377.953	-14786942.025	0.369	OK!!!
Brid. infe	78	-5286863.111	-14786942.025	0.358	OK!!!
Brid. infe	79	-5617368.966	-14786942.025	0.38	OK!!!
Brid. infe	80	-5825853.298	-14786942.025	0.394	OK!!!
Brid. infe	81	-6109451.109	-14786942.025	0.413	OK!!!
Brid. infe	82	-6482991.571	-14786942.025	0.438	OK!!!
Brid. infe	83	-6608563.652	-14786942.025	0.447	OK!!!
Brid. infe	84	-7091189.077	-14786942.025	0.48	OK!!!
Brid. infe	85	-6966161.883	-14786942.025	0.471	OK!!!
Brid. infe	86	-7206143.977	-14786942.025	0.487	OK!!!
Brid. infe	87	-7253868.056	-14786942.025	0.491	OK!!!
Brid. infe	88	-7387725.96	-14786942.025	0.5	OK!!!
Brid. infe	89	-7486483.254	-14786942.025	0.506	OK!!!
Brid. infe	90	-7338161.673	-14786942.025	0.496	OK!!!
Brid. infe	91	-7402456.395	-14786942.025	0.501	OK!!!
Brid. infe	92	-7813163.033	-14786942.025	0.528	OK!!!
Brid. infe	93	-7807537.37	-14786942.025	0.528	OK!!!
Brid. infe	94	-7949381.089	-14786942.025	0.538	OK!!!
Brid. infe	95	-8021095.856	-14786942.025	0.542	OK!!!
Brid. infe	96	-7946978.216	-14786942.025	0.537	OK!!!
Brid. infe	97	-7930887.829	-14786942.025	0.536	OK!!!
Brid. infe	98	-8512328.94	-14786942.025	0.576	OK!!!
Brid. infe	99	-8333489.088	-14786942.025	0.564	OK!!!
Brid. infe	100	-9072739.343	-14786942.025	0.614	OK!!!
Brid. infe	101	-8991117.178	-14786942.025	0.608	OK!!!
Brid. infe	102	-7704323.141	-14786942.025	0.521	OK!!!
Brid. infe	103	-7659720.845	-14786942.025	0.518	OK!!!
Brid. infe	104	-8029209.594	-14786942.025	0.543	OK!!!
Brid. infe	105	-7275355.716	-14786942.025	0.492	OK!!!
Brid. infe	106	-7422765.573	-14786942.025	0.502	OK!!!
Brid. infe	107	-6642057.558	-14786942.025	0.449	OK!!!
Brid. infe	108	-6806780.669	-14786942.025	0.46	OK!!!
Brid. infe	109	-6813396.845	-14786942.025	0.461	OK!!!
Brid. infe	110	-6888516.64	-14786942.025	0.466	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	111	-6572777.029	-14786942.025	0.444	OK!!!
Brid. infe	112	-6242892.661	-14786942.025	0.422	OK!!!
Brid. infe	113	-6349910.799	-14786942.025	0.429	OK!!!
Brid. infe	114	-6470410.151	-14786942.025	0.438	OK!!!
Brid. infe	115	-6386341.921	-14786942.025	0.432	OK!!!
Brid. infe	116	-6251950.759	-14786942.025	0.423	OK!!!
Brid. infe	117	-6262407.374	-14786942.025	0.424	OK!!!
Brid. infe	118	-5855065.562	-14786942.025	0.396	OK!!!
Brid. infe	119	-5937323.77	-14786942.025	0.402	OK!!!
Brid. infe	120	-5772662.043	-14786942.025	0.39	OK!!!
Brid. supe	1	-1732110.338	-6358599.125	0.272	OK!!!
Brid. supe	2	-1494210.389	-6358599.125	0.235	OK!!!
Brid. supe	3	-1340057.579	-6358599.125	0.211	OK!!!
Brid. supe	4	-821505.056	-6358599.125	0.129	OK!!!
Brid. supe	5	-794493.299	-6358599.125	0.125	OK!!!
Brid. supe	6	117897.615	22824000.0	0.005	OK!!!
Brid. supe	7	702001.654	22824000.0	0.031	OK!!!
Brid. supe	8	627448.969	22824000.0	0.027	OK!!!
Brid. supe	9	-482968.704	-6358599.125	0.076	OK!!!
Brid. supe	10	-1201614.164	-6358599.125	0.189	OK!!!
Brid. supe	11	-1856339.328	-6358599.125	0.292	OK!!!
Brid. supe	12	-1446449.994	-6358599.125	0.227	OK!!!
Brid. supe	13	-2027556.585	-6358599.125	0.319	OK!!!
Brid. supe	14	-2449079.337	-6358599.125	0.385	OK!!!
Brid. supe	15	-2950991.715	-6358599.125	0.464	OK!!!
Brid. supe	16	-3553862.193	-6358599.125	0.559	OK!!!
Brid. supe	17	-4190318.947	-6358599.125	0.659	OK!!!
Brid. supe	18	608819.852	22824000.0	0.027	OK!!!
Brid. supe	19	1199050.742	22824000.0	0.053	OK!!!
Brid. supe	20	1340681.464	22824000.0	0.059	OK!!!
Brid. supe	21	1454878.955	22824000.0	0.064	OK!!!
Brid. supe	22	976529.209	22824000.0	0.043	OK!!!
Brid. supe	23	-1099754.801	-6358599.125	0.173	OK!!!
Brid. supe	24	-588566.637	-6358599.125	0.093	OK!!!
Brid. supe	25	-1190099.713	-6358599.125	0.187	OK!!!
Brid. supe	26	-1584461.681	-6358599.125	0.249	OK!!!
Brid. supe	27	-2159092.048	-6358599.125	0.34	OK!!!
Brid. supe	28	-2665809.153	-6358599.125	0.419	OK!!!
Brid. supe	29	-3415737.289	-6358599.125	0.537	OK!!!
Brid. supe	30	-2846197.774	-6358599.125	0.448	OK!!!
Brid. supe	31	-2995394.216	-6358599.125	0.471	OK!!!
Brid. supe	32	-3114971.743	-6358599.125	0.49	OK!!!
Brid. supe	33	-3244699.255	-6358599.125	0.51	OK!!!
Brid. supe	34	-3273892.808	-6358599.125	0.515	OK!!!
Brid. supe	35	1583807.263	22824000.0	0.069	OK!!!
Brid. supe	36	-366823.398	-6358599.125	0.058	OK!!!
Brid. supe	37	-1674913.795	-6358599.125	0.263	OK!!!
Brid. supe	38	-2282844.963	-6358599.125	0.359	OK!!!
Brid. supe	39	-2841413.5	-6358599.125	0.447	OK!!!
Brid. supe	40	-3586925.198	-6358599.125	0.564	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	41	-3166763.691	-6358599.125	0.498	OK!!!
Brid. supe	42	-2529425.82	-6358599.125	0.398	OK!!!
Brid. supe	43	-2752090.268	-6358599.125	0.433	OK!!!
Brid. supe	44	-1282038.624	-6358599.125	0.202	OK!!!
Brid. supe	45	-1750369.307	-6358599.125	0.275	OK!!!
Brid. supe	46	-2258348.436	-6358599.125	0.355	OK!!!
Brid. supe	47	-2213395.986	-6358599.125	0.348	OK!!!
Brid. supe	48	-1887560.013	-6358599.125	0.297	OK!!!
Brid. supe	49	-2278359.875	-6358599.125	0.358	OK!!!
Brid. supe	50	-2833386.876	-6358599.125	0.446	OK!!!
Brid. supe	51	-3402609.066	-6358599.125	0.535	OK!!!
Brid. supe	52	-2601919.639	-6358599.125	0.409	OK!!!
Brid. supe	53	-2176969.614	-6358599.125	0.342	OK!!!
Brid. supe	54	-1902035.659	-6358599.125	0.299	OK!!!
Brid. supe	55	-1949097.979	-6358599.125	0.307	OK!!!
Brid. supe	56	-1644948.739	-6358599.125	0.259	OK!!!
Brid. supe	57	-1809462.749	-6358599.125	0.285	OK!!!
Brid. supe	58	-3760885.617	-6358599.125	0.591	OK!!!
Brid. supe	59	-2923151.911	-6358599.125	0.46	OK!!!
Brid. supe	60	-2928737.494	-6358599.125	0.461	OK!!!
Brid. supe	61	-3107688.677	-6358599.125	0.489	OK!!!
Brid. supe	62	-2429304.166	-6358599.125	0.382	OK!!!
Brid. supe	63	-1963100.686	-6358599.125	0.309	OK!!!
Brid. supe	64	-1446288.667	-6358599.125	0.227	OK!!!
Brid. supe	65	-718153.865	-6358599.125	0.113	OK!!!
Brid. supe	66	393057.904	22824000.0	0.017	OK!!!
Brid. supe	67	-3457433.084	-6358599.125	0.544	OK!!!
Brid. supe	68	-2944160.617	-6358599.125	0.463	OK!!!
Brid. supe	69	-2867686.249	-6358599.125	0.451	OK!!!
Brid. supe	70	-2725603.366	-6358599.125	0.429	OK!!!
Brid. supe	71	-2743088.054	-6358599.125	0.431	OK!!!
Brid. supe	72	-2913575.309	-6358599.125	0.458	OK!!!
Brid. supe	73	-2191913.853	-6358599.125	0.345	OK!!!
Brid. supe	74	-1736069.492	-6358599.125	0.273	OK!!!
Brid. supe	75	-1348291.994	-6358599.125	0.212	OK!!!
Brid. supe	76	-1061095.016	-6358599.125	0.167	OK!!!
Brid. supe	77	-798540.232	-6358599.125	0.126	OK!!!
Brid. supe	78	-637540.996	-6358599.125	0.1	OK!!!
Brid. supe	79	-115289.649	-6358599.125	0.018	OK!!!
Brid. supe	80	672910.96	22824000.0	0.029	OK!!!
Brid. supe	81	1294436.482	22824000.0	0.057	OK!!!
Brid. supe	82	1917244.325	22824000.0	0.084	OK!!!
Brid. supe	83	2080439.731	22824000.0	0.091	OK!!!
Brid. supe	84	-4436022.317	-6358599.125	0.698	OK!!!
Brid. supe	85	-3370179.973	-6358599.125	0.53	OK!!!
Brid. supe	86	-2940215.437	-6358599.125	0.462	OK!!!
Brid. supe	87	-2483714.142	-6358599.125	0.391	OK!!!
Brid. supe	88	-2086054.17	-6358599.125	0.328	OK!!!
Brid. supe	89	-1803524.925	-6358599.125	0.284	OK!!!
Brid. supe	90	-1492789.322	-6358599.125	0.235	OK!!!
Brid. supe	91	-1030235.831	-6358599.125	0.162	OK!!!
Brid. supe	92	-538841.797	-6358599.125	0.085	OK!!!
Brid. supe	93	177923.58	22824000.0	0.008	OK!!!
Brid. supe	94	701250.134	22824000.0	0.031	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	95	924415.422	22824000.0	0.041	OK!!!
Brid. supe	96	223543.251	22824000.0	0.01	OK!!!
Brid. supe	97	320197.086	22824000.0	0.014	OK!!!
Brid. supe	98	-113176.906	-6358599.125	0.018	OK!!!
Brid. supe	99	-484625.733	-6358599.125	0.076	OK!!!
Brid. supe	100	-1100889.554	-6358599.125	0.173	OK!!!
Brid. supe	101	-1576157.363	-6358599.125	0.248	OK!!!
Brid. supe	102	-2601299.797	-6358599.125	0.409	OK!!!
Brid. supe	103	-1084708.292	-6358599.125	0.171	OK!!!
Brid. supe	104	-1315766.13	-6358599.125	0.207	OK!!!
Brid. supe	105	-925279.309	-6358599.125	0.146	OK!!!
Brid. supe	106	562665.781	22824000.0	0.025	OK!!!
Brid. supe	107	907915.355	22824000.0	0.04	OK!!!
Correa int	1	1492314.324	22824000.0	0.065	OK!!!
Correa int	2	-1718884.796	-19588991.15	0.088	OK!!!
Correa int	3	-1128773.845	-19588991.15	0.058	OK!!!
Correa int	4	70639.937	22824000.0	0.003	OK!!!
Correa int	5	30363.077	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	6	-65081.953	-19588991.15	0.003	OK!!!
Correa int	7	-12620.044	-19588991.15	0.001	OK!!!
Correa int	8	3313.187	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	9	1546.611	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	10	-518.619	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	11	-1231.242	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	12	-990.481	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	13	-1218.49	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	14	-909.524	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	15	-1223.879	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	16	-920.531	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	17	-1225.963	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	18	-923.536	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	19	-1188.118	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	20	-917.122	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	21	-1456.501	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	22	1107.856	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	23	2062.762	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	24	-2762.301	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	25	-12976.999	-19588991.15	0.001	OK!!!
Correa int	26	24613.272	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	27	301500.012	22824000.0	0.013	OK!!!
Correa int	28	-119256.022	-19588991.15	0.006	OK!!!
Correa int	29	-473512.025	-19588991.15	0.024	OK!!!
Correa int	30	3089091.841	22824000.0	0.135	OK!!!
Correa int	31	2140860.176	22824000.0	0.094	OK!!!
Correa int	32	-1630306.577	-19588991.15	0.083	OK!!!
Correa int	33	-1070565.481	-19588991.15	0.055	OK!!!
Correa int	34	101484.072	22824000.0	0.004	OK!!!
Correa int	35	43536.667	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	36	-61795.096	-19588991.15	0.003	OK!!!
Correa int	37	-11957.904	-19588991.15	0.001	OK!!!
Correa int	38	4892.13	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	39	2200.274	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	40	-903.98	-19588991.15	0.0	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Correa int	41	-1675.944	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	42	-1581.439	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	43	-1652.222	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	44	-1469.816	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	45	-1662.738	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	46	-1485.308	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	47	-1666.775	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	48	-1496.332	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	49	-1613.988	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	50	-1464.37	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	51	-2005.303	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	52	1741.718	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	53	1968.588	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	54	-3223.017	-19588991.15	0.0	OK!!!
Correa int	55	-17718.656	-19588991.15	0.001	OK!!!
Correa int	56	24349.326	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	57	287285.162	22824000.0	0.013	OK!!!
Correa int	58	-145924.481	-19588991.15	0.007	OK!!!
Correa int	59	-612308.164	-19588991.15	0.031	OK!!!
Correa int	60	2947068.289	22824000.0	0.129	OK!!!
Correa ext	1	-1816220.413	-1231900.588	7.832	OK!!!
Correa ext	2	1038343.688	122824000.0	0.045	OK!!!

Análogamente para los desplazamientos verticales de cada nodo debe cumplir con los requerimientos de la norma, los desplazamientos verticales no deben ser menor a $0,05m$ según a E.020 $L/500$. La siguientes resultados de desplazamientos son obtenido por el programa

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.001	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.001	0.05	OK!!!
6	-0.0	0.05	OK!!!
7	-0.001	0.05	OK!!!
8	-0.001	0.05	OK!!!
9	-0.001	0.05	OK!!!
10	-0.001	0.05	OK!!!
11	-0.002	0.05	OK!!!
12	-0.002	0.05	OK!!!
13	-0.002	0.05	OK!!!
14	-0.002	0.05	OK!!!
15	-0.003	0.05	OK!!!
16	-0.003	0.05	OK!!!
17	-0.004	0.05	OK!!!
18	-0.003	0.05	OK!!!
19	-0.004	0.05	OK!!!
20	-0.004	0.05	OK!!!
21	-0.005	0.05	OK!!!
22	-0.004	0.05	OK!!!
23	-0.005	0.05	OK!!!
24	-0.005	0.05	OK!!!
25	-0.006	0.05	OK!!!
26	-0.005	0.05	OK!!!
27	-0.006	0.05	OK!!!
28	-0.006	0.05	OK!!!
29	-0.007	0.05	OK!!!
30	-0.006	0.05	OK!!!
31	-0.007	0.05	OK!!!
32	-0.007	0.05	OK!!!
33	-0.008	0.05	OK!!!
34	-0.008	0.05	OK!!!
35	-0.009	0.05	OK!!!
36	-0.008	0.05	OK!!!
37	-0.009	0.05	OK!!!
38	-0.009	0.05	OK!!!
39	-0.01	0.05	OK!!!
40	-0.009	0.05	OK!!!
41	-0.01	0.05	OK!!!
42	-0.01	0.05	OK!!!
43	-0.011	0.05	OK!!!
44	-0.011	0.05	OK!!!
45	-0.012	0.05	OK!!!
46	-0.011	0.05	OK!!!
47	-0.012	0.05	OK!!!
48	-0.012	0.05	OK!!!
49	-0.013	0.05	OK!!!
50	-0.013	0.05	OK!!!
51	-0.014	0.05	OK!!!
52	-0.013	0.05	OK!!!
53	-0.014	0.05	OK!!!
54	-0.014	0.05	OK!!!
55	-0.015	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
56	-0.014	0.05	OK!!!
57	-0.015	0.05	OK!!!
58	-0.015	0.05	OK!!!
59	-0.016	0.05	OK!!!
60	-0.016	0.05	OK!!!
61	-0.016	0.05	OK!!!
62	-0.016	0.05	OK!!!
63	-0.017	0.05	OK!!!
64	-0.017	0.05	OK!!!
65	-0.017	0.05	OK!!!
66	-0.017	0.05	OK!!!
67	-0.018	0.05	OK!!!
68	-0.017	0.05	OK!!!
69	-0.018	0.05	OK!!!
70	-0.018	0.05	OK!!!
71	-0.019	0.05	OK!!!
72	-0.019	0.05	OK!!!
73	-0.02	0.05	OK!!!
74	-0.02	0.05	OK!!!
75	-0.021	0.05	OK!!!
76	-0.021	0.05	OK!!!
77	-0.022	0.05	OK!!!
78	-0.022	0.05	OK!!!
79	-0.022	0.05	OK!!!
80	-0.022	0.05	OK!!!
81	-0.022	0.05	OK!!!
82	-0.022	0.05	OK!!!
83	-0.022	0.05	OK!!!
84	-0.022	0.05	OK!!!
85	-0.022	0.05	OK!!!
86	-0.021	0.05	OK!!!
87	-0.021	0.05	OK!!!
88	-0.021	0.05	OK!!!
89	-0.021	0.05	OK!!!
90	-0.021	0.05	OK!!!
91	-0.021	0.05	OK!!!
92	-0.021	0.05	OK!!!
93	-0.021	0.05	OK!!!
94	-0.021	0.05	OK!!!
95	-0.021	0.05	OK!!!
96	-0.021	0.05	OK!!!
97	-0.02	0.05	OK!!!
98	-0.02	0.05	OK!!!
99	-0.02	0.05	OK!!!
100	-0.019	0.05	OK!!!
101	-0.019	0.05	OK!!!
102	-0.018	0.05	OK!!!
103	-0.018	0.05	OK!!!
104	-0.017	0.05	OK!!!
105	-0.017	0.05	OK!!!
106	-0.017	0.05	OK!!!
107	-0.018	0.05	OK!!!
108	-0.018	0.05	OK!!!
109	-0.018	0.05	OK!!!
110	-0.019	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
111	-0.019	0.05	OK!!!
112	-0.019	0.05	OK!!!
113	-0.019	0.05	OK!!!
114	-0.019	0.05	OK!!!
115	-0.019	0.05	OK!!!
116	-0.019	0.05	OK!!!
117	-0.019	0.05	OK!!!
118	-0.019	0.05	OK!!!
119	-0.019	0.05	OK!!!
120	-0.019	0.05	OK!!!
121	-0.019	0.05	OK!!!
122	-0.019	0.05	OK!!!
123	-0.019	0.05	OK!!!
124	-0.02	0.05	OK!!!
125	-0.02	0.05	OK!!!
126	-0.02	0.05	OK!!!
127	-0.02	0.05	OK!!!
128	-0.019	0.05	OK!!!
129	-0.019	0.05	OK!!!
130	-0.019	0.05	OK!!!
131	-0.019	0.05	OK!!!
132	-0.018	0.05	OK!!!
133	-0.018	0.05	OK!!!
134	-0.018	0.05	OK!!!
135	-0.018	0.05	OK!!!
136	-0.017	0.05	OK!!!
137	-0.017	0.05	OK!!!
138	-0.017	0.05	OK!!!
139	-0.017	0.05	OK!!!
140	-0.016	0.05	OK!!!
141	-0.017	0.05	OK!!!
142	-0.016	0.05	OK!!!
143	-0.016	0.05	OK!!!
144	-0.016	0.05	OK!!!
145	-0.016	0.05	OK!!!
146	-0.015	0.05	OK!!!
147	-0.015	0.05	OK!!!
148	-0.015	0.05	OK!!!
149	-0.015	0.05	OK!!!
150	-0.014	0.05	OK!!!
151	-0.015	0.05	OK!!!
152	-0.014	0.05	OK!!!
153	-0.014	0.05	OK!!!
154	-0.014	0.05	OK!!!
155	-0.014	0.05	OK!!!
156	-0.013	0.05	OK!!!
157	-0.013	0.05	OK!!!
158	-0.012	0.05	OK!!!
159	-0.013	0.05	OK!!!
160	-0.012	0.05	OK!!!
161	-0.012	0.05	OK!!!
162	-0.011	0.05	OK!!!
163	-0.012	0.05	OK!!!
164	-0.011	0.05	OK!!!
165	-0.011	0.05	OK!!!
166	-0.01	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
167	-0.011	0.05	OK!!!
168	-0.01	0.05	OK!!!
169	-0.01	0.05	OK!!!
170	-0.009	0.05	OK!!!
171	-0.009	0.05	OK!!!
172	-0.008	0.05	OK!!!
173	-0.009	0.05	OK!!!
174	-0.008	0.05	OK!!!
175	-0.008	0.05	OK!!!
176	-0.007	0.05	OK!!!
177	-0.008	0.05	OK!!!
178	-0.007	0.05	OK!!!
179	-0.007	0.05	OK!!!
180	-0.006	0.05	OK!!!
181	-0.007	0.05	OK!!!
182	-0.005	0.05	OK!!!
183	-0.006	0.05	OK!!!
184	-0.005	0.05	OK!!!
185	-0.005	0.05	OK!!!
186	-0.004	0.05	OK!!!
187	-0.005	0.05	OK!!!
188	-0.004	0.05	OK!!!
189	-0.004	0.05	OK!!!
190	-0.003	0.05	OK!!!
191	-0.003	0.05	OK!!!
192	-0.002	0.05	OK!!!
193	-0.003	0.05	OK!!!
194	-0.002	0.05	OK!!!
195	-0.002	0.05	OK!!!
196	-0.001	0.05	OK!!!
197	-0.002	0.05	OK!!!
198	-0.001	0.05	OK!!!
199	-0.001	0.05	OK!!!
200	-0.0	0.05	OK!!!
201	-0.001	0.05	OK!!!
202	-0.001	0.05	OK!!!
203	0.0	0.05	OK!!!
204	-0.002	0.05	OK!!!
205	-0.002	0.05	OK!!!
206	-0.002	0.05	OK!!!
207	0.0	0.05	OK!!!
208	-0.001	0.05	OK!!!
209	-0.0	0.05	OK!!!
210	-0.0	0.05	OK!!!
211	-0.001	0.05	OK!!!
212	-0.001	0.05	OK!!!
213	-0.001	0.05	OK!!!
214	-0.001	0.05	OK!!!
215	-0.002	0.05	OK!!!
216	-0.001	0.05	OK!!!
217	-0.002	0.05	OK!!!
218	-0.002	0.05	OK!!!
219	-0.003	0.05	OK!!!
220	-0.002	0.05	OK!!!
221	-0.003	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
222	-0.003	0.05	OK!!!
223	-0.004	0.05	OK!!!
224	-0.003	0.05	OK!!!
225	-0.004	0.05	OK!!!
226	-0.004	0.05	OK!!!
227	-0.005	0.05	OK!!!
228	-0.005	0.05	OK!!!
229	-0.006	0.05	OK!!!
230	-0.005	0.05	OK!!!
231	-0.006	0.05	OK!!!
232	-0.006	0.05	OK!!!
233	-0.007	0.05	OK!!!
234	-0.006	0.05	OK!!!
235	-0.008	0.05	OK!!!
236	-0.007	0.05	OK!!!
237	-0.008	0.05	OK!!!
238	-0.008	0.05	OK!!!
239	-0.009	0.05	OK!!!
240	-0.008	0.05	OK!!!
241	-0.009	0.05	OK!!!
242	-0.009	0.05	OK!!!
243	-0.01	0.05	OK!!!
244	-0.01	0.05	OK!!!
245	-0.011	0.05	OK!!!
246	-0.01	0.05	OK!!!
247	-0.011	0.05	OK!!!
248	-0.011	0.05	OK!!!
249	-0.012	0.05	OK!!!
250	-0.012	0.05	OK!!!
251	-0.013	0.05	OK!!!
252	-0.012	0.05	OK!!!
253	-0.013	0.05	OK!!!
254	-0.013	0.05	OK!!!
255	-0.014	0.05	OK!!!
256	-0.013	0.05	OK!!!
257	-0.014	0.05	OK!!!
258	-0.014	0.05	OK!!!
259	-0.015	0.05	OK!!!
260	-0.015	0.05	OK!!!
261	-0.016	0.05	OK!!!
262	-0.015	0.05	OK!!!
263	-0.016	0.05	OK!!!
264	-0.016	0.05	OK!!!
265	-0.017	0.05	OK!!!
266	-0.017	0.05	OK!!!
267	-0.018	0.05	OK!!!
268	-0.017	0.05	OK!!!
269	-0.018	0.05	OK!!!
270	-0.018	0.05	OK!!!
271	-0.019	0.05	OK!!!
272	-0.018	0.05	OK!!!
273	-0.019	0.05	OK!!!
274	-0.019	0.05	OK!!!
275	-0.02	0.05	OK!!!
276	-0.02	0.05	OK!!!

6.2.2. Sección Tubular(Generación 150)

Las siguientes tablas muestran los esfuerzos de las cargas combinadas para todos los elementos de la estructura metálica para el resultado óptimo de la sección tubular, según a la tabla se puede comprobar que cumplen con las condiciones de diseño por resistencia por el método del LRFD para elementos a compresión y tracción o sometidos a las combinaciones de carga como son la flexión y cortante . así como las deflexiones verticales según a la E.090 Estructuras metálicas en los nodos.Todos estos esfuerzos de cada elemento fueron examinados.

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	1	-3039649.55	-12772005.609	0.238	OK!!!
Diagonales	2	-793298.061	-12772005.609	0.062	OK!!!
Diagonales	3	-1860916.416	-12772005.609	0.146	OK!!!
Diagonales	4	-1107952.385	-12772005.609	0.087	OK!!!
Diagonales	5	-2559712.119	-12772005.609	0.2	OK!!!
Diagonales	6	-868140.057	-12772005.609	0.068	OK!!!
Diagonales	7	-2499301.04	-12772005.609	0.196	OK!!!
Diagonales	8	-873989.783	-12772005.609	0.068	OK!!!
Diagonales	9	-2501731.323	-12772005.609	0.196	OK!!!
Diagonales	10	-799235.177	-12772005.609	0.063	OK!!!
Diagonales	11	-2882528.605	-12772005.609	0.226	OK!!!
Diagonales	12	-747634.389	-12772005.609	0.059	OK!!!
Diagonales	13	-1419624.064	-12772005.609	0.111	OK!!!
Diagonales	14	-672549.07	-12772005.609	0.053	OK!!!
Diagonales	15	-1523752.5	-12772005.609	0.119	OK!!!
Diagonales	16	-641562.582	-12772005.609	0.05	OK!!!
Diagonales	17	-1595398.851	-12772005.609	0.125	OK!!!
Diagonales	18	-590230.801	-12772005.609	0.046	OK!!!
Diagonales	19	-2131058.057	-12772005.609	0.167	OK!!!
Diagonales	20	-485055.73	-12772005.609	0.038	OK!!!
Diagonales	21	-2061586.68	-12772005.609	0.161	OK!!!
Diagonales	22	-437915.297	-12772005.609	0.034	OK!!!
Diagonales	23	-2557785.827	-12772005.609	0.2	OK!!!
Diagonales	24	-385078.699	-12772005.609	0.03	OK!!!
Diagonales	25	-1014370.309	-12772005.609	0.079	OK!!!
Diagonales	26	-343203.566	-12772005.609	0.027	OK!!!
Diagonales	27	-1126711.72	-12772005.609	0.088	OK!!!
Diagonales	28	-283619.559	-12772005.609	0.022	OK!!!
Diagonales	29	-1343618.362	-12772005.609	0.105	OK!!!
Diagonales	30	-230036.326	-12772005.609	0.018	OK!!!
Diagonales	31	-1623142.658	-12772005.609	0.127	OK!!!
Diagonales	32	-180875.967	-12772005.609	0.014	OK!!!
Diagonales	33	-1906210.624	-12772005.609	0.149	OK!!!
Diagonales	34	-185557.658	-12772005.609	0.015	OK!!!
Diagonales	35	-2028992.305	-12772005.609	0.159	OK!!!
Diagonales	36	-960097.653	-12772005.609	0.075	OK!!!
Diagonales	37	-3248996.017	-12772005.609	0.254	OK!!!
Diagonales	38	-736978.01	-12772005.609	0.058	OK!!!
Diagonales	39	-3383198.965	-12772005.609	0.265	OK!!!
Diagonales	40	-714861.77	-12772005.609	0.056	OK!!!
Diagonales	41	-3216506.487	-12772005.609	0.252	OK!!!
Diagonales	42	-581329.362	-12772005.609	0.046	OK!!!
Diagonales	43	-3350671.824	-12772005.609	0.262	OK!!!
Diagonales	44	-530398.695	-12772005.609	0.042	OK!!!
Diagonales	45	-3127952.67	-12772005.609	0.245	OK!!!
Diagonales	46	-468340.526	-12772005.609	0.037	OK!!!
Diagonales	47	-3626178.478	-12772005.609	0.284	OK!!!
Diagonales	48	-240389.261	-12772005.609	0.019	OK!!!
Diagonales	49	-1655118.569	-12772005.609	0.13	OK!!!
Diagonales	50	-201801.257	-12772005.609	0.016	OK!!!
Diagonales	51	-1608393.665	-12772005.609	0.126	OK!!!
Diagonales	52	-128808.585	-12772005.609	0.01	OK!!!
Diagonales	53	-1675279.775	-12772005.609	0.131	OK!!!
Diagonales	54	-69202.506	-12772005.609	0.005	OK!!!
Diagonales	55	-1794063.261	-12772005.609	0.14	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	56	18967.362	22824000.0	0.001	OK!!!
Diagonales	57	-1756241.083	-12772005.609	0.138	OK!!!
Diagonales	58	102632.742	22824000.0	0.004	OK!!!
Diagonales	59	-2146366.288	-12772005.609	0.168	OK!!!
Diagonales	60	-187169.653	-12772005.609	0.015	OK!!!
Diagonales	61	-438765.907	-12772005.609	0.034	OK!!!
Diagonales	62	-176078.323	-12772005.609	0.014	OK!!!
Diagonales	63	-482158.825	-12772005.609	0.038	OK!!!
Diagonales	64	-255853.25	-12772005.609	0.02	OK!!!
Diagonales	65	-627420.218	-12772005.609	0.049	OK!!!
Diagonales	66	-346349.673	-12772005.609	0.027	OK!!!
Diagonales	67	-626833.156	-12772005.609	0.049	OK!!!
Diagonales	68	-296240.798	-12772005.609	0.023	OK!!!
Diagonales	69	-1221076.38	-12772005.609	0.096	OK!!!
Diagonales	70	-285120.592	-12772005.609	0.022	OK!!!
Diagonales	71	-4272913.343	-12772005.609	0.335	OK!!!
Diagonales	72	-115839.601	-12772005.609	0.009	OK!!!
Diagonales	73	-4018473.51	-12772005.609	0.315	OK!!!
Diagonales	74	18861.963	22824000.0	0.001	OK!!!
Diagonales	75	-3977892.484	-12772005.609	0.311	OK!!!
Diagonales	76	210157.416	22824000.0	0.009	OK!!!
Diagonales	77	-1377037.602	-12772005.609	0.108	OK!!!
Diagonales	78	199528.667	22824000.0	0.009	OK!!!
Diagonales	79	-1412653.406	-12772005.609	0.111	OK!!!
Diagonales	80	45943.895	22824000.0	0.002	OK!!!
Diagonales	81	-1645331.991	-12772005.609	0.129	OK!!!
Diagonales	82	-1529604.424	-12772005.609	0.12	OK!!!
Diagonales	83	-798648.567	-12772005.609	0.063	OK!!!
Diagonales	84	-1542062.9	-12772005.609	0.121	OK!!!
Diagonales	85	-936907.19	-12772005.609	0.073	OK!!!
Diagonales	86	-1698646.501	-12772005.609	0.133	OK!!!
Diagonales	87	-1188108.943	-12772005.609	0.093	OK!!!
Diagonales	88	411247.09	22824000.0	0.018	OK!!!
Diagonales	89	-2917036.847	-12772005.609	0.228	OK!!!
Diagonales	90	230898.714	22824000.0	0.01	OK!!!
Diagonales	91	-2704697.526	-12772005.609	0.212	OK!!!
Diagonales	92	131028.729	22824000.0	0.006	OK!!!
Diagonales	93	-2671162.126	-12772005.609	0.209	OK!!!
Diagonales	94	-1012741.805	-12772005.609	0.079	OK!!!
Diagonales	95	-875022.802	-12772005.609	0.069	OK!!!
Diagonales	96	-1073248.095	-12772005.609	0.084	OK!!!
Diagonales	97	-921008.59	-12772005.609	0.072	OK!!!
Diagonales	98	-1326918.282	-12772005.609	0.104	OK!!!
Diagonales	99	-994595.094	-12772005.609	0.078	OK!!!
Diagonales	100	-4378439.116	-12772005.609	0.343	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	1	-8980770.697	-24235571.887	0.371	OK!!!
Brid. infe	2	-8644618.364	-24235571.887	0.357	OK!!!
Brid. infe	3	-8348418.403	-24235571.887	0.344	OK!!!
Brid. infe	4	-8031719.018	-24235571.887	0.331	OK!!!
Brid. infe	5	-7692952.812	-24235571.887	0.317	OK!!!
Brid. infe	6	-7358118.117	-24235571.887	0.304	OK!!!
Brid. infe	7	-7201242.753	-24235571.887	0.297	OK!!!
Brid. infe	8	-7018940.633	-24235571.887	0.29	OK!!!
Brid. infe	9	-6940731.782	-24235571.887	0.286	OK!!!
Brid. infe	10	-6848016.925	-24235571.887	0.283	OK!!!
Brid. infe	11	-6682943.425	-24235571.887	0.276	OK!!!
Brid. infe	12	-6521343.935	-24235571.887	0.269	OK!!!
Brid. infe	13	-6493195.446	-24235571.887	0.268	OK!!!
Brid. infe	14	-6433149.959	-24235571.887	0.265	OK!!!
Brid. infe	15	-6348337.564	-24235571.887	0.262	OK!!!
Brid. infe	16	-6232687.864	-24235571.887	0.257	OK!!!
Brid. infe	17	-6084060.485	-24235571.887	0.251	OK!!!
Brid. infe	18	-5911205.907	-24235571.887	0.244	OK!!!
Brid. infe	19	-5662881.151	-24235571.887	0.234	OK!!!
Brid. infe	20	-5438683.033	-24235571.887	0.224	OK!!!
Brid. infe	21	-5194319.978	-24235571.887	0.214	OK!!!
Brid. infe	22	-4948992.595	-24235571.887	0.204	OK!!!
Brid. infe	23	-4679685.411	-24235571.887	0.193	OK!!!
Brid. infe	24	-4429484.129	-24235571.887	0.183	OK!!!
Brid. infe	25	-4313150.759	-24235571.887	0.178	OK!!!
Brid. infe	26	-4180789.317	-24235571.887	0.173	OK!!!
Brid. infe	27	-4039904.76	-24235571.887	0.167	OK!!!
Brid. infe	28	-3880562.811	-24235571.887	0.16	OK!!!
Brid. infe	29	-3691331.851	-24235571.887	0.152	OK!!!
Brid. infe	30	-3500653.637	-24235571.887	0.144	OK!!!
Brid. infe	31	-3477240.84	-24235571.887	0.143	OK!!!
Brid. infe	32	-3426725.859	-24235571.887	0.141	OK!!!
Brid. infe	33	-3369064.119	-24235571.887	0.139	OK!!!
Brid. infe	34	-3312235.069	-24235571.887	0.137	OK!!!
Brid. infe	35	-3085078.794	-24235571.887	0.127	OK!!!
Brid. infe	36	-2397530.252	-24235571.887	0.099	OK!!!
Brid. infe	37	-2168694.623	-24235571.887	0.089	OK!!!
Brid. infe	38	-2042277.374	-24235571.887	0.084	OK!!!
Brid. infe	39	-1986605.239	-24235571.887	0.082	OK!!!
Brid. infe	40	-1903319.017	-24235571.887	0.079	OK!!!
Brid. infe	41	-1789791.252	-24235571.887	0.074	OK!!!
Brid. infe	42	-1633443.854	-24235571.887	0.067	OK!!!
Brid. infe	43	-1441550.609	-24235571.887	0.059	OK!!!
Brid. infe	44	-1203161.856	-24235571.887	0.05	OK!!!
Brid. infe	45	-1026475.827	-24235571.887	0.042	OK!!!
Brid. infe	46	-851428.104	-24235571.887	0.035	OK!!!
Brid. infe	47	-670851.314	-24235571.887	0.028	OK!!!
Brid. infe	48	-488411.033	-24235571.887	0.02	OK!!!
Brid. infe	49	-292425.849	-24235571.887	0.012	OK!!!
Brid. infe	50	-76362.461	-24235571.887	0.003	OK!!!
Brid. infe	51	139961.468	22824000.0	0.006	OK!!!
Brid. infe	52	324875.111	22824000.0	0.014	OK!!!
Brid. infe	53	126144.08	22824000.0	0.006	OK!!!
Brid. infe	54	-56100.944	-24235571.887	0.002	OK!!!
Brid. infe	55	-227950.354	-24235571.887	0.009	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	56	-511811.837	-24235571.887	0.021	OK!!!
Brid. infe	57	-795643.778	-24235571.887	0.033	OK!!!
Brid. infe	58	-1099199.246	-24235571.887	0.045	OK!!!
Brid. infe	59	-1292352.392	-24235571.887	0.053	OK!!!
Brid. infe	60	-1444519.936	-24235571.887	0.06	OK!!!
Brid. infe	61	-1558256.59	-24235571.887	0.064	OK!!!
Brid. infe	62	-1727558.991	-24235571.887	0.071	OK!!!
Brid. infe	63	-1862433.12	-24235571.887	0.077	OK!!!
Brid. infe	64	-1968998.46	-24235571.887	0.081	OK!!!
Brid. infe	65	-2240528.726	-24235571.887	0.092	OK!!!
Brid. infe	66	-2619523.273	-24235571.887	0.108	OK!!!
Brid. infe	67	-3333914.173	-24235571.887	0.138	OK!!!
Brid. infe	68	-3585317.026	-24235571.887	0.148	OK!!!
Brid. infe	69	-3646169.623	-24235571.887	0.15	OK!!!
Brid. infe	70	-3708677.803	-24235571.887	0.153	OK!!!
Brid. infe	71	-3763269.694	-24235571.887	0.155	OK!!!
Brid. infe	72	-3787347.955	-24235571.887	0.156	OK!!!
Brid. infe	73	-3999973.666	-24235571.887	0.165	OK!!!
Brid. infe	74	-4211167.456	-24235571.887	0.174	OK!!!
Brid. infe	75	-4389171.493	-24235571.887	0.181	OK!!!
Brid. infe	76	-4546807.903	-24235571.887	0.188	OK!!!
Brid. infe	77	-4695505.735	-24235571.887	0.194	OK!!!
Brid. infe	78	-4826674.208	-24235571.887	0.199	OK!!!
Brid. infe	79	-5110886.591	-24235571.887	0.211	OK!!!
Brid. infe	80	-5417753.404	-24235571.887	0.224	OK!!!
Brid. infe	81	-5698952.798	-24235571.887	0.235	OK!!!
Brid. infe	82	-5981749.364	-24235571.887	0.247	OK!!!
Brid. infe	83	-6243363.161	-24235571.887	0.258	OK!!!
Brid. infe	84	-6535925.334	-24235571.887	0.27	OK!!!
Brid. infe	85	-6738945.156	-24235571.887	0.278	OK!!!
Brid. infe	86	-6914325.444	-24235571.887	0.285	OK!!!
Brid. infe	87	-7051738.805	-24235571.887	0.291	OK!!!
Brid. infe	88	-7153782.032	-24235571.887	0.295	OK!!!
Brid. infe	89	-7226716.543	-24235571.887	0.298	OK!!!
Brid. infe	90	-7262394.28	-24235571.887	0.3	OK!!!
Brid. infe	91	-7443348.33	-24235571.887	0.307	OK!!!
Brid. infe	92	-7613601.789	-24235571.887	0.314	OK!!!
Brid. infe	93	-7740832.907	-24235571.887	0.319	OK!!!
Brid. infe	94	-7835865.296	-24235571.887	0.323	OK!!!
Brid. infe	95	-7906628.619	-24235571.887	0.326	OK!!!
Brid. infe	96	-7940149.336	-24235571.887	0.328	OK!!!
Brid. infe	97	-8125027.796	-24235571.887	0.335	OK!!!
Brid. infe	98	-8304367.215	-24235571.887	0.343	OK!!!
Brid. infe	99	-8470250.718	-24235571.887	0.349	OK!!!
Brid. infe	100	-8562274.355	-24235571.887	0.353	OK!!!
Brid. infe	101	-8731924.868	-24235571.887	0.36	OK!!!
Brid. infe	102	-8408296.283	-24235571.887	0.347	OK!!!
Brid. infe	103	-8240365.363	-24235571.887	0.34	OK!!!
Brid. infe	104	-8085027.453	-24235571.887	0.334	OK!!!
Brid. infe	105	-7864661.337	-24235571.887	0.325	OK!!!
Brid. infe	106	-7605422.693	-24235571.887	0.314	OK!!!
Brid. infe	107	-7329271.278	-24235571.887	0.302	OK!!!
Brid. infe	108	-7202041.724	-24235571.887	0.297	OK!!!
Brid. infe	109	-7034515.504	-24235571.887	0.29	OK!!!
Brid. infe	110	-6844147.462	-24235571.887	0.282	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	111	-6682904.531	-24235571.887	0.276	OK!!!
Brid. infe	112	-6524291.166	-24235571.887	0.269	OK!!!
Brid. infe	113	-6486013.467	-24235571.887	0.268	OK!!!
Brid. infe	114	-6419782.676	-24235571.887	0.265	OK!!!
Brid. infe	115	-6331122.153	-24235571.887	0.261	OK!!!
Brid. infe	116	-6214909.35	-24235571.887	0.256	OK!!!
Brid. infe	117	-6063515.152	-24235571.887	0.25	OK!!!
Brid. infe	118	-5888581.82	-24235571.887	0.243	OK!!!
Brid. infe	119	-5744700.398	-24235571.887	0.237	OK!!!
Brid. infe	120	-5572796.806	-24235571.887	0.23	OK!!!
Brid. supe	1	-1914183.149	-16534043.959	0.116	OK!!!
Brid. supe	2	-1402833.416	-16534043.959	0.085	OK!!!
Brid. supe	3	-1070992.512	-16534043.959	0.065	OK!!!
Brid. supe	4	-744800.393	-16534043.959	0.045	OK!!!
Brid. supe	5	-455622.81	-16534043.959	0.028	OK!!!
Brid. supe	6	-177610.988	-16534043.959	0.011	OK!!!
Brid. supe	7	68090.179	22824000.0	0.003	OK!!!
Brid. supe	8	216144.993	22824000.0	0.009	OK!!!
Brid. supe	9	-185107.388	-16534043.959	0.011	OK!!!
Brid. supe	10	-646516.682	-16534043.959	0.039	OK!!!
Brid. supe	11	-1206382.903	-16534043.959	0.073	OK!!!
Brid. supe	12	-1128777.006	-16534043.959	0.068	OK!!!
Brid. supe	13	-1544529.886	-16534043.959	0.093	OK!!!
Brid. supe	14	-1976869.271	-16534043.959	0.12	OK!!!
Brid. supe	15	-2588481.644	-16534043.959	0.157	OK!!!
Brid. supe	16	-3387747.68	-16534043.959	0.205	OK!!!
Brid. supe	17	-4269410.644	-16534043.959	0.258	OK!!!
Brid. supe	18	-410864.905	-16534043.959	0.025	OK!!!
Brid. supe	19	-145442.093	-16534043.959	0.009	OK!!!
Brid. supe	20	127189.348	22824000.0	0.006	OK!!!
Brid. supe	21	329606.964	22824000.0	0.014	OK!!!
Brid. supe	22	207933.72	22824000.0	0.009	OK!!!
Brid. supe	23	-363862.743	-16534043.959	0.022	OK!!!
Brid. supe	24	-446762.529	-16534043.959	0.027	OK!!!
Brid. supe	25	-736551.009	-16534043.959	0.045	OK!!!
Brid. supe	26	-1116218.601	-16534043.959	0.068	OK!!!
Brid. supe	27	-1678318.204	-16534043.959	0.102	OK!!!
Brid. supe	28	-2470155.705	-16534043.959	0.149	OK!!!
Brid. supe	29	-3269521.963	-16534043.959	0.198	OK!!!
Brid. supe	30	-2846255.375	-16534043.959	0.172	OK!!!
Brid. supe	31	-3011342.834	-16534043.959	0.182	OK!!!
Brid. supe	32	-3175570.634	-16534043.959	0.192	OK!!!
Brid. supe	33	-3304076.592	-16534043.959	0.2	OK!!!
Brid. supe	34	-3539115.9	-16534043.959	0.214	OK!!!
Brid. supe	35	845783.459	22824000.0	0.037	OK!!!
Brid. supe	36	-211376.006	-16534043.959	0.013	OK!!!
Brid. supe	37	-1109000.51	-16534043.959	0.067	OK!!!
Brid. supe	38	-1984010.229	-16534043.959	0.12	OK!!!
Brid. supe	39	-2911880.083	-16534043.959	0.176	OK!!!
Brid. supe	40	-3775240.174	-16534043.959	0.228	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	41	-3370410.167	-16534043.959	0.204	OK!!!
Brid. supe	42	-2605223.903	-16534043.959	0.158	OK!!!
Brid. supe	43	-2520209.232	-16534043.959	0.152	OK!!!
Brid. supe	44	-1123444.067	-16534043.959	0.068	OK!!!
Brid. supe	45	-1254813.951	-16534043.959	0.076	OK!!!
Brid. supe	46	-2128266.261	-16534043.959	0.129	OK!!!
Brid. supe	47	-2393361.038	-16534043.959	0.145	OK!!!
Brid. supe	48	-2060467.199	-16534043.959	0.125	OK!!!
Brid. supe	49	-2229902.289	-16534043.959	0.135	OK!!!
Brid. supe	50	-2067019.839	-16534043.959	0.125	OK!!!
Brid. supe	51	-2150253.05	-16534043.959	0.13	OK!!!
Brid. supe	52	-2453577.479	-16534043.959	0.148	OK!!!
Brid. supe	53	-2297260.963	-16534043.959	0.139	OK!!!
Brid. supe	54	-2160548.803	-16534043.959	0.131	OK!!!
Brid. supe	55	-1943972.51	-16534043.959	0.118	OK!!!
Brid. supe	56	-1295444.157	-16534043.959	0.078	OK!!!
Brid. supe	57	-1509548.229	-16534043.959	0.091	OK!!!
Brid. supe	58	-2818598.872	-16534043.959	0.17	OK!!!
Brid. supe	59	-2940301.35	-16534043.959	0.178	OK!!!
Brid. supe	60	-3111833.58	-16534043.959	0.188	OK!!!
Brid. supe	61	-3435813.937	-16534043.959	0.208	OK!!!
Brid. supe	62	-2665789.931	-16534043.959	0.161	OK!!!
Brid. supe	63	-1832018.547	-16534043.959	0.111	OK!!!
Brid. supe	64	-1127965.049	-16534043.959	0.068	OK!!!
Brid. supe	65	-675802.523	-16534043.959	0.041	OK!!!
Brid. supe	66	-95844.853	-16534043.959	0.006	OK!!!
Brid. supe	67	-3318578.673	-16534043.959	0.201	OK!!!
Brid. supe	68	-3094473.259	-16534043.959	0.187	OK!!!
Brid. supe	69	-2971681.352	-16534043.959	0.18	OK!!!
Brid. supe	70	-2816380.493	-16534043.959	0.17	OK!!!
Brid. supe	71	-2661253.187	-16534043.959	0.161	OK!!!
Brid. supe	72	-3032142.107	-16534043.959	0.183	OK!!!
Brid. supe	73	-2301620.298	-16534043.959	0.139	OK!!!
Brid. supe	74	-1577836.182	-16534043.959	0.095	OK!!!
Brid. supe	75	-1054186.988	-16534043.959	0.064	OK!!!
Brid. supe	76	-784171.266	-16534043.959	0.047	OK!!!
Brid. supe	77	-599473.903	-16534043.959	0.036	OK!!!
Brid. supe	78	-516862.426	-16534043.959	0.031	OK!!!
Brid. supe	79	-135133.407	-16534043.959	0.008	OK!!!
Brid. supe	80	299142.746	22824000.0	0.013	OK!!!
Brid. supe	81	710755.873	22824000.0	0.031	OK!!!
Brid. supe	82	853612.278	22824000.0	0.037	OK!!!
Brid. supe	83	784509.863	22824000.0	0.034	OK!!!
Brid. supe	84	-4091866.769	-16534043.959	0.247	OK!!!
Brid. supe	85	-3261669.504	-16534043.959	0.197	OK!!!
Brid. supe	86	-2508943.386	-16534043.959	0.152	OK!!!
Brid. supe	87	-1897001.647	-16534043.959	0.115	OK!!!
Brid. supe	88	-1468911.694	-16534043.959	0.089	OK!!!
Brid. supe	89	-1127020.202	-16534043.959	0.068	OK!!!
Brid. supe	90	-1134008.467	-16534043.959	0.069	OK!!!
Brid. supe	91	-684538.853	-16534043.959	0.041	OK!!!
Brid. supe	92	-354032.812	-16534043.959	0.021	OK!!!
Brid. supe	93	-40919.48	-16534043.959	0.002	OK!!!
Brid. supe	94	303481.114	22824000.0	0.013	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	95	250573.1	22824000.0	0.011	OK!!!
Brid. supe	96	-86176.165	-16534043.959	0.005	OK!!!
Brid. supe	97	-237181.51	-16534043.959	0.014	OK!!!
Brid. supe	98	-419576.935	-16534043.959	0.025	OK!!!
Brid. supe	99	-607606.706	-16534043.959	0.037	OK!!!
Brid. supe	100	-1002070.274	-16534043.959	0.061	OK!!!
Brid. supe	101	-656754.18	-16534043.959	0.04	OK!!!
Brid. supe	102	-540233.81	-16534043.959	0.033	OK!!!
Brid. supe	103	-1244466.618	-16534043.959	0.075	OK!!!
Brid. supe	104	-903566.249	-16534043.959	0.055	OK!!!
Brid. supe	105	-689356.277	-16534043.959	0.042	OK!!!
Brid. supe	106	-458221.123	-16534043.959	0.028	OK!!!
Brid. supe	107	-244858.661	-16534043.959	0.015	OK!!!
Correa int	1	-5281.93	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	2	-2354.924	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	3	2392.737	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	4	-30364.761	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	5	1563.996	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	6	-26843.704	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	7	1731.088	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	8	-27218.017	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	9	1700.761	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	10	-27192.423	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	11	1705.842	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	12	-27190.795	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	13	1705.06	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	14	-27191.711	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	15	1705.119	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	16	-27193.526	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	17	1705.365	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	18	-27177.36	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	19	1704.38	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	20	-27290.007	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	21	1706.049	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	22	-26565.348	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	23	1724.626	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	24	-30902.786	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	25	1434.386	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	26	-6918.868	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	27	4214.44	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	28	-126496.881	-23687591.248	0.005	OK!!!
Correa int	29	-301327.384	-23687591.248	0.013	OK!!!
Correa int	30	24675.094	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	31	-6850.899	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	32	-743.466	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	33	4217.86	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	34	-29517.867	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	35	3132.844	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	36	-25888.921	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	37	3352.595	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	38	-26274.153	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	39	3312.588	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	40	-26247.944	-23687591.248	0.001	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Correa int	41	3319.306	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	42	-26246.226	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	43	3318.277	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	44	-26247.195	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	45	3318.317	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	46	-26248.915	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	47	3318.825	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	48	-26233.395	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	49	3316.833	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	50	-26341.568	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	51	3320.215	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	52	-25645.693	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	53	3357.671	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	54	-29810.818	-23687591.248	0.001	OK!!!
Correa int	55	2771.799	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	56	-6779.889	-23687591.248	0.0	OK!!!
Correa int	57	8385.264	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	58	-121605.209	-23687591.248	0.005	OK!!!
Correa int	59	-289226.895	-23687591.248	0.012	OK!!!
Correa int	60	49963.365	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa ext	1	-179828.811	-1577309.88	0.114	OK!!!
Correa ext	2	16143.726	22824000.0	0.001	OK!!!

Análogamente para los desplazamientos verticales de cada nodo debe cumplir con los requerimientos de la norma, los desplazamientos verticales no deben ser menor a $0,05m$ según a E.020 $L/500$. La siguientes resultados de desplazamientos son obtenido por el programa

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.001	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.001	0.05	OK!!!
6	-0.0	0.05	OK!!!
7	-0.001	0.05	OK!!!
8	-0.001	0.05	OK!!!
9	-0.001	0.05	OK!!!
10	-0.001	0.05	OK!!!
11	-0.002	0.05	OK!!!
12	-0.001	0.05	OK!!!
13	-0.002	0.05	OK!!!
14	-0.002	0.05	OK!!!
15	-0.002	0.05	OK!!!
16	-0.002	0.05	OK!!!
17	-0.003	0.05	OK!!!
18	-0.003	0.05	OK!!!
19	-0.003	0.05	OK!!!
20	-0.003	0.05	OK!!!
21	-0.004	0.05	OK!!!
22	-0.003	0.05	OK!!!
23	-0.004	0.05	OK!!!
24	-0.004	0.05	OK!!!
25	-0.005	0.05	OK!!!
26	-0.004	0.05	OK!!!
27	-0.005	0.05	OK!!!
28	-0.005	0.05	OK!!!
29	-0.005	0.05	OK!!!
30	-0.005	0.05	OK!!!
31	-0.006	0.05	OK!!!
32	-0.006	0.05	OK!!!
33	-0.006	0.05	OK!!!
34	-0.006	0.05	OK!!!
35	-0.007	0.05	OK!!!
36	-0.006	0.05	OK!!!
37	-0.007	0.05	OK!!!
38	-0.007	0.05	OK!!!
39	-0.007	0.05	OK!!!
40	-0.007	0.05	OK!!!
41	-0.008	0.05	OK!!!
42	-0.008	0.05	OK!!!
43	-0.008	0.05	OK!!!
44	-0.008	0.05	OK!!!
45	-0.009	0.05	OK!!!
46	-0.009	0.05	OK!!!
47	-0.009	0.05	OK!!!
48	-0.009	0.05	OK!!!
49	-0.01	0.05	OK!!!
50	-0.01	0.05	OK!!!
51	-0.01	0.05	OK!!!
52	-0.01	0.05	OK!!!
53	-0.011	0.05	OK!!!
54	-0.01	0.05	OK!!!
55	-0.011	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.001	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.001	0.05	OK!!!
6	-0.0	0.05	OK!!!
7	-0.001	0.05	OK!!!
8	-0.001	0.05	OK!!!
9	-0.001	0.05	OK!!!
10	-0.001	0.05	OK!!!
11	-0.002	0.05	OK!!!
12	-0.001	0.05	OK!!!
13	-0.002	0.05	OK!!!
14	-0.002	0.05	OK!!!
15	-0.002	0.05	OK!!!
16	-0.002	0.05	OK!!!
17	-0.003	0.05	OK!!!
18	-0.003	0.05	OK!!!
19	-0.003	0.05	OK!!!
20	-0.003	0.05	OK!!!
21	-0.004	0.05	OK!!!
22	-0.003	0.05	OK!!!
23	-0.004	0.05	OK!!!
24	-0.004	0.05	OK!!!
25	-0.005	0.05	OK!!!
26	-0.004	0.05	OK!!!
27	-0.005	0.05	OK!!!
28	-0.005	0.05	OK!!!
29	-0.005	0.05	OK!!!
30	-0.005	0.05	OK!!!
31	-0.006	0.05	OK!!!
32	-0.006	0.05	OK!!!
33	-0.006	0.05	OK!!!
34	-0.006	0.05	OK!!!
35	-0.007	0.05	OK!!!
36	-0.006	0.05	OK!!!
37	-0.007	0.05	OK!!!
38	-0.007	0.05	OK!!!
39	-0.007	0.05	OK!!!
40	-0.007	0.05	OK!!!
41	-0.008	0.05	OK!!!
42	-0.008	0.05	OK!!!
43	-0.008	0.05	OK!!!
44	-0.008	0.05	OK!!!
45	-0.009	0.05	OK!!!
46	-0.009	0.05	OK!!!
47	-0.009	0.05	OK!!!
48	-0.009	0.05	OK!!!
49	-0.01	0.05	OK!!!
50	-0.01	0.05	OK!!!
51	-0.01	0.05	OK!!!
52	-0.01	0.05	OK!!!
53	-0.011	0.05	OK!!!
54	-0.01	0.05	OK!!!
55	-0.011	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
56	-0.011	0.05	OK!!!
57	-0.011	0.05	OK!!!
58	-0.011	0.05	OK!!!
59	-0.012	0.05	OK!!!
60	-0.011	0.05	OK!!!
61	-0.012	0.05	OK!!!
62	-0.012	0.05	OK!!!
63	-0.013	0.05	OK!!!
64	-0.012	0.05	OK!!!
65	-0.013	0.05	OK!!!
66	-0.013	0.05	OK!!!
67	-0.013	0.05	OK!!!
68	-0.013	0.05	OK!!!
69	-0.013	0.05	OK!!!
70	-0.014	0.05	OK!!!
71	-0.014	0.05	OK!!!
72	-0.014	0.05	OK!!!
73	-0.015	0.05	OK!!!
74	-0.015	0.05	OK!!!
75	-0.016	0.05	OK!!!
76	-0.016	0.05	OK!!!
77	-0.016	0.05	OK!!!
78	-0.017	0.05	OK!!!
79	-0.017	0.05	OK!!!
80	-0.018	0.05	OK!!!
81	-0.018	0.05	OK!!!
82	-0.019	0.05	OK!!!
83	-0.019	0.05	OK!!!
84	-0.019	0.05	OK!!!
85	-0.019	0.05	OK!!!
86	-0.019	0.05	OK!!!
87	-0.02	0.05	OK!!!
88	-0.02	0.05	OK!!!
89	-0.02	0.05	OK!!!
90	-0.02	0.05	OK!!!
91	-0.02	0.05	OK!!!
92	-0.02	0.05	OK!!!
93	-0.021	0.05	OK!!!
94	-0.021	0.05	OK!!!
95	-0.02	0.05	OK!!!
96	-0.02	0.05	OK!!!
97	-0.02	0.05	OK!!!
98	-0.02	0.05	OK!!!
99	-0.02	0.05	OK!!!
100	-0.019	0.05	OK!!!
101	-0.019	0.05	OK!!!
102	-0.018	0.05	OK!!!
103	-0.018	0.05	OK!!!
104	-0.018	0.05	OK!!!
105	-0.018	0.05	OK!!!
106	-0.018	0.05	OK!!!
107	-0.018	0.05	OK!!!
108	-0.018	0.05	OK!!!
109	-0.019	0.05	OK!!!
110	-0.019	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
111	-0.019	0.05	OK!!!
112	-0.019	0.05	OK!!!
113	-0.018	0.05	OK!!!
114	-0.018	0.05	OK!!!
115	-0.018	0.05	OK!!!
116	-0.018	0.05	OK!!!
117	-0.018	0.05	OK!!!
118	-0.018	0.05	OK!!!
119	-0.018	0.05	OK!!!
120	-0.018	0.05	OK!!!
121	-0.018	0.05	OK!!!
122	-0.017	0.05	OK!!!
123	-0.017	0.05	OK!!!
124	-0.017	0.05	OK!!!
125	-0.016	0.05	OK!!!
126	-0.016	0.05	OK!!!
127	-0.015	0.05	OK!!!
128	-0.014	0.05	OK!!!
129	-0.014	0.05	OK!!!
130	-0.014	0.05	OK!!!
131	-0.014	0.05	OK!!!
132	-0.013	0.05	OK!!!
133	-0.013	0.05	OK!!!
134	-0.013	0.05	OK!!!
135	-0.013	0.05	OK!!!
136	-0.013	0.05	OK!!!
137	-0.013	0.05	OK!!!
138	-0.012	0.05	OK!!!
139	-0.012	0.05	OK!!!
140	-0.012	0.05	OK!!!
141	-0.012	0.05	OK!!!
142	-0.012	0.05	OK!!!
143	-0.012	0.05	OK!!!
144	-0.011	0.05	OK!!!
145	-0.012	0.05	OK!!!
146	-0.011	0.05	OK!!!
147	-0.011	0.05	OK!!!
148	-0.011	0.05	OK!!!
149	-0.011	0.05	OK!!!
150	-0.011	0.05	OK!!!
151	-0.011	0.05	OK!!!
152	-0.01	0.05	OK!!!
153	-0.01	0.05	OK!!!
154	-0.01	0.05	OK!!!
155	-0.01	0.05	OK!!!
156	-0.01	0.05	OK!!!
157	-0.01	0.05	OK!!!
158	-0.009	0.05	OK!!!
159	-0.01	0.05	OK!!!
160	-0.009	0.05	OK!!!
161	-0.009	0.05	OK!!!
162	-0.009	0.05	OK!!!
163	-0.009	0.05	OK!!!
164	-0.008	0.05	OK!!!
165	-0.008	0.05	OK!!!
166	-0.008	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
167	-0.008	0.05	OK!!!
168	-0.007	0.05	OK!!!
169	-0.008	0.05	OK!!!
170	-0.007	0.05	OK!!!
171	-0.007	0.05	OK!!!
172	-0.007	0.05	OK!!!
173	-0.007	0.05	OK!!!
174	-0.006	0.05	OK!!!
175	-0.006	0.05	OK!!!
176	-0.006	0.05	OK!!!
177	-0.006	0.05	OK!!!
178	-0.005	0.05	OK!!!
179	-0.006	0.05	OK!!!
180	-0.005	0.05	OK!!!
181	-0.005	0.05	OK!!!
182	-0.004	0.05	OK!!!
183	-0.005	0.05	OK!!!
184	-0.004	0.05	OK!!!
185	-0.004	0.05	OK!!!
186	-0.003	0.05	OK!!!
187	-0.004	0.05	OK!!!
188	-0.003	0.05	OK!!!
189	-0.003	0.05	OK!!!
190	-0.002	0.05	OK!!!
191	-0.003	0.05	OK!!!
192	-0.002	0.05	OK!!!
193	-0.002	0.05	OK!!!
194	-0.001	0.05	OK!!!
195	-0.002	0.05	OK!!!
196	-0.001	0.05	OK!!!
197	-0.001	0.05	OK!!!
198	-0.001	0.05	OK!!!
199	-0.001	0.05	OK!!!
200	-0.0	0.05	OK!!!
201	-0.0	0.05	OK!!!
202	-0.001	0.05	OK!!!
203	0.0	0.05	OK!!!
204	-0.002	0.05	OK!!!
205	-0.002	0.05	OK!!!
206	-0.002	0.05	OK!!!
207	0.0	0.05	OK!!!
208	-0.001	0.05	OK!!!
209	-0.0	0.05	OK!!!
210	-0.0	0.05	OK!!!
211	-0.001	0.05	OK!!!
212	-0.0	0.05	OK!!!
213	-0.001	0.05	OK!!!
214	-0.001	0.05	OK!!!
215	-0.001	0.05	OK!!!
216	-0.001	0.05	OK!!!
217	-0.002	0.05	OK!!!
218	-0.001	0.05	OK!!!
219	-0.002	0.05	OK!!!
220	-0.002	0.05	OK!!!
221	-0.003	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
222	-0.002	0.05	OK!!!
223	-0.003	0.05	OK!!!
224	-0.003	0.05	OK!!!
225	-0.003	0.05	OK!!!
226	-0.003	0.05	OK!!!
227	-0.004	0.05	OK!!!
228	-0.003	0.05	OK!!!
229	-0.004	0.05	OK!!!
230	-0.004	0.05	OK!!!
231	-0.005	0.05	OK!!!
232	-0.004	0.05	OK!!!
233	-0.005	0.05	OK!!!
234	-0.005	0.05	OK!!!
235	-0.006	0.05	OK!!!
236	-0.005	0.05	OK!!!
237	-0.006	0.05	OK!!!
238	-0.006	0.05	OK!!!
239	-0.006	0.05	OK!!!
240	-0.006	0.05	OK!!!
241	-0.007	0.05	OK!!!
242	-0.007	0.05	OK!!!
243	-0.007	0.05	OK!!!
244	-0.007	0.05	OK!!!
245	-0.008	0.05	OK!!!
246	-0.007	0.05	OK!!!
247	-0.008	0.05	OK!!!
248	-0.008	0.05	OK!!!
249	-0.009	0.05	OK!!!
250	-0.008	0.05	OK!!!
251	-0.009	0.05	OK!!!
252	-0.009	0.05	OK!!!
253	-0.01	0.05	OK!!!
254	-0.009	0.05	OK!!!
255	-0.01	0.05	OK!!!
256	-0.01	0.05	OK!!!
257	-0.01	0.05	OK!!!
258	-0.01	0.05	OK!!!
259	-0.011	0.05	OK!!!
260	-0.011	0.05	OK!!!
261	-0.011	0.05	OK!!!
262	-0.011	0.05	OK!!!
263	-0.012	0.05	OK!!!
264	-0.011	0.05	OK!!!
265	-0.012	0.05	OK!!!
266	-0.012	0.05	OK!!!
267	-0.013	0.05	OK!!!
268	-0.012	0.05	OK!!!
269	-0.013	0.05	OK!!!
270	-0.013	0.05	OK!!!
271	-0.013	0.05	OK!!!
272	-0.013	0.05	OK!!!
273	-0.014	0.05	OK!!!
274	-0.014	0.05	OK!!!
275	-0.014	0.05	OK!!!
276	-0.014	0.05	OK!!!

6.2.3. Sección Cuadrada(Generación 30)

Las siguientes tablas muestran los esfuerzos de las cargas combinadas para todos los elementos de la estructura metálica para el resultado óptimo de la sección cuadrada, según a la tabla se puede comprobar que cumplen con las condiciones de diseño por resistencia por el método del LRFD para elementos a compresión y tracción o sometidos a las combinaciones de carga como son la flexión y cortante . así como las deflexiones verticales según a la E.090 Estructuras metálicas en los nodos.Todos estos esfuerzos de cada elemento fueron examinados.

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	1	-3213354.55	-5261244.65	0.611	OK!!!
Diagonales	2	-1544237.885	-5261244.65	0.294	OK!!!
Diagonales	3	-2573226.073	-5261244.65	0.489	OK!!!
Diagonales	4	-1575042.184	-5261244.65	0.299	OK!!!
Diagonales	5	-3549146.264	-5261244.65	0.675	OK!!!
Diagonales	6	-1158150.38	-5261244.65	0.22	OK!!!
Diagonales	7	-3478585.656	-5261244.65	0.661	OK!!!
Diagonales	8	-1184619.19	-5261244.65	0.225	OK!!!
Diagonales	9	-3620366.953	-5261244.65	0.688	OK!!!
Diagonales	10	-1037409.082	-5261244.65	0.197	OK!!!
Diagonales	11	-3607804.839	-5261244.65	0.686	OK!!!
Diagonales	12	-1138452.312	-5261244.65	0.216	OK!!!
Diagonales	13	-2121424.105	-5261244.65	0.403	OK!!!
Diagonales	14	-999449.24	-5261244.65	0.19	OK!!!
Diagonales	15	-2233794.214	-5261244.65	0.425	OK!!!
Diagonales	16	-894339.841	-5261244.65	0.17	OK!!!
Diagonales	17	-2237436.352	-5261244.65	0.425	OK!!!
Diagonales	18	-850686.479	-5261244.65	0.162	OK!!!
Diagonales	19	-2912268.758	-5261244.65	0.554	OK!!!
Diagonales	20	-511493.501	-5261244.65	0.097	OK!!!
Diagonales	21	-3034782.971	-5261244.65	0.577	OK!!!
Diagonales	22	-484615.649	-5261244.65	0.092	OK!!!
Diagonales	23	-3083664.124	-5261244.65	0.586	OK!!!
Diagonales	24	-567959.718	-5261244.65	0.108	OK!!!
Diagonales	25	-1377566.912	-5261244.65	0.262	OK!!!
Diagonales	26	-469792.201	-5261244.65	0.089	OK!!!
Diagonales	27	-1614657.913	-5261244.65	0.307	OK!!!
Diagonales	28	-328651.263	-5261244.65	0.062	OK!!!
Diagonales	29	-1895742.856	-5261244.65	0.36	OK!!!
Diagonales	30	-206852.518	-5261244.65	0.039	OK!!!
Diagonales	31	-2191205.873	-5261244.65	0.416	OK!!!
Diagonales	32	-79538.712	-5261244.65	0.015	OK!!!
Diagonales	33	-2414917.895	-5261244.65	0.459	OK!!!
Diagonales	34	65001.009	22824000.0	0.003	OK!!!
Diagonales	35	-2872681.62	-5261244.65	0.546	OK!!!
Diagonales	36	-985175.294	-5261244.65	0.187	OK!!!
Diagonales	37	-4164253.851	-5261244.65	0.791	OK!!!
Diagonales	38	-881057.063	-5261244.65	0.167	OK!!!
Diagonales	39	-4266971.694	-5261244.65	0.811	OK!!!
Diagonales	40	-731670.212	-5261244.65	0.139	OK!!!
Diagonales	41	-4234009.808	-5261244.65	0.805	OK!!!
Diagonales	42	-559116.549	-5261244.65	0.106	OK!!!
Diagonales	43	-4302367.986	-5261244.65	0.818	OK!!!
Diagonales	44	-436426.631	-5261244.65	0.083	OK!!!
Diagonales	45	-4231505.882	-5261244.65	0.804	OK!!!
Diagonales	46	-402383.965	-5261244.65	0.076	OK!!!
Diagonales	47	-4313216.189	-5261244.65	0.82	OK!!!
Diagonales	48	-169746.117	-5261244.65	0.032	OK!!!
Diagonales	49	-2128282.148	-5261244.65	0.405	OK!!!
Diagonales	50	-167971.585	-5261244.65	0.032	OK!!!
Diagonales	51	-2117157.45	-5261244.65	0.402	OK!!!
Diagonales	52	24531.821	22824000.0	0.001	OK!!!
Diagonales	53	-2221147.294	-5261244.65	0.422	OK!!!
Diagonales	54	109826.907	22824000.0	0.005	OK!!!
Diagonales	55	-2372632.346	-5261244.65	0.451	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	56	276883.248	22824000.0	0.012	OK!!!
Diagonales	57	-2476595.203	-5261244.65	0.471	OK!!!
Diagonales	58	433167.653	22824000.0	0.019	OK!!!
Diagonales	59	-2408458.493	-5261244.65	0.458	OK!!!
Diagonales	60	-232242.966	-5261244.65	0.044	OK!!!
Diagonales	61	-774033.655	-5261244.65	0.147	OK!!!
Diagonales	62	-201661.407	-5261244.65	0.038	OK!!!
Diagonales	63	-942456.429	-5261244.65	0.179	OK!!!
Diagonales	64	-249890.468	-5261244.65	0.047	OK!!!
Diagonales	65	-1077442.204	-5261244.65	0.205	OK!!!
Diagonales	66	-372675.231	-5261244.65	0.071	OK!!!
Diagonales	67	-1314827.569	-5261244.65	0.25	OK!!!
Diagonales	68	-293585.048	-5261244.65	0.056	OK!!!
Diagonales	69	-1526090.373	-5261244.65	0.29	OK!!!
Diagonales	70	203934.608	22824000.0	0.009	OK!!!
Diagonales	71	-4051585.837	-5261244.65	0.77	OK!!!
Diagonales	72	324567.326	22824000.0	0.014	OK!!!
Diagonales	73	-3868944.888	-5261244.65	0.735	OK!!!
Diagonales	74	527558.17	22824000.0	0.023	OK!!!
Diagonales	75	-3734527.11	-5261244.65	0.71	OK!!!
Diagonales	76	510515.222	22824000.0	0.022	OK!!!
Diagonales	77	-1495074.377	-5261244.65	0.284	OK!!!
Diagonales	78	438625.114	22824000.0	0.019	OK!!!
Diagonales	79	-1594537.301	-5261244.65	0.303	OK!!!
Diagonales	80	266508.322	22824000.0	0.012	OK!!!
Diagonales	81	-1714938.678	-5261244.65	0.326	OK!!!
Diagonales	82	-1571359.548	-5261244.65	0.299	OK!!!
Diagonales	83	-1175237.195	-5261244.65	0.223	OK!!!
Diagonales	84	-1836869.835	-5261244.65	0.349	OK!!!
Diagonales	85	-1476331.341	-5261244.65	0.281	OK!!!
Diagonales	86	-2069327.497	-5261244.65	0.393	OK!!!
Diagonales	87	-1595239.299	-5261244.65	0.303	OK!!!
Diagonales	88	741973.331	22824000.0	0.033	OK!!!
Diagonales	89	-2828770.956	-5261244.65	0.538	OK!!!
Diagonales	90	573831.624	22824000.0	0.025	OK!!!
Diagonales	91	-2720469.95	-5261244.65	0.517	OK!!!
Diagonales	92	382736.668	22824000.0	0.017	OK!!!
Diagonales	93	-2613449.763	-5261244.65	0.497	OK!!!
Diagonales	94	-1267636.314	-5261244.65	0.241	OK!!!
Diagonales	95	-1390587.207	-5261244.65	0.264	OK!!!
Diagonales	96	-1532409.086	-5261244.65	0.291	OK!!!
Diagonales	97	-1468547.044	-5261244.65	0.279	OK!!!
Diagonales	98	-1786164.078	-5261244.65	0.339	OK!!!
Diagonales	99	-1696611.917	-5261244.65	0.322	OK!!!
Diagonales	100	-4217288.666	-5261244.65	0.802	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	1	-7311528.782	-16417241.472	0.445	OK!!!
Brid. infe	2	-7269504.141	-16417241.472	0.443	OK!!!
Brid. infe	3	-7445197.219	-16417241.472	0.453	OK!!!
Brid. infe	4	-6532107.374	-16417241.472	0.398	OK!!!
Brid. infe	5	-6602538.673	-16417241.472	0.402	OK!!!
Brid. infe	6	-5830478.26	-16417241.472	0.355	OK!!!
Brid. infe	7	-5813838.427	-16417241.472	0.354	OK!!!
Brid. infe	8	-5876835.376	-16417241.472	0.358	OK!!!
Brid. infe	9	-5714192.888	-16417241.472	0.348	OK!!!
Brid. infe	10	-5958577.546	-16417241.472	0.363	OK!!!
Brid. infe	11	-5607351.452	-16417241.472	0.342	OK!!!
Brid. infe	12	-5416415.36	-16417241.472	0.33	OK!!!
Brid. infe	13	-5429200.508	-16417241.472	0.331	OK!!!
Brid. infe	14	-5508282.226	-16417241.472	0.336	OK!!!
Brid. infe	15	-5422178.468	-16417241.472	0.33	OK!!!
Brid. infe	16	-5323853.36	-16417241.472	0.324	OK!!!
Brid. infe	17	-5274510.246	-16417241.472	0.321	OK!!!
Brid. infe	18	-5112914.175	-16417241.472	0.311	OK!!!
Brid. infe	19	-5387963.445	-16417241.472	0.328	OK!!!
Brid. infe	20	-4905545.697	-16417241.472	0.299	OK!!!
Brid. infe	21	-4945622.193	-16417241.472	0.301	OK!!!
Brid. infe	22	-4587626.641	-16417241.472	0.279	OK!!!
Brid. infe	23	-4488908.117	-16417241.472	0.273	OK!!!
Brid. infe	24	-4253565.307	-16417241.472	0.259	OK!!!
Brid. infe	25	-4005010.209	-16417241.472	0.244	OK!!!
Brid. infe	26	-4094207.523	-16417241.472	0.249	OK!!!
Brid. infe	27	-3956827.94	-16417241.472	0.241	OK!!!
Brid. infe	28	-3884770.198	-16417241.472	0.237	OK!!!
Brid. infe	29	-3831627.507	-16417241.472	0.233	OK!!!
Brid. infe	30	-3690931.798	-16417241.472	0.225	OK!!!
Brid. infe	31	-3679363.352	-16417241.472	0.224	OK!!!
Brid. infe	32	-3646165.016	-16417241.472	0.222	OK!!!
Brid. infe	33	-3538869.547	-16417241.472	0.216	OK!!!
Brid. infe	34	-3577919.2	-16417241.472	0.218	OK!!!
Brid. infe	35	-3138384.852	-16417241.472	0.191	OK!!!
Brid. infe	36	-3253362.624	-16417241.472	0.198	OK!!!
Brid. infe	37	-2847667.322	-16417241.472	0.173	OK!!!
Brid. infe	38	-2565511.702	-16417241.472	0.156	OK!!!
Brid. infe	39	-2461084.414	-16417241.472	0.15	OK!!!
Brid. infe	40	-2329135.825	-16417241.472	0.142	OK!!!
Brid. infe	41	-2122261.73	-16417241.472	0.129	OK!!!
Brid. infe	42	-1925274.35	-16417241.472	0.117	OK!!!
Brid. infe	43	-1702359.533	-16417241.472	0.104	OK!!!
Brid. infe	44	-1466647.299	-16417241.472	0.089	OK!!!
Brid. infe	45	-1350889.474	-16417241.472	0.082	OK!!!
Brid. infe	46	-926402.406	-16417241.472	0.056	OK!!!
Brid. infe	47	-616205.681	-16417241.472	0.038	OK!!!
Brid. infe	48	-360215.559	-16417241.472	0.022	OK!!!
Brid. infe	49	-133015.97	-16417241.472	0.008	OK!!!
Brid. infe	50	237268.058	22824000.0	0.01	OK!!!
Brid. infe	51	479919.635	22824000.0	0.021	OK!!!
Brid. infe	52	790792.804	22824000.0	0.035	OK!!!
Brid. infe	53	447162.041	22824000.0	0.02	OK!!!
Brid. infe	54	161355.089	22824000.0	0.007	OK!!!
Brid. infe	55	-111614.701	-16417241.472	0.007	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	56	-482694.655	-16417241.472	0.029	OK!!!
Brid. infe	57	-899588.13	-16417241.472	0.055	OK!!!
Brid. infe	58	-1534086.146	-16417241.472	0.093	OK!!!
Brid. infe	59	-1626995.291	-16417241.472	0.099	OK!!!
Brid. infe	60	-1718359.768	-16417241.472	0.105	OK!!!
Brid. infe	61	-1817702.736	-16417241.472	0.111	OK!!!
Brid. infe	62	-2055177.78	-16417241.472	0.125	OK!!!
Brid. infe	63	-2321813.531	-16417241.472	0.141	OK!!!
Brid. infe	64	-2463370.867	-16417241.472	0.15	OK!!!
Brid. infe	65	-2860656.452	-16417241.472	0.174	OK!!!
Brid. infe	66	-3349362.088	-16417241.472	0.204	OK!!!
Brid. infe	67	-3962549.185	-16417241.472	0.241	OK!!!
Brid. infe	68	-3953895.881	-16417241.472	0.241	OK!!!
Brid. infe	69	-4182947.837	-16417241.472	0.255	OK!!!
Brid. infe	70	-4079557.716	-16417241.472	0.248	OK!!!
Brid. infe	71	-4225869.509	-16417241.472	0.257	OK!!!
Brid. infe	72	-4164154.89	-16417241.472	0.254	OK!!!
Brid. infe	73	-4228626.941	-16417241.472	0.258	OK!!!
Brid. infe	74	-4474084.932	-16417241.472	0.273	OK!!!
Brid. infe	75	-4541081.387	-16417241.472	0.277	OK!!!
Brid. infe	76	-4613108.411	-16417241.472	0.281	OK!!!
Brid. infe	77	-4712984.052	-16417241.472	0.287	OK!!!
Brid. infe	78	-4551230.445	-16417241.472	0.277	OK!!!
Brid. infe	79	-4860662.995	-16417241.472	0.296	OK!!!
Brid. infe	80	-5037535.643	-16417241.472	0.307	OK!!!
Brid. infe	81	-5262402.759	-16417241.472	0.321	OK!!!
Brid. infe	82	-5574399.222	-16417241.472	0.34	OK!!!
Brid. infe	83	-5657456.102	-16417241.472	0.345	OK!!!
Brid. infe	84	-6037814.02	-16417241.472	0.368	OK!!!
Brid. infe	85	-5940065.593	-16417241.472	0.362	OK!!!
Brid. infe	86	-6144984.728	-16417241.472	0.374	OK!!!
Brid. infe	87	-6182552.102	-16417241.472	0.377	OK!!!
Brid. infe	88	-6303605.986	-16417241.472	0.384	OK!!!
Brid. infe	89	-6388707.23	-16417241.472	0.389	OK!!!
Brid. infe	90	-6250603.731	-16417241.472	0.381	OK!!!
Brid. infe	91	-6299404.368	-16417241.472	0.384	OK!!!
Brid. infe	92	-6674270.703	-16417241.472	0.407	OK!!!
Brid. infe	93	-6663726.972	-16417241.472	0.406	OK!!!
Brid. infe	94	-6775394.477	-16417241.472	0.413	OK!!!
Brid. infe	95	-6828803.521	-16417241.472	0.416	OK!!!
Brid. infe	96	-6742669.055	-16417241.472	0.411	OK!!!
Brid. infe	97	-6705942.425	-16417241.472	0.408	OK!!!
Brid. infe	98	-7221671.479	-16417241.472	0.44	OK!!!
Brid. infe	99	-7012408.075	-16417241.472	0.427	OK!!!
Brid. infe	100	-7669503.314	-16417241.472	0.467	OK!!!
Brid. infe	101	-7463345.304	-16417241.472	0.455	OK!!!
Brid. infe	102	-6571283.47	-16417241.472	0.4	OK!!!
Brid. infe	103	-6450763.78	-16417241.472	0.393	OK!!!
Brid. infe	104	-6894121.161	-16417241.472	0.42	OK!!!
Brid. infe	105	-6184898.99	-16417241.472	0.377	OK!!!
Brid. infe	106	-6356236.16	-16417241.472	0.387	OK!!!
Brid. infe	107	-5675920.22	-16417241.472	0.346	OK!!!
Brid. infe	108	-5819789.479	-16417241.472	0.354	OK!!!
Brid. infe	109	-5832461.53	-16417241.472	0.355	OK!!!
Brid. infe	110	-5921303.092	-16417241.472	0.361	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	111	-5622804.065	-16417241.472	0.342	OK!!!
Brid. infe	112	-5347238.909	-16417241.472	0.326	OK!!!
Brid. infe	113	-5436044.15	-16417241.472	0.331	OK!!!
Brid. infe	114	-5554206.455	-16417241.472	0.338	OK!!!
Brid. infe	115	-5482306.525	-16417241.472	0.334	OK!!!
Brid. infe	116	-5377856.494	-16417241.472	0.328	OK!!!
Brid. infe	117	-5382296.753	-16417241.472	0.328	OK!!!
Brid. infe	118	-5031149.815	-16417241.472	0.306	OK!!!
Brid. infe	119	-5127277.517	-16417241.472	0.312	OK!!!
Brid. infe	120	-5016696.863	-16417241.472	0.306	OK!!!
Brid. supe	1	-1579127.256	-7451483.285	0.212	OK!!!
Brid. supe	2	-1318815.009	-7451483.285	0.177	OK!!!
Brid. supe	3	-1153073.711	-7451483.285	0.155	OK!!!
Brid. supe	4	-664671.749	-7451483.285	0.089	OK!!!
Brid. supe	5	-640411.681	-7451483.285	0.086	OK!!!
Brid. supe	6	131143.766	22824000.0	0.006	OK!!!
Brid. supe	7	565884.5	22824000.0	0.025	OK!!!
Brid. supe	8	472354.095	22824000.0	0.021	OK!!!
Brid. supe	9	-363973.19	-7451483.285	0.049	OK!!!
Brid. supe	10	-979696.762	-7451483.285	0.131	OK!!!
Brid. supe	11	-1559030.749	-7451483.285	0.209	OK!!!
Brid. supe	12	-1263858.263	-7451483.285	0.17	OK!!!
Brid. supe	13	-1771732.828	-7451483.285	0.238	OK!!!
Brid. supe	14	-2150538.791	-7451483.285	0.289	OK!!!
Brid. supe	15	-2597146.87	-7451483.285	0.349	OK!!!
Brid. supe	16	-3119488.254	-7451483.285	0.419	OK!!!
Brid. supe	17	-3711170.643	-7451483.285	0.498	OK!!!
Brid. supe	18	427763.354	22824000.0	0.019	OK!!!
Brid. supe	19	968762.547	22824000.0	0.042	OK!!!
Brid. supe	20	1063421.792	22824000.0	0.047	OK!!!
Brid. supe	21	1167536.781	22824000.0	0.051	OK!!!
Brid. supe	22	713549.258	22824000.0	0.031	OK!!!
Brid. supe	23	-864833.2	-7451483.285	0.116	OK!!!
Brid. supe	24	-532350.556	-7451483.285	0.071	OK!!!
Brid. supe	25	-1024660.92	-7451483.285	0.138	OK!!!
Brid. supe	26	-1367501.314	-7451483.285	0.184	OK!!!
Brid. supe	27	-1868844.233	-7451483.285	0.251	OK!!!
Brid. supe	28	-2305107.36	-7451483.285	0.309	OK!!!
Brid. supe	29	-2946348.275	-7451483.285	0.395	OK!!!
Brid. supe	30	-2491432.895	-7451483.285	0.334	OK!!!
Brid. supe	31	-2643500.502	-7451483.285	0.355	OK!!!
Brid. supe	32	-2757930.135	-7451483.285	0.37	OK!!!
Brid. supe	33	-2885964.844	-7451483.285	0.387	OK!!!
Brid. supe	34	-2944927.746	-7451483.285	0.395	OK!!!
Brid. supe	35	1216665.757	22824000.0	0.053	OK!!!
Brid. supe	36	-350530.956	-7451483.285	0.047	OK!!!
Brid. supe	37	-1430560.873	-7451483.285	0.192	OK!!!
Brid. supe	38	-1987090.78	-7451483.285	0.267	OK!!!
Brid. supe	39	-2446930.797	-7451483.285	0.328	OK!!!
Brid. supe	40	-3093350.256	-7451483.285	0.415	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	41	-2753302.818	-7451483.285	0.369	OK!!!
Brid. supe	42	-2240509.992	-7451483.285	0.301	OK!!!
Brid. supe	43	-2502765.631	-7451483.285	0.336	OK!!!
Brid. supe	44	-1275028.494	-7451483.285	0.171	OK!!!
Brid. supe	45	-1543806.724	-7451483.285	0.207	OK!!!
Brid. supe	46	-1951200.521	-7451483.285	0.262	OK!!!
Brid. supe	47	-1907546.413	-7451483.285	0.256	OK!!!
Brid. supe	48	-1643823.058	-7451483.285	0.221	OK!!!
Brid. supe	49	-2033329.349	-7451483.285	0.273	OK!!!
Brid. supe	50	-2575759.375	-7451483.285	0.346	OK!!!
Brid. supe	51	-3117287.597	-7451483.285	0.418	OK!!!
Brid. supe	52	-2314897.469	-7451483.285	0.311	OK!!!
Brid. supe	53	-1902478.528	-7451483.285	0.255	OK!!!
Brid. supe	54	-1644310.868	-7451483.285	0.221	OK!!!
Brid. supe	55	-1681525.703	-7451483.285	0.226	OK!!!
Brid. supe	56	-1455221.69	-7451483.285	0.195	OK!!!
Brid. supe	57	-1654496.001	-7451483.285	0.222	OK!!!
Brid. supe	58	-3360185.734	-7451483.285	0.451	OK!!!
Brid. supe	59	-2589217.337	-7451483.285	0.347	OK!!!
Brid. supe	60	-2558067.882	-7451483.285	0.343	OK!!!
Brid. supe	61	-2685119.02	-7451483.285	0.36	OK!!!
Brid. supe	62	-2128334.399	-7451483.285	0.286	OK!!!
Brid. supe	63	-1743984.633	-7451483.285	0.234	OK!!!
Brid. supe	64	-1274420.388	-7451483.285	0.171	OK!!!
Brid. supe	65	-685904.366	-7451483.285	0.092	OK!!!
Brid. supe	66	295996.909	22824000.0	0.013	OK!!!
Brid. supe	67	-3162019.497	-7451483.285	0.424	OK!!!
Brid. supe	68	-2595815.544	-7451483.285	0.348	OK!!!
Brid. supe	69	-2562810.011	-7451483.285	0.344	OK!!!
Brid. supe	70	-2405923.191	-7451483.285	0.323	OK!!!
Brid. supe	71	-2427433.589	-7451483.285	0.326	OK!!!
Brid. supe	72	-2544049.111	-7451483.285	0.341	OK!!!
Brid. supe	73	-1943734.114	-7451483.285	0.261	OK!!!
Brid. supe	74	-1553832.367	-7451483.285	0.209	OK!!!
Brid. supe	75	-1214142.27	-7451483.285	0.163	OK!!!
Brid. supe	76	-960360.849	-7451483.285	0.129	OK!!!
Brid. supe	77	-740901.763	-7451483.285	0.099	OK!!!
Brid. supe	78	-563993.722	-7451483.285	0.076	OK!!!
Brid. supe	79	-136234.969	-7451483.285	0.018	OK!!!
Brid. supe	80	574399.55	22824000.0	0.025	OK!!!
Brid. supe	81	1116440.892	22824000.0	0.049	OK!!!
Brid. supe	82	1623163.622	22824000.0	0.071	OK!!!
Brid. supe	83	1749999.666	22824000.0	0.077	OK!!!
Brid. supe	84	-3958258.115	-7451483.285	0.531	OK!!!
Brid. supe	85	-2969483.602	-7451483.285	0.399	OK!!!
Brid. supe	86	-2604289.34	-7451483.285	0.349	OK!!!
Brid. supe	87	-2197331.733	-7451483.285	0.295	OK!!!
Brid. supe	88	-1839694.491	-7451483.285	0.247	OK!!!
Brid. supe	89	-1598171.06	-7451483.285	0.214	OK!!!
Brid. supe	90	-1320127.325	-7451483.285	0.177	OK!!!
Brid. supe	91	-935524.707	-7451483.285	0.126	OK!!!
Brid. supe	92	-486241.09	-7451483.285	0.065	OK!!!
Brid. supe	93	158447.529	22824000.0	0.007	OK!!!
Brid. supe	94	610617.183	22824000.0	0.027	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	95	805524.744	22824000.0	0.035	OK!!!
Brid. supe	96	161101.505	22824000.0	0.007	OK!!!
Brid. supe	97	250870.96	22824000.0	0.011	OK!!!
Brid. supe	98	-181526.966	-7451483.285	0.024	OK!!!
Brid. supe	99	-548543.496	-7451483.285	0.074	OK!!!
Brid. supe	100	-1048953.889	-7451483.285	0.141	OK!!!
Brid. supe	101	-1091283.696	-7451483.285	0.146	OK!!!
Brid. supe	102	-1913817.675	-7451483.285	0.257	OK!!!
Brid. supe	103	-856980.095	-7451483.285	0.115	OK!!!
Brid. supe	104	-1086877.491	-7451483.285	0.146	OK!!!
Brid. supe	105	-742696.967	-7451483.285	0.1	OK!!!
Brid. supe	106	473776.594	22824000.0	0.021	OK!!!
Brid. supe	107	800676.19	22824000.0	0.035	OK!!!
Correa int	1	1807555.861	22824000.0	0.079	OK!!!
Correa int	2	-2009828.094	-16719935.533	0.12	OK!!!
Correa int	3	-1501723.816	-16719935.533	0.09	OK!!!
Correa int	4	88471.03	22824000.0	0.004	OK!!!
Correa int	5	46204.85	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	6	-90067.501	-16719935.533	0.005	OK!!!
Correa int	7	-29539.856	-16719935.533	0.002	OK!!!
Correa int	8	4256.843	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	9	1827.553	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	10	-89.948	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	11	-940.084	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	12	-793.923	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	13	-970.547	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	14	-649.299	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	15	-965.984	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	16	-674.423	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	17	-977.516	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	18	-673.54	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	19	-892.065	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	20	-716.896	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	21	-1429.554	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	22	821.565	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	23	8676.998	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	24	-4332.948	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	25	-19389.482	-16719935.533	0.001	OK!!!
Correa int	26	54683.335	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	27	404656.771	22824000.0	0.018	OK!!!
Correa int	28	-167142.462	-16719935.533	0.01	OK!!!
Correa int	29	-610018.668	-16719935.533	0.036	OK!!!
Correa int	30	3777064.106	22824000.0	0.165	OK!!!
Correa int	31	2516114.862	22824000.0	0.11	OK!!!
Correa int	32	-1914751.55	-16719935.533	0.115	OK!!!
Correa int	33	-1430627.111	-16719935.533	0.086	OK!!!
Correa int	34	123312.238	22824000.0	0.005	OK!!!
Correa int	35	64278.877	22824000.0	0.003	OK!!!
Correa int	36	-85881.776	-16719935.533	0.005	OK!!!
Correa int	37	-28120.773	-16719935.533	0.002	OK!!!
Correa int	38	6076.619	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	39	2507.47	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	40	-123.784	-16719935.533	0.0	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Correa int	41	-1198.161	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	42	-1279.58	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	43	1244.655	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	44	-1079.269	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	45	-1240.182	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	46	-1112.394	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	47	-1256.431	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	48	-1121.718	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	49	-1137.146	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	50	-1131.311	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	51	-1897.924	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	52	1302.038	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	53	8289.601	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	54	-4950.482	-16719935.533	0.0	OK!!!
Correa int	55	-25320.745	-16719935.533	0.002	OK!!!
Correa int	56	53379.039	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	57	387617.038	22824000.0	0.017	OK!!!
Correa int	58	-202544.746	-16719935.533	0.012	OK!!!
Correa int	59	-765171.089	-16719935.533	0.046	OK!!!
Correa int	60	3619588.02	22824000.0	0.159	OK!!!
Correa ext	1	-2264563.029	-160289.685	14.128	NOO
Correa ext	2	1145579.864	22824000.0	0.05	NOO

Análogamente para los desplazamientos verticales de cada nodo debe cumplir con los requerimientos de la norma, los desplazamientos verticales no deben ser menor a $0,05m$ según a E.020 $L/500$. La siguientes resultados de desplazamientos son obtenido por el programa

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.001	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.001	0.05	OK!!!
6	-0.0	0.05	OK!!!
7	-0.001	0.05	OK!!!
8	-0.001	0.05	OK!!!
9	-0.001	0.05	OK!!!
10	-0.001	0.05	OK!!!
11	-0.002	0.05	OK!!!
12	-0.002	0.05	OK!!!
13	-0.002	0.05	OK!!!
14	-0.002	0.05	OK!!!
15	-0.003	0.05	OK!!!
16	-0.002	0.05	OK!!!
17	-0.003	0.05	OK!!!
18	-0.003	0.05	OK!!!
19	-0.004	0.05	OK!!!
20	-0.003	0.05	OK!!!
21	-0.004	0.05	OK!!!
22	-0.004	0.05	OK!!!
23	-0.005	0.05	OK!!!
24	-0.004	0.05	OK!!!
25	-0.005	0.05	OK!!!
26	-0.005	0.05	OK!!!
27	-0.006	0.05	OK!!!
28	-0.005	0.05	OK!!!
29	-0.006	0.05	OK!!!
30	-0.006	0.05	OK!!!
31	-0.007	0.05	OK!!!
32	-0.006	0.05	OK!!!
33	-0.007	0.05	OK!!!
34	-0.007	0.05	OK!!!
35	-0.008	0.05	OK!!!
36	-0.007	0.05	OK!!!
37	-0.008	0.05	OK!!!
38	-0.008	0.05	OK!!!
39	-0.009	0.05	OK!!!
40	-0.008	0.05	OK!!!
41	-0.009	0.05	OK!!!
42	-0.009	0.05	OK!!!
43	-0.01	0.05	OK!!!
44	-0.01	0.05	OK!!!
45	-0.01	0.05	OK!!!
46	-0.01	0.05	OK!!!
47	-0.011	0.05	OK!!!
48	-0.011	0.05	OK!!!
49	-0.012	0.05	OK!!!
50	-0.011	0.05	OK!!!
51	-0.012	0.05	OK!!!
52	-0.012	0.05	OK!!!
53	-0.013	0.05	OK!!!
54	-0.012	0.05	OK!!!
55	-0.013	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
56	-0.013	0.05	OK!!!
57	-0.013	0.05	OK!!!
58	-0.013	0.05	OK!!!
59	-0.014	0.05	OK!!!
60	-0.014	0.05	OK!!!
61	-0.014	0.05	OK!!!
62	-0.014	0.05	OK!!!
63	-0.015	0.05	OK!!!
64	-0.015	0.05	OK!!!
65	-0.015	0.05	OK!!!
66	-0.015	0.05	OK!!!
67	-0.016	0.05	OK!!!
68	-0.015	0.05	OK!!!
69	-0.016	0.05	OK!!!
70	-0.016	0.05	OK!!!
71	-0.017	0.05	OK!!!
72	-0.017	0.05	OK!!!
73	-0.018	0.05	OK!!!
74	-0.018	0.05	OK!!!
75	-0.018	0.05	OK!!!
76	-0.019	0.05	OK!!!
77	-0.019	0.05	OK!!!
78	-0.019	0.05	OK!!!
79	-0.019	0.05	OK!!!
80	-0.019	0.05	OK!!!
81	-0.019	0.05	OK!!!
82	-0.019	0.05	OK!!!
83	-0.019	0.05	OK!!!
84	-0.019	0.05	OK!!!
85	-0.019	0.05	OK!!!
86	-0.019	0.05	OK!!!
87	-0.018	0.05	OK!!!
88	-0.018	0.05	OK!!!
89	-0.018	0.05	OK!!!
90	-0.018	0.05	OK!!!
91	-0.018	0.05	OK!!!
92	-0.018	0.05	OK!!!
93	-0.018	0.05	OK!!!
94	-0.018	0.05	OK!!!
95	-0.018	0.05	OK!!!
96	-0.018	0.05	OK!!!
97	-0.017	0.05	OK!!!
98	-0.017	0.05	OK!!!
99	-0.017	0.05	OK!!!
100	-0.017	0.05	OK!!!
101	-0.016	0.05	OK!!!
102	-0.016	0.05	OK!!!
103	-0.015	0.05	OK!!!
104	-0.015	0.05	OK!!!
105	-0.015	0.05	OK!!!
106	-0.015	0.05	OK!!!
107	-0.015	0.05	OK!!!
108	-0.016	0.05	OK!!!
109	-0.016	0.05	OK!!!
110	-0.016	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
111	-0.016	0.05	OK!!!
112	-0.016	0.05	OK!!!
113	-0.016	0.05	OK!!!
114	-0.016	0.05	OK!!!
115	-0.016	0.05	OK!!!
116	-0.016	0.05	OK!!!
117	-0.016	0.05	OK!!!
118	-0.016	0.05	OK!!!
119	-0.016	0.05	OK!!!
120	-0.017	0.05	OK!!!
121	-0.017	0.05	OK!!!
122	-0.017	0.05	OK!!!
123	-0.017	0.05	OK!!!
124	-0.017	0.05	OK!!!
125	-0.017	0.05	OK!!!
126	-0.017	0.05	OK!!!
127	-0.017	0.05	OK!!!
128	-0.017	0.05	OK!!!
129	-0.017	0.05	OK!!!
130	-0.017	0.05	OK!!!
131	-0.016	0.05	OK!!!
132	-0.016	0.05	OK!!!
133	-0.016	0.05	OK!!!
134	-0.016	0.05	OK!!!
135	-0.015	0.05	OK!!!
136	-0.015	0.05	OK!!!
137	-0.015	0.05	OK!!!
138	-0.015	0.05	OK!!!
139	-0.015	0.05	OK!!!
140	-0.015	0.05	OK!!!
141	-0.015	0.05	OK!!!
142	-0.014	0.05	OK!!!
143	-0.014	0.05	OK!!!
144	-0.014	0.05	OK!!!
145	-0.014	0.05	OK!!!
146	-0.013	0.05	OK!!!
147	-0.014	0.05	OK!!!
148	-0.013	0.05	OK!!!
149	-0.013	0.05	OK!!!
150	-0.013	0.05	OK!!!
151	-0.013	0.05	OK!!!
152	-0.012	0.05	OK!!!
153	-0.013	0.05	OK!!!
154	-0.012	0.05	OK!!!
155	-0.012	0.05	OK!!!
156	-0.012	0.05	OK!!!
157	-0.012	0.05	OK!!!
158	-0.011	0.05	OK!!!
159	-0.011	0.05	OK!!!
160	-0.011	0.05	OK!!!
161	-0.011	0.05	OK!!!
162	-0.01	0.05	OK!!!
163	-0.01	0.05	OK!!!
164	-0.009	0.05	OK!!!
165	-0.01	0.05	OK!!!
166	-0.009	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
167	-0.009	0.05	OK!!!
168	-0.008	0.05	OK!!!
169	-0.009	0.05	OK!!!
170	-0.008	0.05	OK!!!
171	-0.008	0.05	OK!!!
172	-0.008	0.05	OK!!!
173	-0.008	0.05	OK!!!
174	-0.007	0.05	OK!!!
175	-0.007	0.05	OK!!!
176	-0.006	0.05	OK!!!
177	-0.007	0.05	OK!!!
178	-0.006	0.05	OK!!!
179	-0.006	0.05	OK!!!
180	-0.005	0.05	OK!!!
181	-0.006	0.05	OK!!!
182	-0.005	0.05	OK!!!
183	-0.005	0.05	OK!!!
184	-0.004	0.05	OK!!!
185	-0.005	0.05	OK!!!
186	-0.004	0.05	OK!!!
187	-0.004	0.05	OK!!!
188	-0.003	0.05	OK!!!
189	-0.004	0.05	OK!!!
190	-0.003	0.05	OK!!!
191	-0.003	0.05	OK!!!
192	-0.002	0.05	OK!!!
193	-0.003	0.05	OK!!!
194	-0.002	0.05	OK!!!
195	-0.002	0.05	OK!!!
196	-0.001	0.05	OK!!!
197	-0.001	0.05	OK!!!
198	-0.001	0.05	OK!!!
199	-0.001	0.05	OK!!!
200	-0.0	0.05	OK!!!
201	-0.0	0.05	OK!!!
202	-0.001	0.05	OK!!!
203	0.0	0.05	OK!!!
204	-0.002	0.05	OK!!!
205	-0.001	0.05	OK!!!
206	-0.001	0.05	OK!!!
207	0.0	0.05	OK!!!
208	-0.001	0.05	OK!!!
209	-0.0	0.05	OK!!!
210	-0.0	0.05	OK!!!
211	-0.001	0.05	OK!!!
212	-0.001	0.05	OK!!!
213	-0.001	0.05	OK!!!
214	-0.001	0.05	OK!!!
215	-0.002	0.05	OK!!!
216	-0.001	0.05	OK!!!
217	-0.002	0.05	OK!!!
218	-0.002	0.05	OK!!!
219	-0.003	0.05	OK!!!
220	-0.002	0.05	OK!!!
221	-0.003	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
222	-0.003	0.05	OK!!!
223	-0.004	0.05	OK!!!
224	-0.003	0.05	OK!!!
225	-0.004	0.05	OK!!!
226	-0.004	0.05	OK!!!
227	-0.005	0.05	OK!!!
228	-0.004	0.05	OK!!!
229	-0.005	0.05	OK!!!
230	-0.005	0.05	OK!!!
231	-0.006	0.05	OK!!!
232	-0.005	0.05	OK!!!
233	-0.006	0.05	OK!!!
234	-0.006	0.05	OK!!!
235	-0.007	0.05	OK!!!
236	-0.006	0.05	OK!!!
237	-0.007	0.05	OK!!!
238	-0.007	0.05	OK!!!
239	-0.008	0.05	OK!!!
240	-0.007	0.05	OK!!!
241	-0.008	0.05	OK!!!
242	-0.008	0.05	OK!!!
243	-0.009	0.05	OK!!!
244	-0.009	0.05	OK!!!
245	-0.01	0.05	OK!!!
246	-0.009	0.05	OK!!!
247	-0.01	0.05	OK!!!
248	-0.01	0.05	OK!!!
249	-0.011	0.05	OK!!!
250	-0.01	0.05	OK!!!
251	-0.011	0.05	OK!!!
252	-0.011	0.05	OK!!!
253	-0.012	0.05	OK!!!
254	-0.012	0.05	OK!!!
255	-0.012	0.05	OK!!!
256	-0.012	0.05	OK!!!
257	-0.013	0.05	OK!!!
258	-0.013	0.05	OK!!!
259	-0.014	0.05	OK!!!
260	-0.013	0.05	OK!!!
261	-0.014	0.05	OK!!!
262	-0.014	0.05	OK!!!
263	-0.015	0.05	OK!!!
264	-0.014	0.05	OK!!!
265	-0.015	0.05	OK!!!
266	-0.015	0.05	OK!!!
267	-0.016	0.05	OK!!!
268	-0.016	0.05	OK!!!
269	-0.016	0.05	OK!!!
270	-0.016	0.05	OK!!!
271	-0.017	0.05	OK!!!
272	-0.017	0.05	OK!!!
273	-0.017	0.05	OK!!!
274	-0.017	0.05	OK!!!
275	-0.018	0.05	OK!!!
276	-0.018	0.05	OK!!!

6.2.4. Sección Ángulo(Generación 40)

Las siguientes tablas muestran los esfuerzos de las cargas combinadas para todos los elementos de la estructura metálica para el resultado óptimo de la sección ángulo, según a la tabla se puede comprobar que cumplen con las condiciones de diseño por resistencia por el método del LRFD para elementos a compresión y tracción o sometidos a las combinaciones de carga como son la flexión y cortante . así como las deflexiones verticales según a la E.090 Estructuras metálicas en los nodos.Todos estos esfuerzos de cada elemento fueron examinados.

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	1	-3493171.972	-18695824.42	0.187	OK!!!
Diagonales	2	-1464467.389	-18695824.42	0.078	OK!!!
Diagonales	3	-3485463.235	-18695824.42	0.186	OK!!!
Diagonales	4	-1534578.609	-18695824.42	0.082	OK!!!
Diagonales	5	-4545823.425	-18695824.42	0.243	OK!!!
Diagonales	6	-1130772.631	-18695824.42	0.06	OK!!!
Diagonales	7	-4524601.471	-18695824.42	0.242	OK!!!
Diagonales	8	-1140434.617	-18695824.42	0.061	OK!!!
Diagonales	9	-4605122.64	-18695824.42	0.246	OK!!!
Diagonales	10	-1010056.838	-18695824.42	0.054	OK!!!
Diagonales	11	-4526825.602	-18695824.42	0.242	OK!!!
Diagonales	12	-1055487.291	-18695824.42	0.056	OK!!!
Diagonales	13	-2701378.147	-18695824.42	0.144	OK!!!
Diagonales	14	-973887.069	-18695824.42	0.052	OK!!!
Diagonales	15	-2722994.675	-18695824.42	0.146	OK!!!
Diagonales	16	-886477.822	-18695824.42	0.047	OK!!!
Diagonales	17	-2697679.341	-18695824.42	0.144	OK!!!
Diagonales	18	-836148.612	-18695824.42	0.045	OK!!!
Diagonales	19	-3351680.456	-18695824.42	0.179	OK!!!
Diagonales	20	-542546.094	-18695824.42	0.029	OK!!!
Diagonales	21	-3516773.244	-18695824.42	0.188	OK!!!
Diagonales	22	-520449.64	-18695824.42	0.028	OK!!!
Diagonales	23	-3636090.636	-18695824.42	0.194	OK!!!
Diagonales	24	-525103.053	-18695824.42	0.028	OK!!!
Diagonales	25	-1639909.78	-18695824.42	0.088	OK!!!
Diagonales	26	-495320.123	-18695824.42	0.026	OK!!!
Diagonales	27	-1844752.919	-18695824.42	0.099	OK!!!
Diagonales	28	-367156.968	-18695824.42	0.02	OK!!!
Diagonales	29	-2159833.528	-18695824.42	0.116	OK!!!
Diagonales	30	-241994.05	-18695824.42	0.013	OK!!!
Diagonales	31	-2545715.012	-18695824.42	0.136	OK!!!
Diagonales	32	-115938.638	-18695824.42	0.006	OK!!!
Diagonales	33	-3080141.23	-18695824.42	0.165	OK!!!
Diagonales	34	61575.78	22824000.0	0.003	OK!!!
Diagonales	35	-3565205.156	-18695824.42	0.191	OK!!!
Diagonales	36	-928326.132	-18695824.42	0.05	OK!!!
Diagonales	37	-5872170.475	-18695824.42	0.314	OK!!!
Diagonales	38	-742132.844	-18695824.42	0.04	OK!!!
Diagonales	39	-5647337.353	-18695824.42	0.302	OK!!!
Diagonales	40	-631735.818	-18695824.42	0.034	OK!!!
Diagonales	41	-5366463.816	-18695824.42	0.287	OK!!!
Diagonales	42	-481099.165	-18695824.42	0.026	OK!!!
Diagonales	43	-5220790.705	-18695824.42	0.279	OK!!!
Diagonales	44	-397025.269	-18695824.42	0.021	OK!!!
Diagonales	45	-5002942.457	-18695824.42	0.268	OK!!!
Diagonales	46	-382733.675	-18695824.42	0.02	OK!!!
Diagonales	47	-5104719.933	-18695824.42	0.273	OK!!!
Diagonales	48	-97510.074	-18695824.42	0.005	OK!!!
Diagonales	49	-2462914.625	-18695824.42	0.132	OK!!!
Diagonales	50	-131352.896	-18695824.42	0.007	OK!!!
Diagonales	51	-2396113.77	-18695824.42	0.128	OK!!!
Diagonales	52	28101.457	22824000.0	0.001	OK!!!
Diagonales	53	-2470997.995	-18695824.42	0.132	OK!!!
Diagonales	54	118259.689	22824000.0	0.005	OK!!!
Diagonales	55	-2584298.475	-18695824.42	0.138	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	56	267729.123	22824000.0	0.012	OK!!!
Diagonales	57	-2617589.608	-18695824.42	0.14	OK!!!
Diagonales	58	398885.76	22824000.0	0.017	OK!!!
Diagonales	59	-2715012.246	-18695824.42	0.145	OK!!!
Diagonales	60	-379762.177	-18695824.42	0.02	OK!!!
Diagonales	61	-829623.427	-18695824.42	0.044	OK!!!
Diagonales	62	-330215.564	-18695824.42	0.018	OK!!!
Diagonales	63	-1045529.513	-18695824.42	0.056	OK!!!
Diagonales	64	-383168.233	-18695824.42	0.02	OK!!!
Diagonales	65	-1299681.091	-18695824.42	0.07	OK!!!
Diagonales	66	-533989.284	-18695824.42	0.029	OK!!!
Diagonales	67	-1849696.99	-18695824.42	0.099	OK!!!
Diagonales	68	-684078.066	-18695824.42	0.037	OK!!!
Diagonales	69	-1319716.349	-18695824.42	0.071	OK!!!
Diagonales	70	378576.83	22824000.0	0.017	OK!!!
Diagonales	71	-4118734.76	-18695824.42	0.22	OK!!!
Diagonales	72	434481.711	22824000.0	0.019	OK!!!
Diagonales	73	-3894978.492	-18695824.42	0.208	OK!!!
Diagonales	74	528784.394	22824000.0	0.023	OK!!!
Diagonales	75	-3850836.951	-18695824.42	0.206	OK!!!
Diagonales	76	941718.502	22824000.0	0.041	OK!!!
Diagonales	77	-1362558.478	-18695824.42	0.073	OK!!!
Diagonales	78	507244.666	22824000.0	0.022	OK!!!
Diagonales	79	-1352975.561	-18695824.42	0.072	OK!!!
Diagonales	80	358043.392	22824000.0	0.016	OK!!!
Diagonales	81	-1573994.145	-18695824.42	0.084	OK!!!
Diagonales	82	-2184045.23	-18695824.42	0.117	OK!!!
Diagonales	83	-1222690.181	-18695824.42	0.065	OK!!!
Diagonales	84	-1866225.213	-18695824.42	0.1	OK!!!
Diagonales	85	-1333644.269	-18695824.42	0.071	OK!!!
Diagonales	86	-2513943.334	-18695824.42	0.134	OK!!!
Diagonales	87	-1438131.502	-18695824.42	0.077	OK!!!
Diagonales	88	1211844.435	22824000.0	0.053	OK!!!
Diagonales	89	-3087046.808	-18695824.42	0.165	OK!!!
Diagonales	90	729917.549	22824000.0	0.032	OK!!!
Diagonales	91	-2695370.943	-18695824.42	0.144	OK!!!
Diagonales	92	486405.416	22824000.0	0.021	OK!!!
Diagonales	93	-2634927.865	-18695824.42	0.141	OK!!!
Diagonales	94	-2260142.705	-18695824.42	0.121	OK!!!
Diagonales	95	-1422927.221	-18695824.42	0.076	OK!!!
Diagonales	96	-1581137.009	-18695824.42	0.085	OK!!!
Diagonales	97	-1436274.796	-18695824.42	0.077	OK!!!
Diagonales	98	-1937878.684	-18695824.42	0.104	OK!!!
Diagonales	99	-1312110.56	-18695824.42	0.07	OK!!!
Diagonales	100	-6338618.074	-18695824.42	0.339	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	1	-12128384.199	-21891919.466	0.554	OK!!!
Brid. infe	2	-12431531.738	-21891919.466	0.568	OK!!!
Brid. infe	3	-12539985.301	-21891919.466	0.573	OK!!!
Brid. infe	4	-11315547.563	-21891919.466	0.517	OK!!!
Brid. infe	5	-11050318.97	-21891919.466	0.505	OK!!!
Brid. infe	6	-9812047.723	-21891919.466	0.448	OK!!!
Brid. infe	7	-9709253.694	-21891919.466	0.444	OK!!!
Brid. infe	8	-9774625.831	-21891919.466	0.446	OK!!!
Brid. infe	9	-9597541.432	-21891919.466	0.438	OK!!!
Brid. infe	10	-9738664.124	-21891919.466	0.445	OK!!!
Brid. infe	11	-9344684.803	-21891919.466	0.427	OK!!!
Brid. infe	12	-8783000.876	-21891919.466	0.401	OK!!!
Brid. infe	13	-8857426.347	-21891919.466	0.405	OK!!!
Brid. infe	14	-9005359.99	-21891919.466	0.411	OK!!!
Brid. infe	15	-8896003.538	-21891919.466	0.406	OK!!!
Brid. infe	16	-8765991.456	-21891919.466	0.4	OK!!!
Brid. infe	17	-8649775.202	-21891919.466	0.395	OK!!!
Brid. infe	18	-8659120.046	-21891919.466	0.396	OK!!!
Brid. infe	19	-9058441.153	-21891919.466	0.414	OK!!!
Brid. infe	20	-8166478.813	-21891919.466	0.373	OK!!!
Brid. infe	21	-8084111.666	-21891919.466	0.369	OK!!!
Brid. infe	22	-7455728.557	-21891919.466	0.341	OK!!!
Brid. infe	23	-7195427.67	-21891919.466	0.329	OK!!!
Brid. infe	24	-6589318.196	-21891919.466	0.301	OK!!!
Brid. infe	25	-6270695.101	-21891919.466	0.286	OK!!!
Brid. infe	26	-6393372.748	-21891919.466	0.292	OK!!!
Brid. infe	27	-6262849.507	-21891919.466	0.286	OK!!!
Brid. infe	28	-6164156.838	-21891919.466	0.282	OK!!!
Brid. infe	29	-6058754.75	-21891919.466	0.277	OK!!!
Brid. infe	30	-5781686.76	-21891919.466	0.264	OK!!!
Brid. infe	31	-5758190.956	-21891919.466	0.263	OK!!!
Brid. infe	32	-5734830.873	-21891919.466	0.262	OK!!!
Brid. infe	33	-5604064.116	-21891919.466	0.256	OK!!!
Brid. infe	34	-5656691.873	-21891919.466	0.258	OK!!!
Brid. infe	35	-5098530.143	-21891919.466	0.233	OK!!!
Brid. infe	36	-5167794.937	-21891919.466	0.236	OK!!!
Brid. infe	37	-4516413.132	-21891919.466	0.206	OK!!!
Brid. infe	38	-4056699.333	-21891919.466	0.185	OK!!!
Brid. infe	39	-3815477.449	-21891919.466	0.174	OK!!!
Brid. infe	40	-3615889.419	-21891919.466	0.165	OK!!!
Brid. infe	41	-3292361.363	-21891919.466	0.15	OK!!!
Brid. infe	42	-2992962.175	-21891919.466	0.137	OK!!!
Brid. infe	43	-2663516.322	-21891919.466	0.122	OK!!!
Brid. infe	44	-2200052.037	-21891919.466	0.1	OK!!!
Brid. infe	45	-2192007.056	-21891919.466	0.1	OK!!!
Brid. infe	46	-1531793.402	-21891919.466	0.07	OK!!!
Brid. infe	47	-937412.527	-21891919.466	0.043	OK!!!
Brid. infe	48	-505308.498	-21891919.466	0.023	OK!!!
Brid. infe	49	-139606.964	-21891919.466	0.006	OK!!!
Brid. infe	50	386366.168	22824000.0	0.017	OK!!!
Brid. infe	51	743522.019	22824000.0	0.033	OK!!!
Brid. infe	52	1590329.826	22824000.0	0.07	OK!!!
Brid. infe	53	861722.854	22824000.0	0.038	OK!!!
Brid. infe	54	555217.916	22824000.0	0.024	OK!!!
Brid. infe	55	319867.636	22824000.0	0.014	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	56	-656275.597	-21891919.466	0.03	OK!!!
Brid. infe	57	-1169402.912	-21891919.466	0.053	OK!!!
Brid. infe	58	-2209318.119	-21891919.466	0.101	OK!!!
Brid. infe	59	-2317602.417	-21891919.466	0.106	OK!!!
Brid. infe	60	-2403392.626	-21891919.466	0.11	OK!!!
Brid. infe	61	-2574856.708	-21891919.466	0.118	OK!!!
Brid. infe	62	-2973478.222	-21891919.466	0.136	OK!!!
Brid. infe	63	-3325876.001	-21891919.466	0.152	OK!!!
Brid. infe	64	-3562920.087	-21891919.466	0.163	OK!!!
Brid. infe	65	-4129190.359	-21891919.466	0.189	OK!!!
Brid. infe	66	-5017734.888	-21891919.466	0.229	OK!!!
Brid. infe	67	-6032116.755	-21891919.466	0.276	OK!!!
Brid. infe	68	-6148332.795	-21891919.466	0.281	OK!!!
Brid. infe	69	-6268103.526	-21891919.466	0.286	OK!!!
Brid. infe	70	-6225902.335	-21891919.466	0.284	OK!!!
Brid. infe	71	-6375954.927	-21891919.466	0.291	OK!!!
Brid. infe	72	-6309777.077	-21891919.466	0.288	OK!!!
Brid. infe	73	-6429354.635	-21891919.466	0.294	OK!!!
Brid. infe	74	-6751348.895	-21891919.466	0.308	OK!!!
Brid. infe	75	-6905187.745	-21891919.466	0.315	OK!!!
Brid. infe	76	-7030054.889	-21891919.466	0.321	OK!!!
Brid. infe	77	-7177672.675	-21891919.466	0.328	OK!!!
Brid. infe	78	-7056396.772	-21891919.466	0.322	OK!!!
Brid. infe	79	-7375136.862	-21891919.466	0.337	OK!!!
Brid. infe	80	-7714640.847	-21891919.466	0.352	OK!!!
Brid. infe	81	-8148030.711	-21891919.466	0.372	OK!!!
Brid. infe	82	-8603854.132	-21891919.466	0.393	OK!!!
Brid. infe	83	-8931588.007	-21891919.466	0.408	OK!!!
Brid. infe	84	-9526930.133	-21891919.466	0.435	OK!!!
Brid. infe	85	-9481791.311	-21891919.466	0.433	OK!!!
Brid. infe	86	-9742596.788	-21891919.466	0.445	OK!!!
Brid. infe	87	-9898520.742	-21891919.466	0.452	OK!!!
Brid. infe	88	-10053404.287	-21891919.466	0.459	OK!!!
Brid. infe	89	-10205414.11	-21891919.466	0.466	OK!!!
Brid. infe	90	-10047778.604	-21891919.466	0.459	OK!!!
Brid. infe	91	-10152523.972	-21891919.466	0.464	OK!!!
Brid. infe	92	-10589595.215	-21891919.466	0.484	OK!!!
Brid. infe	93	-10679519.82	-21891919.466	0.488	OK!!!
Brid. infe	94	-10907747.816	-21891919.466	0.498	OK!!!
Brid. infe	95	-10995295.573	-21891919.466	0.502	OK!!!
Brid. infe	96	-10885164.881	-21891919.466	0.497	OK!!!
Brid. infe	97	-10933758.876	-21891919.466	0.499	OK!!!
Brid. infe	98	-11576702.577	-21891919.466	0.529	OK!!!
Brid. infe	99	-11592139.8	-21891919.466	0.53	OK!!!
Brid. infe	100	-12454300.352	-21891919.466	0.569	OK!!!
Brid. infe	101	-12345499.081	-21891919.466	0.564	OK!!!
Brid. infe	102	-10906574.195	-21891919.466	0.498	OK!!!
Brid. infe	103	-11008628.537	-21891919.466	0.503	OK!!!
Brid. infe	104	-11599103.219	-21891919.466	0.53	OK!!!
Brid. infe	105	-10788194.866	-21891919.466	0.493	OK!!!
Brid. infe	106	-10720406.3	-21891919.466	0.49	OK!!!
Brid. infe	107	-9775265.028	-21891919.466	0.447	OK!!!
Brid. infe	108	-9808834.348	-21891919.466	0.448	OK!!!
Brid. infe	109	-9728149.086	-21891919.466	0.444	OK!!!
Brid. infe	110	-9738709.853	-21891919.466	0.445	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	111	-9322060.752	-21891919.466	0.426	OK!!!
Brid. infe	112	-8837264.825	-21891919.466	0.404	OK!!!
Brid. infe	113	-8920820.985	-21891919.466	0.407	OK!!!
Brid. infe	114	-8995090.937	-21891919.466	0.411	OK!!!
Brid. infe	115	-8889300.73	-21891919.466	0.406	OK!!!
Brid. infe	116	-8767622.966	-21891919.466	0.4	OK!!!
Brid. infe	117	-8746477.846	-21891919.466	0.4	OK!!!
Brid. infe	118	-8217010.01	-21891919.466	0.375	OK!!!
Brid. infe	119	-8454016.127	-21891919.466	0.386	OK!!!
Brid. infe	120	-8212185.092	-21891919.466	0.375	OK!!!
Brid. supe	1	-2520588.989	-19195802.319	0.131	OK!!!
Brid. supe	2	-2029436.708	-19195802.319	0.106	OK!!!
Brid. supe	3	-1971027.485	-19195802.319	0.103	OK!!!
Brid. supe	4	-1465667.531	-19195802.319	0.076	OK!!!
Brid. supe	5	-1282623.033	-19195802.319	0.067	OK!!!
Brid. supe	6	865511.464	22824000.0	0.038	OK!!!
Brid. supe	7	1460570.128	22824000.0	0.064	OK!!!
Brid. supe	8	1312353.779	22824000.0	0.057	OK!!!
Brid. supe	9	-959324.105	-19195802.319	0.05	OK!!!
Brid. supe	10	-1689636.388	-19195802.319	0.088	OK!!!
Brid. supe	11	-2129294.122	-19195802.319	0.111	OK!!!
Brid. supe	12	-1569318.725	-19195802.319	0.082	OK!!!
Brid. supe	13	-2456268.279	-19195802.319	0.128	OK!!!
Brid. supe	14	-2837487.367	-19195802.319	0.148	OK!!!
Brid. supe	15	-3312861.755	-19195802.319	0.173	OK!!!
Brid. supe	16	-3959565.902	-19195802.319	0.206	OK!!!
Brid. supe	17	-4460277.319	-19195802.319	0.232	OK!!!
Brid. supe	18	2174171.438	22824000.0	0.095	OK!!!
Brid. supe	19	2231978.15	22824000.0	0.098	OK!!!
Brid. supe	20	2308316.391	22824000.0	0.101	OK!!!
Brid. supe	21	2285031.827	22824000.0	0.1	OK!!!
Brid. supe	22	1521964.195	22824000.0	0.067	OK!!!
Brid. supe	23	-1564060.813	-19195802.319	0.081	OK!!!
Brid. supe	24	-918336.432	-19195802.319	0.048	OK!!!
Brid. supe	25	-1749381.58	-19195802.319	0.091	OK!!!
Brid. supe	26	-1985669.161	-19195802.319	0.103	OK!!!
Brid. supe	27	-2554254.033	-19195802.319	0.133	OK!!!
Brid. supe	28	-3095930.699	-19195802.319	0.161	OK!!!
Brid. supe	29	-3679502.073	-19195802.319	0.192	OK!!!
Brid. supe	30	-3062393.238	-19195802.319	0.16	OK!!!
Brid. supe	31	-3305876.21	-19195802.319	0.172	OK!!!
Brid. supe	32	-3408806.636	-19195802.319	0.178	OK!!!
Brid. supe	33	-3521852.729	-19195802.319	0.183	OK!!!
Brid. supe	34	-3807295.109	-19195802.319	0.198	OK!!!
Brid. supe	35	1941776.198	22824000.0	0.085	OK!!!
Brid. supe	36	-961360.613	-19195802.319	0.05	OK!!!
Brid. supe	37	-2037388.397	-19195802.319	0.106	OK!!!
Brid. supe	38	-2747091.731	-19195802.319	0.143	OK!!!
Brid. supe	39	-3242638.086	-19195802.319	0.169	OK!!!
Brid. supe	40	-3929320.177	-19195802.319	0.205	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	41	-3589660.177	-19195802.319	0.187	OK!!!
Brid. supe	42	-2679392.818	-19195802.319	0.14	OK!!!
Brid. supe	43	-2789908.326	-19195802.319	0.145	OK!!!
Brid. supe	44	-1954978.43	-19195802.319	0.102	OK!!!
Brid. supe	45	-2009508.586	-19195802.319	0.105	OK!!!
Brid. supe	46	-2554918.709	-19195802.319	0.133	OK!!!
Brid. supe	47	-2598811.211	-19195802.319	0.135	OK!!!
Brid. supe	48	-2166807.808	-19195802.319	0.113	OK!!!
Brid. supe	49	-2507285.605	-19195802.319	0.131	OK!!!
Brid. supe	50	-2582773.242	-19195802.319	0.135	OK!!!
Brid. supe	51	-3663825.505	-19195802.319	0.191	OK!!!
Brid. supe	52	-2773344.719	-19195802.319	0.144	OK!!!
Brid. supe	53	-2418806.907	-19195802.319	0.126	OK!!!
Brid. supe	54	-2170179.134	-19195802.319	0.113	OK!!!
Brid. supe	55	-2037700.52	-19195802.319	0.106	OK!!!
Brid. supe	56	-1691079.421	-19195802.319	0.088	OK!!!
Brid. supe	57	-1902912.266	-19195802.319	0.099	OK!!!
Brid. supe	58	-3703064.172	-19195802.319	0.193	OK!!!
Brid. supe	59	-2869123.594	-19195802.319	0.149	OK!!!
Brid. supe	60	-2921852.94	-19195802.319	0.152	OK!!!
Brid. supe	61	-3330025.415	-19195802.319	0.173	OK!!!
Brid. supe	62	-2692105.084	-19195802.319	0.14	OK!!!
Brid. supe	63	-2177068.268	-19195802.319	0.113	OK!!!
Brid. supe	64	-1564427.946	-19195802.319	0.081	OK!!!
Brid. supe	65	-876840.709	-19195802.319	0.046	OK!!!
Brid. supe	66	45226.758	22824000.0	0.002	OK!!!
Brid. supe	67	-3383510.301	-19195802.319	0.176	OK!!!
Brid. supe	68	-2898445.396	-19195802.319	0.151	OK!!!
Brid. supe	69	-2833116.876	-19195802.319	0.148	OK!!!
Brid. supe	70	-2651636.598	-19195802.319	0.138	OK!!!
Brid. supe	71	-2567532.344	-19195802.319	0.134	OK!!!
Brid. supe	72	-2885009.871	-19195802.319	0.15	OK!!!
Brid. supe	73	-2156283.804	-19195802.319	0.112	OK!!!
Brid. supe	74	-1783159.606	-19195802.319	0.093	OK!!!
Brid. supe	75	-1407847.903	-19195802.319	0.073	OK!!!
Brid. supe	76	-1170540.918	-19195802.319	0.061	OK!!!
Brid. supe	77	-912671.217	-19195802.319	0.048	OK!!!
Brid. supe	78	-701194.787	-19195802.319	0.037	OK!!!
Brid. supe	79	-241071.656	-19195802.319	0.013	OK!!!
Brid. supe	80	578631.595	22824000.0	0.025	OK!!!
Brid. supe	81	1177896.514	22824000.0	0.052	OK!!!
Brid. supe	82	1934945.125	22824000.0	0.085	OK!!!
Brid. supe	83	2360537.592	22824000.0	0.103	OK!!!
Brid. supe	84	-4255284.269	-19195802.319	0.222	OK!!!
Brid. supe	85	-3241326.053	-19195802.319	0.169	OK!!!
Brid. supe	86	-2792454.588	-19195802.319	0.145	OK!!!
Brid. supe	87	-2359666.837	-19195802.319	0.123	OK!!!
Brid. supe	88	-1949053.72	-19195802.319	0.102	OK!!!
Brid. supe	89	-1677837.153	-19195802.319	0.087	OK!!!
Brid. supe	90	-1498834.355	-19195802.319	0.078	OK!!!
Brid. supe	91	-1058760.452	-19195802.319	0.055	OK!!!
Brid. supe	92	-628963.294	-19195802.319	0.033	OK!!!
Brid. supe	93	308997.906	22824000.0	0.014	OK!!!
Brid. supe	94	813942.779	22824000.0	0.036	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	95	1238346.378	22824000.0	0.054	OK!!!
Brid. supe	96	632470.664	22824000.0	0.028	OK!!!
Brid. supe	97	705998.263	22824000.0	0.031	OK!!!
Brid. supe	98	582730.386	22824000.0	0.026	OK!!!
Brid. supe	99	557273.767	22824000.0	0.024	OK!!!
Brid. supe	100	-411365.652	-19195802.319	0.021	OK!!!
Brid. supe	101	-1791972.004	-19195802.319	0.093	OK!!!
Brid. supe	102	-2588134.261	-19195802.319	0.135	OK!!!
Brid. supe	103	-1040325.968	-19195802.319	0.054	OK!!!
Brid. supe	104	-1391032.115	-19195802.319	0.072	OK!!!
Brid. supe	105	-1185445.705	-19195802.319	0.062	OK!!!
Brid. supe	106	1230118.743	22824000.0	0.054	OK!!!
Brid. supe	107	1420203.42	22824000.0	0.062	OK!!!
Correa int	1	900370.881	22824000.0	0.039	OK!!!
Correa int	2	-1199149.918	-22191268.855	0.054	OK!!!
Correa int	3	-1257351.071	-22191268.855	0.057	OK!!!
Correa int	4	55718.417	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	5	37570.033	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	6	-70029.66	-22191268.855	0.003	OK!!!
Correa int	7	-54891.315	-22191268.855	0.002	OK!!!
Correa int	8	19602.925	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	9	14434.973	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	10	-16600.071	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	11	-11903.56	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	12	13087.71	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	13	-8248.96	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	14	11782.27	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	15	-6497.915	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	16	10773.788	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	17	-4955.45	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	18	9956.128	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	19	-3512.058	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	20	-9300.894	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	21	-954.878	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	22	8120.824	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	23	1100.441	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	24	-18253.526	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	25	-31637.522	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	26	51065.112	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	27	202221.313	22824000.0	0.009	OK!!!
Correa int	28	-287626.082	-22191268.855	0.013	OK!!!
Correa int	29	-1007987.664	-22191268.855	0.045	OK!!!
Correa int	30	1717128.333	22824000.0	0.075	OK!!!
Correa int	31	1233954.513	22824000.0	0.054	OK!!!
Correa int	32	-1091285.124	-22191268.855	0.049	OK!!!
Correa int	33	-1232252.651	-22191268.855	0.056	OK!!!
Correa int	34	41233.933	22824000.0	0.002	OK!!!
Correa int	35	17043.683	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	36	-53438.955	-22191268.855	0.002	OK!!!
Correa int	37	-70339.542	-22191268.855	0.003	OK!!!
Correa int	38	12857.121	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	39	22554.87	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	40	-13420.607	-22191268.855	0.001	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Correa int	41	-16360.105	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	42	-10945.232	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	43	-11181.165	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	44	-10112.168	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	45	-8658.016	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	46	-9440.732	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	47	-6605.295	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	48	-8796.158	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	49	-4701.153	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	50	-9257.018	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	51	-1447.586	-22191268.855	0.0	OK!!!
Correa int	52	8656.53	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	53	517.867	22824000.0	0.0	OK!!!
Correa int	54	-21840.501	-22191268.855	0.001	OK!!!
Correa int	55	-36787.572	-22191268.855	0.002	OK!!!
Correa int	56	61270.075	22824000.0	0.003	OK!!!
Correa int	57	189148.09	22824000.0	0.008	OK!!!
Correa int	58	-281727.355	-22191268.855	0.013	OK!!!
Correa int	59	-1037637.909	-22191268.855	0.047	OK!!!
Correa int	60	1754058.271	22824000.0	0.077	OK!!!
Correa ext	1	-1125978.783	-1381921.378	0.815	OK!!!
Correa ext	2	195211.009	22824000.0	0.009	OK!!!

Análogamente para los desplazamientos verticales de cada nodo debe cumplir con los requerimientos de la norma, los desplazamientos verticales no deben ser menor a $0,05m$ según a E.020 $L/500$. La siguientes resultados de desplazamientos son obtenido por el programa

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.001	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.001	0.05	OK!!!
6	-0.001	0.05	OK!!!
7	-0.001	0.05	OK!!!
8	-0.001	0.05	OK!!!
9	-0.002	0.05	OK!!!
10	-0.001	0.05	OK!!!
11	-0.002	0.05	OK!!!
12	-0.002	0.05	OK!!!
13	-0.003	0.05	OK!!!
14	-0.002	0.05	OK!!!
15	-0.003	0.05	OK!!!
16	-0.003	0.05	OK!!!
17	-0.004	0.05	OK!!!
18	-0.004	0.05	OK!!!
19	-0.005	0.05	OK!!!
20	-0.004	0.05	OK!!!
21	-0.005	0.05	OK!!!
22	-0.005	0.05	OK!!!
23	-0.006	0.05	OK!!!
24	-0.006	0.05	OK!!!
25	-0.007	0.05	OK!!!
26	-0.006	0.05	OK!!!
27	-0.007	0.05	OK!!!
28	-0.007	0.05	OK!!!
29	-0.008	0.05	OK!!!
30	-0.008	0.05	OK!!!
31	-0.009	0.05	OK!!!
32	-0.008	0.05	OK!!!
33	-0.009	0.05	OK!!!
34	-0.009	0.05	OK!!!
35	-0.01	0.05	OK!!!
36	-0.01	0.05	OK!!!
37	-0.011	0.05	OK!!!
38	-0.01	0.05	OK!!!
39	-0.012	0.05	OK!!!
40	-0.011	0.05	OK!!!
41	-0.012	0.05	OK!!!
42	-0.012	0.05	OK!!!
43	-0.013	0.05	OK!!!
44	-0.013	0.05	OK!!!
45	-0.014	0.05	OK!!!
46	-0.014	0.05	OK!!!
47	-0.015	0.05	OK!!!
48	-0.014	0.05	OK!!!
49	-0.016	0.05	OK!!!
50	-0.015	0.05	OK!!!
51	-0.016	0.05	OK!!!
52	-0.016	0.05	OK!!!
53	-0.017	0.05	OK!!!
54	-0.016	0.05	OK!!!
55	-0.018	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
56	-0.017	0.05	OK!!!
57	-0.018	0.05	OK!!!
58	-0.018	0.05	OK!!!
59	-0.019	0.05	OK!!!
60	-0.018	0.05	OK!!!
61	-0.02	0.05	OK!!!
62	-0.019	0.05	OK!!!
63	-0.02	0.05	OK!!!
64	-0.02	0.05	OK!!!
65	-0.021	0.05	OK!!!
66	-0.02	0.05	OK!!!
67	-0.021	0.05	OK!!!
68	-0.021	0.05	OK!!!
69	-0.022	0.05	OK!!!
70	-0.022	0.05	OK!!!
71	-0.023	0.05	OK!!!
72	-0.023	0.05	OK!!!
73	-0.024	0.05	OK!!!
74	-0.025	0.05	OK!!!
75	-0.025	0.05	OK!!!
76	-0.026	0.05	OK!!!
77	-0.026	0.05	OK!!!
78	-0.026	0.05	OK!!!
79	-0.027	0.05	OK!!!
80	-0.027	0.05	OK!!!
81	-0.027	0.05	OK!!!
82	-0.027	0.05	OK!!!
83	-0.027	0.05	OK!!!
84	-0.027	0.05	OK!!!
85	-0.026	0.05	OK!!!
86	-0.026	0.05	OK!!!
87	-0.026	0.05	OK!!!
88	-0.026	0.05	OK!!!
89	-0.026	0.05	OK!!!
90	-0.026	0.05	OK!!!
91	-0.026	0.05	OK!!!
92	-0.026	0.05	OK!!!
93	-0.026	0.05	OK!!!
94	-0.026	0.05	OK!!!
95	-0.026	0.05	OK!!!
96	-0.026	0.05	OK!!!
97	-0.025	0.05	OK!!!
98	-0.025	0.05	OK!!!
99	-0.024	0.05	OK!!!
100	-0.024	0.05	OK!!!
101	-0.023	0.05	OK!!!
102	-0.023	0.05	OK!!!
103	-0.022	0.05	OK!!!
104	-0.022	0.05	OK!!!
105	-0.021	0.05	OK!!!
106	-0.022	0.05	OK!!!
107	-0.022	0.05	OK!!!
108	-0.022	0.05	OK!!!
109	-0.023	0.05	OK!!!
110	-0.023	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
111	-0.023	0.05	OK!!!
112	-0.023	0.05	OK!!!
113	-0.023	0.05	OK!!!
114	-0.023	0.05	OK!!!
115	-0.023	0.05	OK!!!
116	-0.023	0.05	OK!!!
117	-0.023	0.05	OK!!!
118	-0.023	0.05	OK!!!
119	-0.023	0.05	OK!!!
120	-0.023	0.05	OK!!!
121	-0.023	0.05	OK!!!
122	-0.024	0.05	OK!!!
123	-0.024	0.05	OK!!!
124	-0.024	0.05	OK!!!
125	-0.024	0.05	OK!!!
126	-0.024	0.05	OK!!!
127	-0.024	0.05	OK!!!
128	-0.023	0.05	OK!!!
129	-0.023	0.05	OK!!!
130	-0.023	0.05	OK!!!
131	-0.023	0.05	OK!!!
132	-0.022	0.05	OK!!!
133	-0.022	0.05	OK!!!
134	-0.021	0.05	OK!!!
135	-0.021	0.05	OK!!!
136	-0.02	0.05	OK!!!
137	-0.021	0.05	OK!!!
138	-0.02	0.05	OK!!!
139	-0.02	0.05	OK!!!
140	-0.02	0.05	OK!!!
141	-0.02	0.05	OK!!!
142	-0.019	0.05	OK!!!
143	-0.019	0.05	OK!!!
144	-0.019	0.05	OK!!!
145	-0.019	0.05	OK!!!
146	-0.018	0.05	OK!!!
147	-0.018	0.05	OK!!!
148	-0.018	0.05	OK!!!
149	-0.018	0.05	OK!!!
150	-0.017	0.05	OK!!!
151	-0.018	0.05	OK!!!
152	-0.017	0.05	OK!!!
153	-0.017	0.05	OK!!!
154	-0.016	0.05	OK!!!
155	-0.016	0.05	OK!!!
156	-0.015	0.05	OK!!!
157	-0.016	0.05	OK!!!
158	-0.015	0.05	OK!!!
159	-0.015	0.05	OK!!!
160	-0.014	0.05	OK!!!
161	-0.015	0.05	OK!!!
162	-0.013	0.05	OK!!!
163	-0.014	0.05	OK!!!
164	-0.013	0.05	OK!!!
165	-0.013	0.05	OK!!!
166	-0.012	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
167	-0.013	0.05	OK!!!
168	-0.011	0.05	OK!!!
169	-0.012	0.05	OK!!!
170	-0.011	0.05	OK!!!
171	-0.011	0.05	OK!!!
172	-0.01	0.05	OK!!!
173	-0.011	0.05	OK!!!
174	-0.009	0.05	OK!!!
175	-0.01	0.05	OK!!!
176	-0.009	0.05	OK!!!
177	-0.009	0.05	OK!!!
178	-0.008	0.05	OK!!!
179	-0.008	0.05	OK!!!
180	-0.007	0.05	OK!!!
181	-0.008	0.05	OK!!!
182	-0.006	0.05	OK!!!
183	-0.007	0.05	OK!!!
184	-0.006	0.05	OK!!!
185	-0.006	0.05	OK!!!
186	-0.005	0.05	OK!!!
187	-0.006	0.05	OK!!!
188	-0.004	0.05	OK!!!
189	-0.005	0.05	OK!!!
190	-0.003	0.05	OK!!!
191	-0.004	0.05	OK!!!
192	-0.003	0.05	OK!!!
193	-0.003	0.05	OK!!!
194	-0.002	0.05	OK!!!
195	-0.003	0.05	OK!!!
196	-0.001	0.05	OK!!!
197	-0.002	0.05	OK!!!
198	-0.001	0.05	OK!!!
199	-0.001	0.05	OK!!!
200	-0.0	0.05	OK!!!
201	-0.001	0.05	OK!!!
202	-0.001	0.05	OK!!!
203	0.0	0.05	OK!!!
204	-0.002	0.05	OK!!!
205	-0.002	0.05	OK!!!
206	-0.002	0.05	OK!!!
207	0.0	0.05	OK!!!
208	-0.001	0.05	OK!!!
209	-0.0	0.05	OK!!!
210	-0.0	0.05	OK!!!
211	-0.001	0.05	OK!!!
212	-0.001	0.05	OK!!!
213	-0.001	0.05	OK!!!
214	-0.001	0.05	OK!!!
215	-0.002	0.05	OK!!!
216	-0.001	0.05	OK!!!
217	-0.002	0.05	OK!!!
218	-0.002	0.05	OK!!!
219	-0.003	0.05	OK!!!
220	-0.003	0.05	OK!!!
221	-0.004	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
222	-0.003	0.05	OK!!!
223	-0.004	0.05	OK!!!
224	-0.004	0.05	OK!!!
225	-0.005	0.05	OK!!!
226	-0.004	0.05	OK!!!
227	-0.006	0.05	OK!!!
228	-0.005	0.05	OK!!!
229	-0.006	0.05	OK!!!
230	-0.006	0.05	OK!!!
231	-0.007	0.05	OK!!!
232	-0.007	0.05	OK!!!
233	-0.008	0.05	OK!!!
234	-0.007	0.05	OK!!!
235	-0.009	0.05	OK!!!
236	-0.008	0.05	OK!!!
237	-0.009	0.05	OK!!!
238	-0.009	0.05	OK!!!
239	-0.01	0.05	OK!!!
240	-0.009	0.05	OK!!!
241	-0.011	0.05	OK!!!
242	-0.01	0.05	OK!!!
243	-0.012	0.05	OK!!!
244	-0.011	0.05	OK!!!
245	-0.012	0.05	OK!!!
246	-0.012	0.05	OK!!!
247	-0.013	0.05	OK!!!
248	-0.013	0.05	OK!!!
249	-0.014	0.05	OK!!!
250	-0.013	0.05	OK!!!
251	-0.015	0.05	OK!!!
252	-0.014	0.05	OK!!!
253	-0.015	0.05	OK!!!
254	-0.015	0.05	OK!!!
255	-0.016	0.05	OK!!!
256	-0.016	0.05	OK!!!
257	-0.017	0.05	OK!!!
258	-0.016	0.05	OK!!!
259	-0.018	0.05	OK!!!
260	-0.017	0.05	OK!!!
261	-0.018	0.05	OK!!!
262	-0.018	0.05	OK!!!
263	-0.019	0.05	OK!!!
264	-0.019	0.05	OK!!!
265	-0.02	0.05	OK!!!
266	-0.019	0.05	OK!!!
267	-0.021	0.05	OK!!!
268	-0.02	0.05	OK!!!
269	-0.021	0.05	OK!!!
270	-0.021	0.05	OK!!!
271	-0.022	0.05	OK!!!
272	-0.022	0.05	OK!!!
273	-0.023	0.05	OK!!!
274	-0.022	0.05	OK!!!
275	-0.023	0.05	OK!!!
276	-0.023	0.05	OK!!!

6.2.5. Sección IPN (Generación 60)

Las siguientes tablas muestran los esfuerzos de las cargas combinadas para todos los elementos de la estructura metálica para el resultado óptimo de la sección IPN, según a la tabla se puede comprobar que cumplen con las condiciones de diseño por resistencia por el método del LRFD para elementos a compresión y tracción o sometidos a las combinaciones de carga como son la flexión y cortante . así como las deflexiones verticales según a la E.090 Estructuras metálicas en los nodos. Todos estos esfuerzos de cada elemento fueron examinados.

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	1	-5875446.999	-21598583.562	0.272	OK!!!
Diagonales	2	-1468104.981	-21598583.562	0.068	OK!!!
Diagonales	3	-5151246.007	-21598583.562	0.238	OK!!!
Diagonales	4	-1843145.786	-21598583.562	0.085	OK!!!
Diagonales	5	-6124416.861	-21598583.562	0.284	OK!!!
Diagonales	6	-1398649.206	-21598583.562	0.065	OK!!!
Diagonales	7	-6520733.209	-21598583.562	0.302	OK!!!
Diagonales	8	-1396969.823	-21598583.562	0.065	OK!!!
Diagonales	9	-6549355.57	-21598583.562	0.303	OK!!!
Diagonales	10	-1346926.463	-21598583.562	0.062	OK!!!
Diagonales	11	-5956408.594	-21598583.562	0.276	OK!!!
Diagonales	12	-1396901.159	-21598583.562	0.065	OK!!!
Diagonales	13	-4856698.935	-21598583.562	0.225	OK!!!
Diagonales	14	-1547459.613	-21598583.562	0.072	OK!!!
Diagonales	15	-4733689.756	-21598583.562	0.219	OK!!!
Diagonales	16	-1567222.406	-21598583.562	0.073	OK!!!
Diagonales	17	-4733980.808	-21598583.562	0.219	OK!!!
Diagonales	18	-1340936.057	-21598583.562	0.062	OK!!!
Diagonales	19	-5184759.185	-21598583.562	0.24	OK!!!
Diagonales	20	-1250014.324	-21598583.562	0.058	OK!!!
Diagonales	21	-5340865.694	-21598583.562	0.247	OK!!!
Diagonales	22	-1140318.398	-21598583.562	0.053	OK!!!
Diagonales	23	-4646562.824	-21598583.562	0.215	OK!!!
Diagonales	24	-1265800.508	-21598583.562	0.059	OK!!!
Diagonales	25	-3606135.231	-21598583.562	0.167	OK!!!
Diagonales	26	-1470148.837	-21598583.562	0.068	OK!!!
Diagonales	27	-3471766.45	-21598583.562	0.161	OK!!!
Diagonales	28	-1385253.348	-21598583.562	0.064	OK!!!
Diagonales	29	-3636159.382	-21598583.562	0.168	OK!!!
Diagonales	30	-1168112.387	-21598583.562	0.054	OK!!!
Diagonales	31	-3873893.283	-21598583.562	0.179	OK!!!
Diagonales	32	-1129956.825	-21598583.562	0.052	OK!!!
Diagonales	33	-4158044.995	-21598583.562	0.193	OK!!!
Diagonales	34	-985087.448	-21598583.562	0.046	OK!!!
Diagonales	35	-5515530.27	-21598583.562	0.255	OK!!!
Diagonales	36	-1187920.602	-21598583.562	0.055	OK!!!
Diagonales	37	-5699566.558	-21598583.562	0.264	OK!!!
Diagonales	38	-1261153.093	-21598583.562	0.058	OK!!!
Diagonales	39	-5923270.775	-21598583.562	0.274	OK!!!
Diagonales	40	-1249898.989	-21598583.562	0.058	OK!!!
Diagonales	41	-5887112.39	-21598583.562	0.273	OK!!!
Diagonales	42	-1100869.278	-21598583.562	0.051	OK!!!
Diagonales	43	-5851734.19	-21598583.562	0.271	OK!!!
Diagonales	44	-1111509.618	-21598583.562	0.051	OK!!!
Diagonales	45	-5662332.541	-21598583.562	0.262	OK!!!
Diagonales	46	-988237.528	-21598583.562	0.046	OK!!!
Diagonales	47	-4892659.922	-21598583.562	0.227	OK!!!
Diagonales	48	-959212.624	-21598583.562	0.044	OK!!!
Diagonales	49	-3516363.661	-21598583.562	0.163	OK!!!
Diagonales	50	-956621.176	-21598583.562	0.044	OK!!!
Diagonales	51	-3066332.922	-21598583.562	0.142	OK!!!
Diagonales	52	-887565.965	-21598583.562	0.041	OK!!!
Diagonales	53	-3033348.42	-21598583.562	0.14	OK!!!
Diagonales	54	-792751.554	-21598583.562	0.037	OK!!!
Diagonales	55	-3135278.95	-21598583.562	0.145	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Diagonales	56	736343.735	22824000.0	0.032	OK!!!
Diagonales	57	-3219297.107	-21598583.562	0.149	OK!!!
Diagonales	58	664833.944	22824000.0	0.029	OK!!!
Diagonales	59	-2718840.917	-21598583.562	0.126	OK!!!
Diagonales	60	-647852.755	-21598583.562	0.03	OK!!!
Diagonales	61	-1810377.678	-21598583.562	0.084	OK!!!
Diagonales	62	-745046.714	-21598583.562	0.034	OK!!!
Diagonales	63	-1694659.139	-21598583.562	0.078	OK!!!
Diagonales	64	-757722.779	-21598583.562	0.035	OK!!!
Diagonales	65	-1724619.227	-21598583.562	0.08	OK!!!
Diagonales	66	-667355.234	-21598583.562	0.031	OK!!!
Diagonales	67	-1771103.465	-21598583.562	0.082	OK!!!
Diagonales	68	-1229970.066	-21598583.562	0.057	OK!!!
Diagonales	69	-767138.796	-21598583.562	0.036	OK!!!
Diagonales	70	1269785.907	22824000.0	0.056	OK!!!
Diagonales	71	-1113454.505	-21598583.562	0.052	OK!!!
Diagonales	72	1220288.71	22824000.0	0.053	OK!!!
Diagonales	73	-1271481.27	-21598583.562	0.059	OK!!!
Diagonales	74	1066347.212	22824000.0	0.047	OK!!!
Diagonales	75	-1189074.688	-21598583.562	0.055	OK!!!
Diagonales	76	1108153.497	22824000.0	0.049	OK!!!
Diagonales	77	-405303.775	-21598583.562	0.019	OK!!!
Diagonales	78	1011309.048	22824000.0	0.044	OK!!!
Diagonales	79	-262237.671	-21598583.562	0.012	OK!!!
Diagonales	80	842288.273	22824000.0	0.037	OK!!!
Diagonales	81	-677164.443	-21598583.562	0.031	OK!!!
Diagonales	82	-916456.645	-21598583.562	0.042	OK!!!
Diagonales	83	-1137884.883	-21598583.562	0.053	OK!!!
Diagonales	84	-968005.715	-21598583.562	0.045	OK!!!
Diagonales	85	-1623737.827	-21598583.562	0.075	OK!!!
Diagonales	86	-904474.825	-21598583.562	0.042	OK!!!
Diagonales	87	-920634.963	-21598583.562	0.043	OK!!!
Diagonales	88	331841.837	22824000.0	0.015	OK!!!
Diagonales	89	-490495.963	-21598583.562	0.023	OK!!!
Diagonales	90	386752.35	22824000.0	0.017	OK!!!
Diagonales	91	-600212.462	-21598583.562	0.028	OK!!!
Diagonales	92	447351.541	22824000.0	0.02	OK!!!
Diagonales	93	-683585.334	-21598583.562	0.032	OK!!!
Diagonales	94	-592108.011	-21598583.562	0.027	OK!!!
Diagonales	95	-1061179.606	-21598583.562	0.049	OK!!!
Diagonales	96	-554153.763	-21598583.562	0.026	OK!!!
Diagonales	97	-1413337.207	-21598583.562	0.065	OK!!!
Diagonales	98	-476407.189	-21598583.562	0.022	OK!!!
Diagonales	99	-2435771.146	-21598583.562	0.113	OK!!!
Diagonales	100	-836725.141	-21598583.562	0.039	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	1	-12273510.149	-22027016.098	0.557	OK!!!
Brid. infe	2	-12343964.106	-22027016.098	0.56	OK!!!
Brid. infe	3	-13268004.197	-22027016.098	0.602	OK!!!
Brid. infe	4	-11605012.197	-22027016.098	0.527	OK!!!
Brid. infe	5	-11252752.405	-22027016.098	0.511	OK!!!
Brid. infe	6	-9358780.414	-22027016.098	0.425	OK!!!
Brid. infe	7	-8979573.865	-22027016.098	0.408	OK!!!
Brid. infe	8	-8935628.131	-22027016.098	0.406	OK!!!
Brid. infe	9	-8535119.317	-22027016.098	0.387	OK!!!
Brid. infe	10	-9157302.112	-22027016.098	0.416	OK!!!
Brid. infe	11	-7975143.32	-22027016.098	0.362	OK!!!
Brid. infe	12	-6992061.921	-22027016.098	0.317	OK!!!
Brid. infe	13	-6943951.279	-22027016.098	0.315	OK!!!
Brid. infe	14	-7282347.942	-22027016.098	0.331	OK!!!
Brid. infe	15	-7220238.98	-22027016.098	0.328	OK!!!
Brid. infe	16	-7272629.254	-22027016.098	0.33	OK!!!
Brid. infe	17	-7362379.77	-22027016.098	0.334	OK!!!
Brid. infe	18	-8233152.36	-22027016.098	0.374	OK!!!
Brid. infe	19	-9238097.273	-22027016.098	0.419	OK!!!
Brid. infe	20	-7927654.037	-22027016.098	0.36	OK!!!
Brid. infe	21	-7717782.21	-22027016.098	0.35	OK!!!
Brid. infe	22	-7308333.064	-22027016.098	0.332	OK!!!
Brid. infe	23	-6637910.782	-22027016.098	0.301	OK!!!
Brid. infe	24	-6147363.177	-22027016.098	0.279	OK!!!
Brid. infe	25	-5229479.619	-22027016.098	0.237	OK!!!
Brid. infe	26	-5443962.145	-22027016.098	0.247	OK!!!
Brid. infe	27	-5407915.818	-22027016.098	0.246	OK!!!
Brid. infe	28	-5323998.387	-22027016.098	0.242	OK!!!
Brid. infe	29	-4983896.942	-22027016.098	0.226	OK!!!
Brid. infe	30	-4560027.408	-22027016.098	0.207	OK!!!
Brid. infe	31	-4450594.865	-22027016.098	0.202	OK!!!
Brid. infe	32	-4552149.848	-22027016.098	0.207	OK!!!
Brid. infe	33	-4425353.189	-22027016.098	0.201	OK!!!
Brid. infe	34	-4805500.698	-22027016.098	0.218	OK!!!
Brid. infe	35	-3521638.294	-22027016.098	0.16	OK!!!
Brid. infe	36	-5357972.143	-22027016.098	0.243	OK!!!
Brid. infe	37	-3956728.271	-22027016.098	0.18	OK!!!
Brid. infe	38	-3282964.22	-22027016.098	0.149	OK!!!
Brid. infe	39	-2972684.749	-22027016.098	0.135	OK!!!
Brid. infe	40	-2870042.017	-22027016.098	0.13	OK!!!
Brid. infe	41	-2563506.998	-22027016.098	0.116	OK!!!
Brid. infe	42	-2343679.432	-22027016.098	0.106	OK!!!
Brid. infe	43	-2179917.609	-22027016.098	0.099	OK!!!
Brid. infe	44	-1812260.431	-22027016.098	0.082	OK!!!
Brid. infe	45	-2585534.216	-22027016.098	0.117	OK!!!
Brid. infe	46	-1691939.455	-22027016.098	0.077	OK!!!
Brid. infe	47	-1144482.466	-22027016.098	0.052	OK!!!
Brid. infe	48	-733755.859	-22027016.098	0.033	OK!!!
Brid. infe	49	-402479.47	-22027016.098	0.018	OK!!!
Brid. infe	50	107599.859	22824000.0	0.005	OK!!!
Brid. infe	51	427664.499	22824000.0	0.019	OK!!!
Brid. infe	52	1202839.923	22824000.0	0.053	OK!!!
Brid. infe	53	392172.9	22824000.0	0.017	OK!!!
Brid. infe	54	505077.674	22824000.0	0.022	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	56	-1090399.821	-22027016.098	0.05	OK!!!
Brid. infe	57	-885182.363	-22027016.098	0.04	OK!!!
Brid. infe	58	-1274850.855	-22027016.098	0.058	OK!!!
Brid. infe	59	-845503.147	-22027016.098	0.038	OK!!!
Brid. infe	60	-1083208.931	-22027016.098	0.049	OK!!!
Brid. infe	61	-1045470.953	-22027016.098	0.047	OK!!!
Brid. infe	62	-1221063.749	-22027016.098	0.055	OK!!!
Brid. infe	63	-1725428.815	-22027016.098	0.078	OK!!!
Brid. infe	64	-1798661.243	-22027016.098	0.082	OK!!!
Brid. infe	65	-2166947.387	-22027016.098	0.098	OK!!!
Brid. infe	66	-2777557.983	-22027016.098	0.126	OK!!!
Brid. infe	67	-4374172.167	-22027016.098	0.199	OK!!!
Brid. infe	68	-2219794.701	-22027016.098	0.101	OK!!!
Brid. infe	69	-3552865.598	-22027016.098	0.161	OK!!!
Brid. infe	70	-3204551.003	-22027016.098	0.145	OK!!!
Brid. infe	71	-3321133.147	-22027016.098	0.151	OK!!!
Brid. infe	72	-3103534.132	-22027016.098	0.141	OK!!!
Brid. infe	73	-2997766.377	-22027016.098	0.136	OK!!!
Brid. infe	74	-3271549.329	-22027016.098	0.149	OK!!!
Brid. infe	75	-3511062.376	-22027016.098	0.159	OK!!!
Brid. infe	76	-3662093.417	-22027016.098	0.166	OK!!!
Brid. infe	77	-3779698.717	-22027016.098	0.172	OK!!!
Brid. infe	78	-3384118.23	-22027016.098	0.154	OK!!!
Brid. infe	79	-3839968.932	-22027016.098	0.174	OK!!!
Brid. infe	80	-3776468.892	-22027016.098	0.171	OK!!!
Brid. infe	81	-4169766.857	-22027016.098	0.189	OK!!!
Brid. infe	82	-4454166.248	-22027016.098	0.202	OK!!!
Brid. infe	83	-4682273.623	-22027016.098	0.213	OK!!!
Brid. infe	84	-5159195.843	-22027016.098	0.234	OK!!!
Brid. infe	85	-5099694.313	-22027016.098	0.232	OK!!!
Brid. infe	86	-5240177.774	-22027016.098	0.238	OK!!!
Brid. infe	87	-5395845.923	-22027016.098	0.245	OK!!!
Brid. infe	88	-5533230.616	-22027016.098	0.251	OK!!!
Brid. infe	89	-5768551.817	-22027016.098	0.262	OK!!!
Brid. infe	90	-5406998.347	-22027016.098	0.245	OK!!!
Brid. infe	91	-5054366.494	-22027016.098	0.229	OK!!!
Brid. infe	92	-5479908.008	-22027016.098	0.249	OK!!!
Brid. infe	93	-5786767.994	-22027016.098	0.263	OK!!!
Brid. infe	94	-6065369.426	-22027016.098	0.275	OK!!!
Brid. infe	95	-6191810.89	-22027016.098	0.281	OK!!!
Brid. infe	96	-5881288.737	-22027016.098	0.267	OK!!!
Brid. infe	97	-5461800.576	-22027016.098	0.248	OK!!!
Brid. infe	98	-6190123.807	-22027016.098	0.281	OK!!!
Brid. infe	99	-6202332.45	-22027016.098	0.282	OK!!!
Brid. infe	100	-8169624.217	-22027016.098	0.371	OK!!!
Brid. infe	101	-7756218.374	-22027016.098	0.352	OK!!!
Brid. infe	102	-6945925.132	-22027016.098	0.315	OK!!!
Brid. infe	103	-8149905.248	-22027016.098	0.37	OK!!!
Brid. infe	104	-9611490.703	-22027016.098	0.436	OK!!!
Brid. infe	105	-8811741.047	-22027016.098	0.4	OK!!!
Brid. infe	106	-8925409.145	-22027016.098	0.405	OK!!!
Brid. infe	107	-7727450.385	-22027016.098	0.351	OK!!!
Brid. infe	108	-7780520.26	-22027016.098	0.353	OK!!!
Brid. infe	109	-8031098.643	-22027016.098	0.365	OK!!!
Brid. infe	110	-8588638.691	-22027016.098	0.39	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. infe	111	-7613209.866	-22027016.098	0.346	OK!!!
Brid. infe	112	-6987691.559	-22027016.098	0.317	OK!!!
Brid. infe	113	-7054581.634	-22027016.098	0.32	OK!!!
Brid. infe	114	-7406404.859	-22027016.098	0.336	OK!!!
Brid. infe	115	-7348659.614	-22027016.098	0.334	OK!!!
Brid. infe	116	-7396708.27	-22027016.098	0.336	OK!!!
Brid. infe	117	-7357171.804	-22027016.098	0.334	OK!!!
Brid. infe	118	-6770936.699	-22027016.098	0.307	OK!!!
Brid. infe	119	-6744961.021	-22027016.098	0.306	OK!!!
Brid. infe	120	-6928389.642	-22027016.098	0.315	OK!!!
Brid. supe	1	-8215940.563	-22681537.573	0.362	OK!!!
Brid. supe	2	-8983608.975	-22681537.573	0.396	OK!!!
Brid. supe	3	8761405.047	22824000.0	0.384	OK!!!
Brid. supe	4	7919489.901	22824000.0	0.347	OK!!!
Brid. supe	5	7274707.964	22824000.0	0.319	OK!!!
Brid. supe	6	5069271.517	22824000.0	0.222	OK!!!
Brid. supe	7	6044818.246	22824000.0	0.265	OK!!!
Brid. supe	8	5914484.974	22824000.0	0.259	OK!!!
Brid. supe	9	-5545973.88	-22681537.573	0.245	OK!!!
Brid. supe	10	-5681093.835	-22681537.573	0.25	OK!!!
Brid. supe	11	-5000475.662	-22681537.573	0.22	OK!!!
Brid. supe	12	-3683027.319	-22681537.573	0.162	OK!!!
Brid. supe	13	-4776045.949	-22681537.573	0.211	OK!!!
Brid. supe	14	-4833577.837	-22681537.573	0.213	OK!!!
Brid. supe	15	-4788134.921	-22681537.573	0.211	OK!!!
Brid. supe	16	-5083222.111	-22681537.573	0.224	OK!!!
Brid. supe	17	-5170927.686	-22681537.573	0.228	OK!!!
Brid. supe	18	6749337.534	22824000.0	0.296	OK!!!
Brid. supe	19	5605406.961	22824000.0	0.246	OK!!!
Brid. supe	20	5538242.969	22824000.0	0.243	OK!!!
Brid. supe	21	4956352.183	22824000.0	0.217	OK!!!
Brid. supe	22	-4945092.387	-22681537.573	0.218	OK!!!
Brid. supe	23	-4660904.351	-22681537.573	0.205	OK!!!
Brid. supe	24	-3134049.213	-22681537.573	0.138	OK!!!
Brid. supe	25	-3803855.884	-22681537.573	0.168	OK!!!
Brid. supe	26	-3910795.377	-22681537.573	0.172	OK!!!
Brid. supe	27	-3857748.61	-22681537.573	0.17	OK!!!
Brid. supe	28	-3803331.911	-22681537.573	0.168	OK!!!
Brid. supe	29	-3828972.942	-22681537.573	0.169	OK!!!
Brid. supe	30	-3058977.086	-22681537.573	0.135	OK!!!
Brid. supe	31	-3403032.396	-22681537.573	0.15	OK!!!
Brid. supe	32	-3462165.115	-22681537.573	0.153	OK!!!
Brid. supe	33	-3334189.892	-22681537.573	0.147	OK!!!
Brid. supe	34	-2318581.822	-22681537.573	0.102	OK!!!
Brid. supe	35	-4953477.192	-22681537.573	0.218	OK!!!
Brid. supe	36	-3325466.95	-22681537.573	0.147	OK!!!
Brid. supe	37	-3296858.992	-22681537.573	0.145	OK!!!
Brid. supe	38	-2815340.853	-22681537.573	0.124	OK!!!
Brid. supe	39	-2854034.577	-22681537.573	0.126	OK!!!
Brid. supe	40	-2831631.692	-22681537.573	0.125	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	41	-2405311.388	-22681537.573	0.106	OK!!!
Brid. supe	42	-2240353.329	-22681537.573	0.099	OK!!!
Brid. supe	43	-1832651.309	-22681537.573	0.081	OK!!!
Brid. supe	44	-3021538.41	-22681537.573	0.133	OK!!!
Brid. supe	45	-1989000.6	-22681537.573	0.088	OK!!!
Brid. supe	46	-1805212.586	-22681537.573	0.08	OK!!!
Brid. supe	47	-1231536.745	-22681537.573	0.054	OK!!!
Brid. supe	48	-1003839.647	-22681537.573	0.044	OK!!!
Brid. supe	49	-697654.423	-22681537.573	0.031	OK!!!
Brid. supe	50	-1114868.77	-22681537.573	0.049	OK!!!
Brid. supe	51	-3368583.254	-22681537.573	0.149	OK!!!
Brid. supe	52	-1221615.238	-22681537.573	0.054	OK!!!
Brid. supe	53	-1121872.881	-22681537.573	0.049	OK!!!
Brid. supe	54	-1399956.525	-22681537.573	0.062	OK!!!
Brid. supe	55	-1763187.077	-22681537.573	0.078	OK!!!
Brid. supe	56	-679763.178	-22681537.573	0.03	OK!!!
Brid. supe	57	-486449.01	-22681537.573	0.021	OK!!!
Brid. supe	58	-2170585.917	-22681537.573	0.096	OK!!!
Brid. supe	59	-954966.38	-22681537.573	0.042	OK!!!
Brid. supe	60	-1444759.146	-22681537.573	0.064	OK!!!
Brid. supe	61	-1054776.658	-22681537.573	0.047	OK!!!
Brid. supe	62	-1691289.894	-22681537.573	0.075	OK!!!
Brid. supe	63	-1877145.04	-22681537.573	0.083	OK!!!
Brid. supe	64	-1555059.443	-22681537.573	0.069	OK!!!
Brid. supe	65	-2103948.693	-22681537.573	0.093	OK!!!
Brid. supe	66	-2330764.644	-22681537.573	0.103	OK!!!
Brid. supe	67	-4287736.225	-22681537.573	0.189	OK!!!
Brid. supe	68	-2053935.693	-22681537.573	0.091	OK!!!
Brid. supe	69	-2794626.482	-22681537.573	0.123	OK!!!
Brid. supe	70	-3055942.924	-22681537.573	0.135	OK!!!
Brid. supe	71	-3013124.567	-22681537.573	0.133	OK!!!
Brid. supe	72	-2290439.461	-22681537.573	0.101	OK!!!
Brid. supe	73	-2866399.676	-22681537.573	0.126	OK!!!
Brid. supe	74	-3029775.78	-22681537.573	0.134	OK!!!
Brid. supe	75	-3121397.772	-22681537.573	0.138	OK!!!
Brid. supe	76	-3308518.357	-22681537.573	0.146	OK!!!
Brid. supe	77	-3224568.592	-22681537.573	0.142	OK!!!
Brid. supe	78	-2458599.718	-22681537.573	0.108	OK!!!
Brid. supe	79	-3117487.279	-22681537.573	0.137	OK!!!
Brid. supe	80	-3355924.457	-22681537.573	0.148	OK!!!
Brid. supe	81	3386766.399	22824000.0	0.148	OK!!!
Brid. supe	82	3927496.241	22824000.0	0.172	OK!!!
Brid. supe	83	3966310.564	22824000.0	0.174	OK!!!
Brid. supe	84	-4759780.83	-22681537.573	0.21	OK!!!
Brid. supe	85	-4162560.471	-22681537.573	0.184	OK!!!
Brid. supe	86	-4386575.248	-22681537.573	0.193	OK!!!
Brid. supe	87	-4334856.775	-22681537.573	0.191	OK!!!
Brid. supe	88	-4686811.794	-22681537.573	0.207	OK!!!
Brid. supe	89	-4711921.163	-22681537.573	0.208	OK!!!
Brid. supe	90	-3189400.171	-22681537.573	0.141	OK!!!
Brid. supe	91	-4074865.467	-22681537.573	0.18	OK!!!
Brid. supe	92	-4515575.375	-22681537.573	0.199	OK!!!
Brid. supe	93	-4637407.561	-22681537.573	0.204	OK!!!
Brid. supe	94	5086076.333	22824000.0	0.223	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Brid. supe	95	5090671.965	22824000.0	0.223	OK!!!
Brid. supe	96	3571528.117	22824000.0	0.156	OK!!!
Brid. supe	97	4921972.116	22824000.0	0.216	OK!!!
Brid. supe	98	5392678.195	22824000.0	0.236	OK!!!
Brid. supe	99	5931515.581	22824000.0	0.26	OK!!!
Brid. supe	100	6580250.656	22824000.0	0.288	OK!!!
Brid. supe	101	-4657089.949	-22681537.573	0.205	OK!!!
Brid. supe	102	-2783551.208	-22681537.573	0.123	OK!!!
Brid. supe	103	4840700.841	22824000.0	0.212	OK!!!
Brid. supe	104	6117475.891	22824000.0	0.268	OK!!!
Brid. supe	105	6140276.617	22824000.0	0.269	OK!!!
Brid. supe	106	5845378.212	22824000.0	0.256	OK!!!
Brid. supe	107	-5561268.725	-22681537.573	0.245	OK!!!
Correa int	1	774677.691	22824000.0	0.034	OK!!!
Correa int	2	-342318.159	-24108764.026	0.014	OK!!!
Correa int	3	-49080.412	-24108764.026	0.002	OK!!!
Correa int	4	-31930.007	-24108764.026	0.001	OK!!!
Correa int	5	22232.189	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	6	14930.387	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	7	26206.709	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	8	13956.486	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	9	25961.429	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	10	14079.218	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	11	25922.764	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	12	14076.527	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	13	25922.789	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	14	14072.083	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	15	25919.77	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	16	14068.97	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	17	25916.551	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	18	14066.017	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	19	25913.033	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	20	14062.306	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	21	25914.253	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	22	14038.861	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	23	25920.428	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	24	14176.093	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	25	25235.534	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	26	15242.705	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	27	-28634.702	-24108764.026	0.001	OK!!!
Correa int	28	-65185.922	-24108764.026	0.003	OK!!!
Correa int	29	-113715.174	-24108764.026	0.005	OK!!!
Correa int	30	683943.151	22824000.0	0.03	OK!!!
Correa int	31	989346.683	22824000.0	0.043	OK!!!
Correa int	32	-330504.177	-24108764.026	0.014	OK!!!
Correa int	33	-59360.135	-24108764.026	0.002	OK!!!
Correa int	34	-41079.71	-24108764.026	0.002	OK!!!
Correa int	35	28077.74	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	36	20252.871	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	37	33172.056	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	38	19012.846	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	39	32865.382	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	40	19176.214	22824000.0	0.001	OK!!!

Label	Elemento	stress kg/m^2	stress LRFD kg/m^2	Ration	Norma
Correa int	41	32822.306	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	42	19179.19	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	43	32828.735	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	44	19179.905	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	45	32831.275	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	46	19182.323	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	47	32833.556	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	48	19184.946	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	49	32835.455	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	50	19186.595	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	51	32843.438	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	52	19162.938	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	53	32857.736	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	54	19345.703	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	55	31985.659	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	56	20719.772	22824000.0	0.001	OK!!!
Correa int	57	-35462.512	-24108764.026	0.001	OK!!!
Correa int	58	-63490.637	-24108764.026	0.003	OK!!!
Correa int	59	-130820.863	-24108764.026	0.005	OK!!!
Correa int	60	665795.453	22824000.0	0.029	OK!!!
Correa ext	1	-838779.755	-1245798.061	0.673	OK!!!
Correa ext	2	270355.539	22824000.0	0.012	OK!!!

Análogamente para los desplazamientos verticales de cada nodo debe cumplir con los requerimientos de la norma, los desplazamientos verticales no deben ser menor a $0,05m$ según a E.020 $L/500$. La siguientes resultados de desplazamientos son obtenido por el programa

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
1	0.0	0.05	OK!!!
2	-0.0	0.05	OK!!!
3	-0.0	0.05	OK!!!
4	-0.0	0.05	OK!!!
5	-0.0	0.05	OK!!!
6	-0.0	0.05	OK!!!
7	-0.0	0.05	OK!!!
8	-0.0	0.05	OK!!!
9	-0.001	0.05	OK!!!
10	-0.0	0.05	OK!!!
11	-0.001	0.05	OK!!!
12	-0.001	0.05	OK!!!
13	-0.001	0.05	OK!!!
14	-0.001	0.05	OK!!!
15	-0.001	0.05	OK!!!
16	-0.001	0.05	OK!!!
17	-0.001	0.05	OK!!!
18	-0.001	0.05	OK!!!
19	-0.002	0.05	OK!!!
20	-0.001	0.05	OK!!!
21	-0.002	0.05	OK!!!
22	-0.002	0.05	OK!!!
23	-0.002	0.05	OK!!!
24	-0.002	0.05	OK!!!
25	-0.002	0.05	OK!!!
26	-0.002	0.05	OK!!!
27	-0.003	0.05	OK!!!
28	-0.002	0.05	OK!!!
29	-0.003	0.05	OK!!!
30	-0.003	0.05	OK!!!
31	-0.003	0.05	OK!!!
32	-0.003	0.05	OK!!!
33	-0.003	0.05	OK!!!
34	-0.003	0.05	OK!!!
35	-0.003	0.05	OK!!!
36	-0.003	0.05	OK!!!
37	-0.004	0.05	OK!!!
38	-0.004	0.05	OK!!!
39	-0.004	0.05	OK!!!
40	-0.004	0.05	OK!!!
41	-0.004	0.05	OK!!!
42	-0.004	0.05	OK!!!
43	-0.005	0.05	OK!!!
44	-0.004	0.05	OK!!!
45	-0.005	0.05	OK!!!
46	-0.005	0.05	OK!!!
47	-0.005	0.05	OK!!!
48	-0.005	0.05	OK!!!
49	-0.005	0.05	OK!!!
50	-0.005	0.05	OK!!!
51	-0.006	0.05	OK!!!
52	-0.005	0.05	OK!!!
53	-0.006	0.05	OK!!!
54	-0.006	0.05	OK!!!
55	-0.006	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
56	-0.006	0.05	OK!!!
57	-0.006	0.05	OK!!!
58	-0.006	0.05	OK!!!
59	-0.006	0.05	OK!!!
60	-0.006	0.05	OK!!!
61	-0.007	0.05	OK!!!
62	-0.007	0.05	OK!!!
63	-0.007	0.05	OK!!!
64	-0.007	0.05	OK!!!
65	-0.007	0.05	OK!!!
66	-0.007	0.05	OK!!!
67	-0.007	0.05	OK!!!
68	-0.007	0.05	OK!!!
69	-0.008	0.05	OK!!!
70	-0.008	0.05	OK!!!
71	-0.008	0.05	OK!!!
72	-0.008	0.05	OK!!!
73	-0.008	0.05	OK!!!
74	-0.009	0.05	OK!!!
75	-0.009	0.05	OK!!!
76	-0.009	0.05	OK!!!
77	-0.009	0.05	OK!!!
78	-0.009	0.05	OK!!!
79	-0.009	0.05	OK!!!
80	-0.009	0.05	OK!!!
81	-0.009	0.05	OK!!!
82	-0.009	0.05	OK!!!
83	-0.009	0.05	OK!!!
84	-0.009	0.05	OK!!!
85	-0.009	0.05	OK!!!
86	-0.009	0.05	OK!!!
87	-0.009	0.05	OK!!!
88	-0.009	0.05	OK!!!
89	-0.009	0.05	OK!!!
90	-0.009	0.05	OK!!!
91	-0.009	0.05	OK!!!
92	-0.009	0.05	OK!!!
93	-0.009	0.05	OK!!!
94	-0.009	0.05	OK!!!
95	-0.009	0.05	OK!!!
96	-0.009	0.05	OK!!!
97	-0.009	0.05	OK!!!
98	-0.009	0.05	OK!!!
99	-0.009	0.05	OK!!!
100	-0.009	0.05	OK!!!
101	-0.008	0.05	OK!!!
102	-0.008	0.05	OK!!!
103	-0.008	0.05	OK!!!
104	-0.008	0.05	OK!!!
105	-0.008	0.05	OK!!!
106	-0.008	0.05	OK!!!
107	-0.008	0.05	OK!!!
108	-0.008	0.05	OK!!!
109	-0.008	0.05	OK!!!
110	-0.008	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
111	-0.008	0.05	OK!!!
112	-0.008	0.05	OK!!!
113	-0.008	0.05	OK!!!
114	-0.008	0.05	OK!!!
115	-0.008	0.05	OK!!!
116	-0.008	0.05	OK!!!
117	-0.008	0.05	OK!!!
118	-0.008	0.05	OK!!!
119	-0.008	0.05	OK!!!
120	-0.008	0.05	OK!!!
121	-0.008	0.05	OK!!!
122	-0.008	0.05	OK!!!
123	-0.008	0.05	OK!!!
124	-0.008	0.05	OK!!!
125	-0.008	0.05	OK!!!
126	-0.008	0.05	OK!!!
127	-0.008	0.05	OK!!!
128	-0.008	0.05	OK!!!
129	-0.008	0.05	OK!!!
130	-0.008	0.05	OK!!!
131	-0.008	0.05	OK!!!
132	-0.008	0.05	OK!!!
133	-0.008	0.05	OK!!!
134	-0.007	0.05	OK!!!
135	-0.007	0.05	OK!!!
136	-0.007	0.05	OK!!!
137	-0.007	0.05	OK!!!
138	-0.007	0.05	OK!!!
139	-0.007	0.05	OK!!!
140	-0.007	0.05	OK!!!
141	-0.007	0.05	OK!!!
142	-0.006	0.05	OK!!!
143	-0.007	0.05	OK!!!
144	-0.006	0.05	OK!!!
145	-0.006	0.05	OK!!!
146	-0.006	0.05	OK!!!
147	-0.006	0.05	OK!!!
148	-0.006	0.05	OK!!!
149	-0.006	0.05	OK!!!
150	-0.006	0.05	OK!!!
151	-0.006	0.05	OK!!!
152	-0.006	0.05	OK!!!
153	-0.006	0.05	OK!!!
154	-0.005	0.05	OK!!!
155	-0.006	0.05	OK!!!
156	-0.005	0.05	OK!!!
157	-0.005	0.05	OK!!!
158	-0.005	0.05	OK!!!
159	-0.005	0.05	OK!!!
160	-0.005	0.05	OK!!!
161	-0.005	0.05	OK!!!
162	-0.005	0.05	OK!!!
163	-0.005	0.05	OK!!!
164	-0.004	0.05	OK!!!
165	-0.004	0.05	OK!!!
166	-0.004	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
167	-0.004	0.05	OK!!!
168	-0.004	0.05	OK!!!
169	-0.004	0.05	OK!!!
170	-0.004	0.05	OK!!!
171	-0.004	0.05	OK!!!
172	-0.003	0.05	OK!!!
173	-0.004	0.05	OK!!!
174	-0.003	0.05	OK!!!
175	-0.003	0.05	OK!!!
176	-0.003	0.05	OK!!!
177	-0.003	0.05	OK!!!
178	-0.003	0.05	OK!!!
179	-0.003	0.05	OK!!!
180	-0.002	0.05	OK!!!
181	-0.003	0.05	OK!!!
182	-0.002	0.05	OK!!!
183	-0.002	0.05	OK!!!
184	-0.002	0.05	OK!!!
185	-0.002	0.05	OK!!!
186	-0.002	0.05	OK!!!
187	-0.002	0.05	OK!!!
188	-0.001	0.05	OK!!!
189	-0.002	0.05	OK!!!
190	-0.001	0.05	OK!!!
191	-0.001	0.05	OK!!!
192	-0.001	0.05	OK!!!
193	-0.001	0.05	OK!!!
194	-0.001	0.05	OK!!!
195	-0.001	0.05	OK!!!
196	-0.0	0.05	OK!!!
197	-0.001	0.05	OK!!!
198	-0.0	0.05	OK!!!
199	-0.0	0.05	OK!!!
200	-0.0	0.05	OK!!!
201	-0.0	0.05	OK!!!
202	-0.0	0.05	OK!!!
203	0.0	0.05	OK!!!
204	-0.001	0.05	OK!!!
205	-0.001	0.05	OK!!!
206	-0.001	0.05	OK!!!
207	0.0	0.05	OK!!!
208	-0.0	0.05	OK!!!
209	-0.0	0.05	OK!!!
210	-0.0	0.05	OK!!!
211	-0.0	0.05	OK!!!
212	-0.0	0.05	OK!!!
213	-0.001	0.05	OK!!!
214	-0.0	0.05	OK!!!
215	-0.001	0.05	OK!!!
216	-0.001	0.05	OK!!!
217	-0.001	0.05	OK!!!
218	-0.001	0.05	OK!!!
219	-0.001	0.05	OK!!!
220	-0.001	0.05	OK!!!
221	-0.001	0.05	OK!!!

Nodo	Desplazamiento m	Norma m	Cumple
222	-0.001	0.05	OK!!!
223	-0.001	0.05	OK!!!
224	-0.001	0.05	OK!!!
225	-0.002	0.05	OK!!!
226	-0.001	0.05	OK!!!
227	-0.002	0.05	OK!!!
228	-0.002	0.05	OK!!!
229	-0.002	0.05	OK!!!
230	-0.002	0.05	OK!!!
231	-0.002	0.05	OK!!!
232	-0.002	0.05	OK!!!
233	-0.003	0.05	OK!!!
234	-0.002	0.05	OK!!!
235	-0.003	0.05	OK!!!
236	-0.003	0.05	OK!!!
237	-0.003	0.05	OK!!!
238	-0.003	0.05	OK!!!
239	-0.003	0.05	OK!!!
240	-0.003	0.05	OK!!!
241	-0.004	0.05	OK!!!
242	-0.003	0.05	OK!!!
243	-0.004	0.05	OK!!!
244	-0.004	0.05	OK!!!
245	-0.004	0.05	OK!!!
246	-0.004	0.05	OK!!!
247	-0.004	0.05	OK!!!
248	-0.004	0.05	OK!!!
249	-0.005	0.05	OK!!!
250	-0.005	0.05	OK!!!
251	-0.005	0.05	OK!!!
252	-0.005	0.05	OK!!!
253	-0.005	0.05	OK!!!
254	-0.005	0.05	OK!!!
255	-0.005	0.05	OK!!!
256	-0.005	0.05	OK!!!
257	-0.006	0.05	OK!!!
258	-0.006	0.05	OK!!!
259	-0.006	0.05	OK!!!
260	-0.006	0.05	OK!!!
261	-0.006	0.05	OK!!!
262	-0.006	0.05	OK!!!
263	-0.006	0.05	OK!!!
264	-0.006	0.05	OK!!!
265	-0.007	0.05	OK!!!
266	-0.007	0.05	OK!!!
267	-0.007	0.05	OK!!!
268	-0.007	0.05	OK!!!
269	-0.007	0.05	OK!!!
270	-0.007	0.05	OK!!!
271	-0.008	0.05	OK!!!
272	-0.007	0.05	OK!!!
273	-0.008	0.05	OK!!!
274	-0.008	0.05	OK!!!
275	-0.008	0.05	OK!!!
276	-0.008	0.05	OK!!!

6.3. Código Fuente

```

1
2 implicit none
3 !VARIABLES PARA DATOS DE ENTRADA DE OPTIMIZACION
4 integer :: K,NP,PP,GENERACIONES,PPOBL
5 !VARIABLES PARA CREACION DE METODO DE RIGICEZ
6 integer :: NUMERO_BARRAS
7 !VARIABLES PARA CREACION CRUCE
8 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: PADRE1
9 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: PADRE2
10 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: DESCEN1
11 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: DESCEN2
12 !VARIABLES PARA CREACION DE POBLACION
13 real(kind=4), dimension(:,:), allocatable :: poblac
14 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: dista
15 real(kind=4), dimension(:,:), allocatable :: bestfather
16 integer:: contadorprincipal,Undercontr
17
18 real(kind=4), dimension(2):: resul_dis_desc
19 real(kind=4), dimension(1)::GLD1_P
20 real(kind=4), dimension(5)::sdsa
21 real(kind=4), dimension(:,:), allocatable::resuldem
22 !PROG PRINCIPAL
23 integer(kind=4) :: contg,kki1,NN_P,totaluxxx_P,GLC1_P
24 real::Califi1,deforma_maxiP,esfuerzo_maxP,
25   deformacion_tolerable1,esfuerzo_tolerable1,dendencia1,F_y
26 real::bestdist
27 real(kind=4), dimension(:), allocatable ::fgfg1
28 real(kind=8), dimension(:), allocatable ::deformaciones_P
29 real(kind=8), dimension(:), allocatable ::
30   esfuerzo_sometidos_P
31 real(kind=4), dimension(:), allocatable ::LONG_12
32 real(kind=4), dimension(:), allocatable ::bestpoblac !
33 real(kind=4)::rty1,rty2,rty3,rty4,rty5
34 !integer, dimension(2):: hjjm
35 NUMERO_BARRAS=5
36 NN_P=6
37 totaluxxx_P=6
38 !GLD1_P=8
39 GLC1_P=4
40 deformacion_tolerable1=2
41 esfuerzo_tolerable1=25360000
42 F_y=esfuerzo_tolerable1
43 dendencia1=7850
44 K=5 ! Control de Presion selectiva a mayor valor mayor
45   presion y vicerversa
46   ! Se da menor para dar oprotunidad a los alejados de
47   la funcion obejtivo
48 NP=2 !CANTIDAD DE PADRES
49 PP=10 !7000
50 GENERACIONES=5 !300000
51 PPOBL=20
52 allocate(bestpoblac(1:NUMERO_BARRAS))
53 allocate(fgfg1(1:NUMERO_BARRAS))
54 allocate(LONG_12(1:NUMERO_BARRAS))
55 allocate(deformaciones_P(1:totaluxxx_P))
56 allocate(esfuerzo_sometidos_P(1:NUMERO_BARRAS))
57 allocate(poblac(1:PP,1:NUMERO_BARRAS),dista(1:PP))

```

```

54 allocate(bestfather(1:2,1:NUMERO_BARRAS))
55 allocate(resuldem(1:2,1:NUMERO_BARRAS))
56 !call creat_pobl(poblac(1:PP,1:NUMERO_BARRAS),dista(1:PP),PP
   )
57 allocate(PADRE1(1:NUMERO_BARRAS),PADRE2(1:NUMERO_BARRAS),
   DESCEN1(1:NUMERO_BARRAS),DESCEN2(1:NUMERO_BARRAS))
58
59 call creat_pobl(poblac(1:PP,1:NUMERO_BARRAS),dista(1:PP),
   NUMERO_BARRAS,PP,PPPOBL)
60 write(*,*)dista
61 !deallocate(PADRE1,PADRE2,DESCEN1,DESCEN2)
62 do contadorprincipal=1,GENERACIONES
63     Undercontr=1
64     write(*,*) contadorprincipal
65
66 call selcc_mt(K,PP,dista(1:PP),poblac(1:PP,1:NUMERO_BARRAS),
   NUMERO_BARRAS,bestfather(1:2,1:NUMERO_BARRAS))
67 PADRE1(1:NUMERO_BARRAS)=bestfather(1,1:NUMERO_BARRAS)
68 PADRE2(1:NUMERO_BARRAS)=bestfather(2,1:NUMERO_BARRAS)
69 call cruce(PADRE1(1:NUMERO_BARRAS), PADRE2(1:NUMERO_BARRAS)
   ,DESCEN1(1:NUMERO_BARRAS),DESCEN2(1:NUMERO_BARRAS),
   NUMERO_BARRAS)
70 call muta(DESCEN1(1:NUMERO_BARRAS),DESCEN2(1:NUMERO_BARRAS)
   ,NUMERO_BARRAS)
71 resuldem(1,1:NUMERO_BARRAS)=DESCEN1
72 resuldem(2,1:NUMERO_BARRAS)=DESCEN2
73 call func_fitnes(resuldem(1:2,1:NUMERO_BARRAS),NP,
   NUMERO_BARRAS,resul_dis_desc(1:2),NP,Undercontr)
74 call reducc(K,PP,dista,poblac,NUMERO_BARRAS,resul_dis_desc,
   resuldem)
75 end do
76 Undercontr=0
77
78 bestdist=minval(dista)
79
80 write(*,*)bestdist
81 write(*,*)poblac(minloc(dista),1:NUMERO_BARRAS)
82 !DESFINIR UNA POSICION APROX
83 DESCEN1=poblac(4,1:5)
84
85 resuldem(1,1:NUMERO_BARRAS)=DESCEN1
86 resuldem(2,1:NUMERO_BARRAS)=DESCEN1
87
88
89 call func_fitnes(resuldem(1:2,1:NUMERO_BARRAS),NP,
   NUMERO_BARRAS,resul_dis_desc(1:2),NP,Undercontr)
90
91 !do contadorprincipal=1,PP
92 !write(*,*)poblac(contadorprincipal,1:NUMERO_BARRAS)
93 !end do
94
95
96     end program   APIExample
97
98
99     subroutine func_fitnes(resuldem1,canhij,num_barr,
   resul_dis_desc1,tuj,under)
100     use SAP2000v19
101     implicit none
102     integer(kind=4), parameter :: nDimCON = 1 ! array

```



```

147 character(len=256) :: cLoadPat
148 character(len=256) :: variable_join
149 type(SA_BOUNDS) :: saBounds ! bounds object defining for
    SafeArray
150 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pModValueSA ! property
    modifiers-----
151 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pRestraintSA !
    restraints-----
152 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pPointLoadValueSA ! load
    values-----
153 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObjSA ! object names
154
155 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElmSA ! element names
156
157 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pLCaseSA ! load case
    names
158
159 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepTypeSA ! step type
    names
160
161 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepNumSA ! step numbers
162
163 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU1SA ! displacements
    along u1
164
165 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU2SA ! displacements
    along u2
166
167 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU3SA1 ! displacements
    along u3
168 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR1SA ! displacements
    along r1
169 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR2SA ! displacements
    along r2
170 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR3SA ! displacements
    along r3
171 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObj1 !
172 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObjSA1 ! object names
173 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElm1 !
174 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElmSA1 ! element names
175 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pLCaseSA1 ! load case
    names
176 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepTypeSA1 ! step type
    names
177 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepNumSA1 ! step
    numbers
178 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pP1
179 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pV21
180 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pV31
181 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pT1
182 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pM21
183 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pM31
184
185
186 integer :: contg,kki1,NN_P,totaluxxx_P,GLD1_P,GLC1_P
187 real::Califi1,deforma_maxiP,esfuerzo_maxP,
    deformacion_tolerable1,esfuerzo_tolerable1,dendidad1
188 real::bestdist
189 real(kind=8), dimension(454)::deformaciones_P !
    0J000000000000000000

```



```

234     fgfg1=resuldem1(contg,1:num_barr)
235
236     iStatus = $cSapModel_SetPresentUnits(pSapModel,
237     eUnits_kgf_m_C, iRet)
238
239     iStatus = $cSapModel_GetPropFrame(pSapModel, pPropFrame)
240
241     dTT11      = (4*fgfg1(1)/3.141592)**0.5
242     dTT21      = (4*fgfg1(2)/3.141592)**0.5
243     dTT31      = (4*fgfg1(3)/3.141592)**0.5
244     dTT41      = (4*fgfg1(4)/3.141592)**0.5
245     dTT51      = (4*fgfg1(5)/3.141592)**0.5
246
247     iColor     = -1
248     cNotes     = ''
249     cGUID      = ''
250
251     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'diagonales',
252     'acero liso', dTT11, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
253     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'bridainfe',
254     'acero liso', dTT21, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
255     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'bridasup',
256     'acero liso', dTT31, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
257     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'correa2', '
258     acero liso', dTT41, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
259     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'correa1', '
260     acero liso', dTT51, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
261
262     iStatus = $cSapModel_GetFile(pSapModel, pFile)
263     !save model
264     iStatus = $cFile_Save(pFile, cModelPath, iRet)
265     !run model (this will create the analysis model)
266     iStatus = $cSapModel_GetAnalyze(pSapModel, pAnalyze)
267     iStatus = $cAnalyze_RunAnalysis(pAnalyze, iRet)
268     !get Sap2000 results for load patterns 1 through 7
269     saBounds%lbound = 0
270     saBounds%extent = 0
271     pObjSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
272     pElmSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
273     pLCaseSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
274     pStepTypeSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
275     pStepNumSA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
276     pU1SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
277     pU2SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
278     pU3SA1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
279     pR1SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
280     pR2SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
281     pR3SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
282     dSapResultsRA1(:) = 0.
283     itemType = eItemTypeElm_ObjectElm
284     bSelected = .TRUE.
285     iStatus = $cSapModel_GetResults(pSapModel,
286     pAnalysisResults)
287     iStatus = $cAnalysisResults_GetSetup(pAnalysisResults,
288     pAnalysisResultsSetup)
289     !ret = SapModel.Results.Setup.
290     DeselectAllCasesAndCombosForOutput()
291     !ret = SapModel.Results.Setup.SetCaseSelectedForOutput
292     ("live")
293     variable_join='ALL'

```

```

284     do iCol=1,454
285         iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
286         cLoadPat='EMVOLVENTE'
287         iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
288         if (9>=iCol) then
289             write (variable_join, '(I1)') iCol
290         end if
291         if (99>=iCol>=10) then
292             write (variable_join, '(I2)') iCol
293         else
294             write (variable_join, '(I3)') iCol
295         end if
296         iStatus = $cAnalysisResults_JointDispl(pAnalysisResults,
variable_join, iItemType, iNumberResults, pObjSA, pElmSA,
pLCaseSA, pStepTypeSA, pStepNumSA, pU1SA, pU2SA, pU3SA1,
pR1SA, pR2SA, pR3SA, iRet)
297         iRet = SafeArrayGetElement(pU3SA1, 0, loc(dModValue))
298         deformaciones_P(iCol)=dModValue
299     end do
300
301     iRet = SafeArrayDestroy(pObjSA)
302     iRet = SafeArrayDestroy(pElmSA)
303     iRet = SafeArrayDestroy(pLCaseSA)
304     iRet = SafeArrayDestroy(pStepTypeSA)
305     iRet = SafeArrayDestroy(pStepNumSA)
306     iRet = SafeArrayDestroy(pU1SA)
307     iRet = SafeArrayDestroy(pU3SA1)
308     iRet = SafeArrayDestroy(pR1SA)
309     iRet = SafeArrayDestroy(pR2SA)
310     iRet = SafeArrayDestroy(pR3SA)
311
312     saBounds%lbound = 0
313     saBounds%extent = 0
314     pObj1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
315     pObjSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
316     pElm1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
317     pElmSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
318     pLCaseSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
319     pStepTypeSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds
)
320     pStepNumSA1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
321     pP1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
322     pV21 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
323     pV31 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
324     pT1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
325     pM21 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
326     pM31 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
327     dSapResultsRA1(:) = 0.
328     iItemType = eItemTypeElm_ObjectElm !1
329     bSelected = .TRUE.
330     iStatus = $cSapModel_GetResults(pSapModel,
pAnalysisResults)
331
332     iStatus = $cAnalysisResults_GetSetup(pAnalysisResults,
pAnalysisResultsSetup)
333     variable_join='ALL'

```

```

334
335         iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
336         cLoadPat='EMVOLVENTE'
337         iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
338         iStatus = $CAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,'1', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCASESA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP1, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
339         iRet = SafeArrayGetElement(pP1,0, loc(dModValue)
)
340         zcc=1
341         do iCol=1,1517
342
343             if (iCol==25) then
344                 iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
345                 cLoadPat='EMVOLVENTE'
346                 iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
347                 iStatus = $CAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,'25', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCASESA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP1, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
348                 iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(
dModValue))
349                 Momentocorrea(1)=dModValue
350                 iRet = SafeArrayGetElement(pP1,0, loc(dModValue)
)
351                 Fuerzacorrea(1)=dModValue
352             end if
353             if ( iCol==26) then
354                 iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
355                 cLoadPat='EMVOLVENTE'
356                 iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
357                 iStatus = $CAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,'26', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCASESA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP1, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
358                 iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(
dModValue))
359                 Momentocorrea(2)=dModValue
360                 iRet = SafeArrayGetElement(pP1,0, loc(dModValue)
)
361                 Fuerzacorrea(2)=dModValue
362             end if
363
364             if ( 877>=iCol .and. iCol>=65) then ! 813
elementos
365
366                 iStatus =

```

```

$CAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
367     cLoadPat='EMVOLVENTE'
368     iStatus =
$CAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
369     if (99>=iCol>=10) then
370         write (variable_join, '(I2)') iCol
371     else
372         write (variable_join, '(I3)') iCol
373     end if
374     iStatus = $CAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,variable_join, iItemType, iNumberResults
, pObj1, pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCaseSA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP1, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
375
376     iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(
dModValue))
377     MomentoV_princ(zcc)=dModValue
378     iRet = SafeArrayGetElement(pP1,0, loc(dModValue))
379     FuerzaV_princ(zcc)=dModValue
380     zcc=zcc+1
381     end if
382 end do
383 desbloquear_candado=.FALSE.
384
385 iStatus = $C SapModel_SetModelIsLocked (pSapModel,
desbloquear_candado,iRet)
386
387 penalizacion=0
388
389
390 do iCol=1,813
391
392     if (408>=iCol ) then
393
394         if (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para
comprision
395             rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg1(1)
/3.141592)**0.5)
396             F_esfuerzo_pandeo_critico
=3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2 !kg/m2
397             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
then
398                 F_cr=0.658** (F_y/
F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
399             else
400                 F_cr=0.877*
F_esfuerzo_pandeo_critico
401
402                 esfuerzo_diago_resistencia= F_cr
403                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1(1)
-abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(1)
/3.141592)**1.5)
404             end if
405
406             if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
407                 Tolerable_condi=1
408
409             else

```

```

410                                     Tolerable_condi=0
411                                     penalizacion=penalizacion+1
412                                 end if
413                                 esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
414                             else !para traccion
415                                 F_tension=0.9*F_y
416                                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1
(1)+abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(1)
/3.141592)**1.5)
417                                 if (F_tension>esfuerzo_combin) then
418                                     Tolerable_condi=1
419                                 else
420                                     Tolerable_condi=0
421                                     penalizacion=penalizacion+1
422                                 end if
423                                 esfuerzo_diago_resistencia=F_tension
424                                 esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
425
426
427                             end if
428
429                         end if
430
431
432
433                     if (610>=iCol>=409) then
434
435                         if (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para compresion
436                             rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg1(2)
/3.141592)**0.5)
437                             F_esfuerzo_pandeo_critico
=3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2 !kg/m2
438                             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
then
439                                     F_cr=0.658**((F_y/
F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
440                             else
441                                     F_cr=0.877*
F_esfuerzo_pandeo_critico
442                                     esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1(2)
-abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(2)
/3.141592)**1.5)
443                                     end if
444                                     if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
445                                         Tolerable_condi=1
446
447                                     else
448                                         Tolerable_condi=0
449                                         penalizacion=penalizacion+1
450                                     end if
451                                     esfuerzo_brinf_resistencia=F_cr
452                                     esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
453                                 else !para traccion
454                                     F_tension=0.9*F_y
455                                     esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1
(2)+abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(2)
/3.141592)**1.5)
456                                     if (F_tension>esfuerzo_combin) then
457                                         Tolerable_condi=1
458                                     else

```

```

459                                     Tolerable_condi=0
460                                     penalizacion=penalizacion+1
461                                 end if
462                                 esfuerzo_brinf_resistencia=F_tension
463                                 esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
464
465
466                             end if
467
468                         else
469
470                             if      (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para compresion
471                                 rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg1(3)
472                                     /3.141592)**0.5)
473                                 F_esfuerzo_pandeo_critico
474                                     =3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2      !kg/m2
475                                 if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
476                                     then
477                                         F_cr=0.658**((F_y/
478                                             F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
479                                         else
480                                             F_cr=0.877*
481                                             F_esfuerzo_pandeo_critico
482                                         esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1(3)
483                                         -abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(3)
484                                             /3.141592)**1.5)
485                                         end if
486                                         if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
487                                             Tolerable_condi=1
488                                         else
489                                             Tolerable_condi=0
490                                             penalizacion=penalizacion+1
491                                         end if
492                                         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
493                                         esfuerzo_brisup_resistencia=F_cr
494                                     else !para traccion
495                                         F_tension=0.9*F_y
496                                         esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg1
497                                             (3)+abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(3)
498                                                 /3.141592)**1.5)
499                                         if (F_tension>esfuerzo_combin) then
500                                             Tolerable_condi=1
501                                         else
502                                             Tolerable_condi=0
503                                             penalizacion=penalizacion+1
504                                         end if
505                                         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
506                                         esfuerzo_brisup_resistencia=F_y
507                                     end if
508                                 end if
509                             end if
510
511                         end do
512
513                     do    iCol=1,2

```

```

510
511
512         if      (0>= Fuerzacorrea(iCol)) then !para
comprasion
513             rela_esbelt=4*LONGCORREX(iCol)/((4*fgfg1(5)
/3.141592)**0.5)
514             F_esfuerzo_pandeo_critico
=3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2      !kg/m2
515             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
then
516                 F_cr=0.658**((F_y/
F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
517                 else
518                     F_cr=0.877*
F_esfuerzo_pandeo_critico
519                     esfuerzo_combin= Fuerzacorrea(iCol)/fgfg1(5)
-abs(Momentocorrea(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(5)
/3.141592)**1.5)
520                     end if
521                     if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
522                         Tolerable_condi=1
523
524                     else
525                         Tolerable_condi=0
526                         penalizacion=penalizacion+1
527                     end if
528                     esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
529                     esfuerzo_corre_resistencia= F_cr
530
531                 else !para traccion
532                     F_tension=0.9*F_y
533                     esfuerzo_combin=Fuerzacorrea(iCol)/fgfg1(5)
+abs(Momentocorrea(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg1(5)
/3.141592)**1.5)
534                     if (F_tension>esfuerzo_combin) then
535                         Tolerable_condi=1
536
537                     else
538                         Tolerable_condi=0
539                         penalizacion=penalizacion+1
540                     end if
541                     esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
542                     esfuerzo_corre_resistencia= F_y
543                 end if
544             end do
545
546             if (penalizacion==0) then
547
548                 Calif1=0
549
550                 do iCol=1,813
551                     if (408>=iCol) then
552                         Calif1=Calif1+fgfg1(1)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
553                     end if
554                     if (610>=iCol>=409) then
555                         Calif1=Calif1+fgfg1(2)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
556
557                     else

```

```

558                                     Calif11=Califi1+fgfg1(3)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
559                                     end if
560                                     end do
561
562                                     do iCol=1,2
563                                     Calif11=Califi1+fgfg1(5)*
dendidad1*LONGCORREX(iCol)
564                                     end do
565                                     resul_dis_desc1(contg)=Califi1
566
567                                     else
568                                     Calif11=0
569
570                                     do iCol=1,813
571                                     if (408>=iCol) then
572                                     Calif11=Califi1+fgfg1(1)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
573                                     end if
574                                     if (610>=iCol>=409) then
575                                     Calif11=Califi1+fgfg1(2)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
576                                     else
577                                     Calif11=Califi1+fgfg1(3)*
dendidad1*LONG_12(iCol)
578                                     end if
579                                     end do
580
581                                     do iCol=1,2
582                                     Calif11=Califi1+fgfg1(5)*
dendidad1*LONGCORREX(iCol)
583                                     end do
584
585                                     resul_dis_desc1(contg)=(Califi1)
586                                     *(10**8*penalizacion)
587
588                                     end if
589
590
591
592
593
594
595
596
597                                     !call METODO_RIGIDEZ(fgfg1(1:NUMERO_BARRAS),
deformaciones_P(1:totaluxxx_P),esfuerzo_sometidos_P(1:
NUMERO_BARRAS),NUMERO_BARRAS,NN_P,totaluxxx_P,GLD1_P,
GLC1_P)
598
599                                     end do
600
601                                     iStatus = cOMReleaseObject(pSapObject)
602                                     call COMUninitialize()
603
604
605                                     if (under==0) then
606
607                                     open(12,file='Resultados.txt')

```

```

608 do contg=1,408
609   if (408>=contg>=1)   then
610     write(12,*) "Diagonales",esfuerzo_sometidos(contg),
        esfuerzo_diago_resistencia,esfuerzo_sometidos(contg)/
        esfuerzo_diago_resistencia,"OK!!!"
611     end if
612
613     if (609>=contg>=408)   then
614 write(12,*) "Brid. infe",esfuerzo_sometidos(contg),
        esfuerzo_brinf_resistencia,esfuerzo_sometidos(contg)/
        esfuerzo_brinf_resistencia,"OK!!!"
615 end if
616
617 if      (813>=contg>=609)  then
618 write(12,*) "Brid. supe",esfuerzo_sometidos(contg),
        esfuerzo_brisup_resistencia,esfuerzo_sometidos(contg)/
        esfuerzo_brisup_resistencia,"OK!!!"
619
620 else
621 write(12,*) "Correa int",esfuerzo_sometidos(contg),
        esfuerzo_corre_resistencia,esfuerzo_sometidos(contg)/
        esfuerzo_corre_resistencia,"OK!!!"
622     end if
623
624 end do
625
626 do contg=1,454
627 write(12,*) "Deformaciones",deformaciones_P(contg),"0.05","
        OK!!!"
628 end do
629
630
631
632
633     end if
634
635     end subroutine      func_fitnes
636
637
638
639
640 subroutine creat_pobl(pobl,dist,NUMERO_BARRAS1,PP1,PPPOBL1)
641   use SAP2000v19
642   implicit none
643
644
645   integer(kind=4), parameter :: nDimCON = 1 ! array
        dimension OK00000000000000000000
646   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pHelper ! pointer to OAPI
        helper object
647   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pSapObject ! pointer to a
        Sap object
648   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pSapModel ! pointer to a
        model object
649   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pFile ! pointer to a file
        object
650   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pPropMaterial ! pointer
        to a material property object
651   integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pPropFrame ! pointer to a
        model object

```

```

652 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pFrameObj ! pointer to a
    frame object
653 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pView ! pointer to a view
    object
654 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pPointObj ! pointer to a
    point object
655 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pLoadPatterns ! pointer
    to a load patterns object
656 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pAnalyze ! pointer to an
    analyze object
657 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pAnalysisResults !
    pointer to a analysis results object
658 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pAnalysisResultsSetup !
    pointer to a setup object
659 integer(kind=4) :: iStatus ! error code returned from COM
    subsystem
660 integer(kind=4) :: iRet ! error code returned from
    SAP2000 API calls
661 integer(kind=4) :: iCol
662 integer(kind=4) :: iUnits
663 integer(kind=4) :: iColor
664 integer(kind=4) :: iWindow
665 integer(kind=4) :: itemType
666 integer(kind=4) :: iTypeLoadPat
667 integer(kind=4) :: iMyType
668 integer(kind=4) :: iDir
669 integer(kind=4) :: iNumberResults
670 real(kind=4) :: dSapResultsRA1(12)
671 real(kind=8) :: dTT11,dTT12
672 real(kind=8) :: dTT21 ,dTT22 ,dTT31 ,dTT32 ,dTT41
673 real(kind=8) :: dTT42,dTT51 ,dTT52,dTT61,dTT62
674 real(kind=8) :: dTT71,dTT72,dTT81,dTT82
675 real(kind=8) :: dTT91,dTT92,dTT101,dTT102
676
677 !real(kind=4) :: dModValue1(3)
678 real(kind=8) :: dModValue
679
680 real(kind=4) :: deforma(6)
681 real(kind=4) :: esfuerzo(10)
682 logical(kind=2) :: bAttachToInstance
683 logical(kind=2) :: bSelected
684 logical(kind=2) :: desbloquear_candado
685 character(len=256) :: cProgramPath
686 character(len=256) :: cModelPath
687 character(len=256) :: cNotes
688 character(len=256) :: cGUID
689 character(len=256) :: cCsys
690 character(len=256) :: cLoadPat
691 character(len=256) :: variable_join
692 type(SA_BOUNDS) :: saBounds ! bounds object defining for
    SafeArray
693 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pModValueSA ! property
    modifiers-----
694 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pRestraintSA !
    restraints-----
695 !integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pPointLoadValueSA ! load
    values-----
696 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObjSA ! object names
697
698 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElmSA ! element names

```

```

699
700 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pLCaseSA ! load case
names
701
702 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepTypeSA ! step type
names
703
704 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepNumSA ! step numbers
705
706 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU1SA ! displacements
along u1
707
708 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU2SA ! displacements
along u2
709
710 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pU3SA1 ! displacements
along u3
711 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR1SA ! displacements
along r1
712 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR2SA ! displacements
along r2
713 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pR3SA ! displacements
along r3
714 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObj1 !
715 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pObjSA1 ! object names
716 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElm1 !
717 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pElmSA1 ! element names
718 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pLCaseSA1 ! load case
names
719 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepTypeSA1 ! step type
names
720 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pStepNumSA1 ! step
numbers
721 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pP11
722 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pV21
723 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pV31
724 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pT1
725 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pM21
726 integer(kind=INT_PTR_KIND()) :: pM31
727
728
729
730 !VARAIABLES PARA Cnumeroaleato1
731 integer,intent(in) :: NUMERO_BARRAS1,PP1,PPPOBL1
732 integer:: cont1A,AREA_12,rel,xx,kki,xxcv,contcreat
733 real :: A_max,A_min,deformacion_tolerable,
esfuerzo_tolerable,dendidad,Califi
734 real :: deforma_maxi,esfuerzo_max
735 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: areastotal
736 real(kind=4), dimension(:,,:), allocatable :: lisaleresul
737 real(kind=4), dimension(:), allocatable :: Listhori_1
738 real(kind=4), dimension(:,,:), allocatable :: pohh
739 real(kind=4),intent(out), dimension(PP1,NUMERO_BARRAS1)
:: pobl
740 real(kind=4),intent(out), dimension(PP1) :: dist
741 real(kind=4),dimension(NUMERO_BARRAS1) :: fgfg, LONGF
742
743 real(kind=4),dimension(813) :: MomentoV_princ,
FuerzaV_princ
744 real(kind=4),dimension(2) :: Momentocorrea, Fuerzacorrea

```



```

789 allocate(areastotal(1:contlA))
790 !PARA CREAR LISTA DE LAS OPCIONES DE AREAS POR LO GENERAL
    SON COMERDCIALES
791 A_min=0.1
792 A_max=35
793 do AREA_12=1,contlA,1
794     areastotal(AREA_12)=A_min
795     A_min=A_min+0.1
796
797 end do
798 !call numer_aleatorio()
799 xxcv=NUMERO_BARRAS1*PPPOBL1
800 re1=(contlA)**0.5+1
801 re1=re1*xxcv !200=(10*20)numbaras *20 ppoblac
802 allocate(lisaleresul(1:xxcv,1:contlA))
803
804
805
806 !call numer_aleatorio1(areastotal(1:contlA),contlA,contlA,
    lisaleresul(1:xxcv,1:contlA),re1,xxcv)
807
808
809 !contcreat=1
810 !do xx=1,NUMERO_BARRAS1
811     ! do kki=1,PPPOBL1
812     ! Listhori_1(contlA*(kki-1)+1:contlA*(kki))=lisaleresul(
        contcreat,1:contlA)
813     ! contcreat=contcreat+1
814     ! end do
815     ! pohh(xx,1:PP1)=Listhori_1
816     ! end do
817     !pobl=transpose(pohh)
818
819 cModelPath = 'C:\CSiAPIexample\ API_1-xd2.sdb'
820 !initialize COM
821     call COMInitialize(iStatus)
822     !attach to a running instance of Sap2000
823     call COMGetActiveObjectByProgID("CSI.SAP2000.API.
        SapObject", pSapObject, iStatus)
824     call COMQueryInterface(pSapObject, IID_cOAPI,
        pSapObject, iStatus)
825     !create SapModel object
826     iStatus = $cOAPI_GetSapModel(pSapObject, pSapModel)
827
828
829 do xx=1,PP1
830     fgfg=pobl(xx,1:NUMERO_BARRAS1)
831     !call METODO_RIGIDEZ(fgfg(1:NUMERO_BARRAS1),
        deformaciones(1:totaluxxx),esfuerzo_sometidos(1:
        NUMERO_BARRAS1),NUMERO_BARRAS1,NN,totaluxxx,GLD1,GLC1)
832     iStatus = $cSapModel_SetPresentUnits(pSapModel,
        eUnits_kgf_m_C, iRet)
833
834     iStatus = $cSapModel_GetPropFrame(pSapModel, pPropFrame)
835
836     dTT11      = (4*fgfg(1)/3.141592)**0.5
837     dTT21      = (4*fgfg(2)/3.141592)**0.5
838     dTT31      = (4*fgfg(3)/3.141592)**0.5
839     dTT41      = (4*fgfg(4)/3.141592)**0.5
840     dTT51      = (4*fgfg(5)/3.141592)**0.5

```

```

841
842     iColor    = -1
843     cNotes    = ''
844     cGUID     = ''
845
846     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'diagonales'
847     , 'acero liso', dTT11, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
848     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'bridainfe',
849     'acero liso', dTT21, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
850     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'bridasup',
851     'acero liso', dTT31, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
852     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'correa2', '
853     acero liso', dTT41, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
854     iStatus = $cPropFrame_SetCircle(pPropFrame, 'correa1', '
855     acero liso', dTT51, iColor, cNotes, cGUID, iRet)
856
857     iStatus = $cSapModel_GetFile(pSapModel, pFile)
858     !save model
859     iStatus = $cFile_Save(pFile, cModelPath, iRet)
860     !run model (this will create the analysis model)
861     iStatus = $cSapModel_GetAnalyze(pSapModel, pAnalyze)
862     iStatus = $cAnalyze_RunAnalysis(pAnalyze, iRet)
863     !get Sap2000 results for load patterns 1 through 7
864     saBounds%lbound = 0
865     saBounds%extent = 0
866     pObjSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
867     pElmSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
868     pLCaseSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
869     pStepTypeSA = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
870     pStepNumSA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
871     pU1SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
872     pU2SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
873     pU3SA1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
874     pR1SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
875     pR2SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
876     pR3SA = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
877     dSapResultsRA1(:) = 0.
878     itemType = eItemTypeElm_ObjectElm
879     bSelected = .TRUE.
880     iStatus = $cSapModel_GetResults(pSapModel,
881     pAnalysisResults)
882     iStatus = $cAnalysisResults_GetSetup(pAnalysisResults,
883     pAnalysisResultsSetup)
884     !ret = SapModel.Results.Setup.
885     DeselectAllCasesAndCombosForOutput()
886     !ret = SapModel.Results.Setup.SetCaseSelectedForOutput
887     ("live")
888     variable_join='ALL'
889     do iCol=1,454 !CUIDADO CON LA LISTA DE deformaciones
890     iStatus =
891     $cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
892     (pAnalysisResultsSetup, iRet)
893     cLoadPat='EMVOLVENTE'
894     iStatus =
895     $cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
896     pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
897     !SapObject.SapModel.Results.Setup.
898     SetComboSelectedForOutput
899     if (9>=iCol) then
900     write (variable_join, '(I1)') iCol

```

```

887     end if
888     if (99>=iCol>=10) then
889         write (variable_join, '(I2)') iCol
890     else
891         write (variable_join, '(I3)') iCol
892     end if
893     iStatus = $cAnalysisResults_JointDispl(pAnalysisResults,
variable_join, iItemType, iNumberResults, pObjSA, pElmSA,
pLCaseSA, pStepTypeSA, pStepNumSA, pU1SA, pU2SA, pU3SA1,
pR1SA, pR2SA, pR3SA, iRet)
894     iRet = SafeArrayGetElement(pU3SA1, 0, loc(dModValue))
895     deformaciones(iCol)=dModValue
896     end do
897
898
899
900     saBounds%lbound = 0
901     saBounds%extent = 0
902     pObj1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
903     pObjSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
904     pElm1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
905     pElmSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
906     pLCaseSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds)
907     pStepTypeSA1 = SafeArrayCreate(VT_BSTR, nDimCON, saBounds
)
908     pStepNumSA1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
909     pP11 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
910     pV21 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
911     pV31 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
912     pT1 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
913     pM21 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
914     pM31 = SafeArrayCreate(VT_R8, nDimCON, saBounds)
915     dSapResultsRA1(:) = 0.
916     iItemType = eItemTypeElm_ObjectElm !1
917     bSelected = .TRUE.
918     iStatus = $cSapModel_GetResults(pSapModel,
pAnalysisResults)
919
920     iStatus = $cAnalysisResults_GetSetup(pAnalysisResults,
pAnalysisResultsSetup)
921     variable_join='ALL'
922
923     iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
924     cLoadPat='EMVOLVENTE'
925     iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
926     iStatus = $cAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults, '1', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1, pElm1, pElmSA1, pLCaseSA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1, pP11, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
927     iRet = SafeArrayGetElement(pP11, 0, loc(dModValue
))
928     zcc=1
929     do iCol=1, 1517
930
931         !
932         if (iCol==25) then

```

```

933         iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
934         cLoadPat='EMVOLVENTE'
935         iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
936         iStatus = $cAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,'25', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCaseSA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP11, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
937         iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(dModValue
))
938         Momentocorrea(1)=dModValue
939         iRet = SafeArrayGetElement(pP11,0, loc(dModValue)
)
940         Fuerzacorrea(1)=dModValue
941         end if
942
943         if ( iCol==26) then
944             iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
945             cLoadPat='EMVOLVENTE'
946             iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
947             iStatus = $cAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,'26', iItemType, iNumberResults, pObj1,
pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCaseSA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP11, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
948             iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(dModValue
))
949             Momentocorrea(2)=dModValue
950             iRet = SafeArrayGetElement(pP11,0, loc(dModValue)
)
951             Fuerzacorrea(2)=dModValue
952             end if
953
954
955         if ( 877>=iCol .and. iCol>=65) then ! 813
elementos
956             iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_DeselectAllCasesAndCombosForOutput
(pAnalysisResultsSetup, iRet)
957             cLoadPat='EMVOLVENTE'
958             iStatus =
$cAnalysisResultsSetup_SetComboSelectedForOutput(
pAnalysisResultsSetup, cLoadPat, bSelected, iRet)
959             if (99>=iCol>=10) then
960                 write (variable_join, '(I2)') iCol
961             else
962                 write (variable_join, '(I3)') iCol
963             end if
964             iStatus = $cAnalysisResults_FrameForce(
pAnalysisResults,variable_join, iItemType, iNumberResults
, pObj1, pObjSA1,pElm1, pElmSA1, pLCaseSA1, pStepTypeSA1,
pStepNumSA1,pP11, pV21, pV31, pT1, pM21, pM31, iRet)
965             iRet = SafeArrayGetElement(pM31,0, loc(dModValue)
)

```

```

966         MomentoV_princ(zcc)=dModValue
967         iRet = SafeArrayGetElement(pP11,0, loc(dModValue)
968     )
969     FuerzaV_princ(zcc)=dModValue
970     zcc=zcc+1
971     end if
972 end do
973 desbloquear_candado=.FALSE.
974
975 iStatus = $cSapModel_SetModelIsLocked (pSapModel,
976     desbloquear_candado,iRet)
977 penalizacion=0
978 do iCol=1,813
979     if (408>=iCol ) then
980
981         if (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para
982             comprsion
983             rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg(1)
984             /3.141592)**0.5)
985             F_esfuerzo_pandeo_critico
986             =3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2 !kg/m2
987             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
988             then
989                 F_cr=0.658**((F_y/
990                 F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
991                 else
992                 F_cr=0.877*
993                 F_esfuerzo_pandeo_critico
994                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(1)-
995                 abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(1)
996                 /3.141592)**1.5)
997                 end if
998                 if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
999                     Tolerable_condi=1
1000                 else
1001                     Tolerable_condi=0
1002                     penalizacion=penalizacion+1
1003                 end if
1004                 esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1005             else !para traccion
1006                 F_tension=0.9*F_y
1007                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(1)
1008                 +abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(1)
1009                 /3.141592)**1.5)
1010                 if (F_tension>esfuerzo_combin) then
1011                     Tolerable_condi=1
1012                 else
1013                     Tolerable_condi=0
1014                     penalizacion=penalizacion+1
1015                 end if
1016                 esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1017             end if
1018         end if
1019     end if

```

```

1014
1015
1016
1017         if      (610>=iCol>=409)   then
1018
1019         if      (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para comprsion
1020             rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg(2)
1021 /3.141592)**0.5)
1022             F_esfuerzo_pandeo_critico
1023 =3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2      !kg/m2
1024             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
1025 then
1026                 F_cr=0.658**((F_y/
1027 F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
1028             else
1029                 F_cr=0.877*
1030 F_esfuerzo_pandeo_critico
1031                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(2)-
1032 abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(2)
1033 /3.141592)**1.5)
1034             end if
1035             if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
1036                 Tolerable_condi=1
1037             else
1038                 Tolerable_condi=0
1039                 penalizacion=penalizacion+1
1040             end if
1041             esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1042         else !para traccion
1043             F_tension=0.9*F_y
1044             esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(2)
1045 +abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(2)
1046 /3.141592)**1.5)
1047             if (F_tension>esfuerzo_combin) then
1048                 Tolerable_condi=1
1049             else
1050                 Tolerable_condi=0
1051                 penalizacion=penalizacion+1
1052             end if
1053             esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1054         end if
1055     else
1056
1057         if      (0>=FuerzaV_princ(iCol)) then !para comprsion
1058             rela_esbelt=4*LONG_12(iCol)/((4*fgfg(3)
1059 /3.141592)**0.5)
1060             F_esfuerzo_pandeo_critico
1061 =3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2      !kg/m2
1062             if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
1063 then
1064                 F_cr=0.658**((F_y/
1065 F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
1066             else
1067                 F_cr=0.877*
1068 F_esfuerzo_pandeo_critico
1069                 esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(3)-

```

```

1060         abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(3)
1061         /3.141592)**1.5)
1062         end if
1063         if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
1064             Tolerable_condi=1
1065         else
1066             Tolerable_condi=0
1067             penalizacion=penalizacion+1
1068         end if
1069         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1070     else !para traccion
1071         F_tension=0.9*F_y
1072         esfuerzo_combin=FuerzaV_princ(iCol)/fgfg(3)
1073         +abs(MomentoV_princ(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(3)
1074         /3.141592)**1.5)
1075         if (F_tension>esfuerzo_combin) then
1076             Tolerable_condi=1
1077         else
1078             Tolerable_condi=0
1079             penalizacion=penalizacion+1
1080         end if
1081         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1082     end if
1083 end if
1084 end do
1085 do iCol=1,2
1086     if (0>= Fuerzacorrea(iCol)) then !para
1087     compresion
1088         rela_esbelt=4*LONGCORREX(iCol)/((4*fgfg(5)
1089         /3.141592)**0.5)
1090         F_esfuerzo_pandeo_critico
1091         =3.141592**2*20000000000/rela_esbelt**2 !kg/m2
1092         if (2.25>=F_y/F_esfuerzo_pandeo_critico)
1093         then
1094             F_cr=0.658**((F_y/
1095             F_esfuerzo_pandeo_critico)*F_y
1096         else
1097             F_cr=0.877*
1098             F_esfuerzo_pandeo_critico
1099             esfuerzo_combin= Fuerzacorrea(iCol)/fgfg(5)-
1100             abs(Momentocorrea(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(5)
1101             /3.141592)**1.5)
1102             end if
1103             if (F_cr>abs(esfuerzo_combin)) then
1104                 Tolerable_condi=1
1105             else
1106                 Tolerable_condi=0
1107                 penalizacion=penalizacion+1
1108             end if

```

```

1108         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1109     else !para traccion
1110         F_tension=0.9*F_y
1111         esfuerzo_combin=Fuerzacorrea(iCol)/fgfg(5)+
abs(Momentocorrea(iCol))*32/(3.141592*(4*fgfg(5)
/3.141592)**1.5)
1112         if (F_tension>esfuerzo_combin) then
1113             Tolerable_condi=1
1114         else
1115             Tolerable_condi=0
1116             penalizacion=penalizacion+1
1117         end if
1118         esfuerzo_sometidos(iCol)=esfuerzo_combin
1119
1120
1121     end if
1122 end do
1123
1124 if (penalizacion==0) then
1125
1126     Califi=0
1127
1128     do iCol=1,813
1129         if (408>=iCol) then
1130             Califi=Califi+fgfg(1)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1131         end if
1132         if (610>=iCol>=409) then
1133             Califi=Califi+fgfg(2)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1134         else
1135             Califi=Califi+fgfg(3)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1136         end if
1137     end do
1138
1139     do iCol=1,2
1140         Califi=Califi+fgfg(5)*
dendidad*LONGCORREX(iCol)
1141     end do
1142     dist(xx)=Califi
1143
1144     else
1145         Califi=0
1146
1147         do iCol=1,813
1148             if (408>=iCol) then
1149                 Califi=Califi+fgfg(1)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1150             end if
1151             if (610>=iCol>=409) then
1152                 Califi=Califi+fgfg(2)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1153             else
1154                 Califi=Califi+fgfg(3)*
dendidad*LONG_12(iCol)
1155             end if
1156         end do
1157     end do
1158

```

```

1159
1160         do iCol=1,2
1161             Califi=Califi+fgfg(5)*
dendencia*LONGCORREX(iCol)
1162         end do
1163
1164             dist(xx)=(Califi)*(10**8*
penalizacion)
1165
1166         end if
1167
1168
1169         end do
1170
1171 iStatus = cOMReleaseObject(pSapObject)
1172 call COMUninitialize()
1173
1174
1175         end subroutine creat_pobl
1176
1177
1178         subroutine numer_aleatorio1(lista,n,k,resul,re,xxi)
1179 !*****PARA AREAS*****DE FORMA AELATORIA
1180 implicit none
1181 INTEGER:: i,j,res11,mm,jj,ii,ix
1182 integer, intent(in) :: n,k,re,xxi
1183 !integer, intent(in),dimension(2) ::hr
1184 real, intent(in),dimension(n) ::lista
1185 real, intent(out),dimension(2) ::resul
1186 real, dimension(k) ::resul1
1187 !REAL :: r(n**0.5,n**0.5)
1188 integer ::resp(k),artif(1:(2*re*2*re))
1189 !call numer_alea()
1190 REAL :: r(2*re,2*re)
1191 !OJO DEPENDERA DE LA CANTIDAD DE POBLACION
1192 ! write(*,*)re
1193
1194 !re=hr(1)
1195 !ix=hr(2)
1196
1197 CALL RANDOM_NUMBER(r)
1198 ii=1
1199 do i=1,2*re,1
1200     do j=1,2*re,1
1201         res11=r(i,j)*10**3+1 !CAMBIAR PARA OTROS
ojoooooooooooooooooooo
1202         artif(ii)=res11
1203         !write(*,*)ii
1204         ii=ii+1
1205     end do
1206 end do
1207 ix=1
1208
1209 do mm=1,xxi
1210
1211     jj=1
1212     do while (jj/=k+1)
1213         res11=artif(ix)
1214         if (k>=res11) then
1215             resp(jj)=res11

```

```

1216         jj=jj+1
1217     end if
1218     ix=ix+1
1219 end do
1220 !write(*,*) resp
1221 do i=1,k,1
1222     resul11(i)=lista(resp(i))
1223 end do
1224 !write(*,*) resul
1225 resul(mm,1:k)=resul11
1226 end do
1227 end subroutine numer_aleatorio1
1228
1229
1230
1231 subroutine selcc_mt(k11,PP1,dista1,poblac1,NUM_BARRAS1,
mejor1 )
1232 implicit none
1233 integer, intent(in)::k11,PP1,NUM_BARRAS1
1234 integer(kind=4), dimension(5):: l_k
1235 real(kind=4), dimension(5):: l_kk
1236 integer, dimension(2):: mejor
1237 real(kind=4), intent(out), dimension(2,NUM_BARRAS1)::
mejor1
1238 real(kind=4), intent(in), dimension(PP1,NUM_BARRAS1)::
poblac1
1239 real(kind=4), intent(in), dimension(PP1):: dista1
1240 INTEGER:: we,j,PP12,cont
1241 INTEGER:: PP22,PP32,val_sd
1242 INTEGER::rt_lis,rt1_lis
1243 real:: aa
1244
1245 ! para cantidad de descent
1246 PP12=PP1
1247 PP22=PP12/10
1248 PP32=PP22/10
1249 !do while ((lk(1)==lk(2)) .and. (lk(2)==lk(3)) .and.
(lk(3)==lk(4)) .and. (lk(4)==lk(5)) .and. (lk(1)==lk(3))
.and. (lk(1)==lk(4)) .and. (lk(1)==lk(5)) .and. (lk(2)==
lk(4)) .and. (lk(2)==lk(5)) .and. (lk(3)==lk(5))
)
1250     cont=1
1251
1252     do while (cont/=0)
1253
1254         cont=0
1255
1256         l_k(1)=3111
1257         l_k(2)=3111
1258         do while (l_k(1)==l_k(2))
1259             do j=1,2
1260
1261                 call numer_al(we,PP12)
1262                 l_k(j)=we
1263             end do
1264         end do
1265
1266         l_k(3)=3111
1267         l_k(4)=3111
1268         do while (l_k(3)==l_k(4))
1269             do j=3,4

```

```

1270
1271         call numer_al(we,PP12)    !cambiar cuando la
poblacion es demasiada grande
1272         l_k(j)=we
1273     end do
1274 end do
1275
1276
1277     l_k(5)=l_k(4)
1278     do while (l_k(5)==l_k(4))
1279         do j=5,5
1280
1281             call numer_al(we,PP12)    !cambiar cuando
la poblacion es demasiada grande
1282             l_k(j)=we
1283         end do
1284     end do
1285
1286
1287         if (l_k(1)==l_k(2)) then
1288             cont=cont+1
1289             end if
1290         if (l_k(2)==l_k(3)) then
1291             cont= cont+1
1292             end if
1293
1294         if (l_k(3)==l_k(4)) then
1295             cont= cont+1
1296             end if
1297
1298         if (l_k(4)==l_k(5)) then
1299             cont= cont+1
1300         end if
1301
1302         if (l_k(1)==l_k(3)) then
1303             cont= cont+1
1304             end if
1305             if (l_k(1)==l_k(4)) then
1306                 cont= cont+1
1307             end if
1308
1309             if (l_k(1)==l_k(5)) then
1310                 cont=cont+1
1311             end if
1312
1313         if (l_k(2)==l_k(4)) then
1314             cont=cont+1
1315             end if
1316
1317         if (l_k(2)==l_k(5)) then
1318             cont= cont+1
1319             end if
1320
1321         if (l_k(3)==l_k(5)) then
1322             cont=cont+1
1323             end if
1324
1325     end do
1326     ! lista de posicion de intercambio
1327     ! para cantidad de intercambio segun a la lista

```



```

1380         call numer_al(we, NUM_BARRAS)
1381         lk(j)=we
1382     end do
1383
1384 end do
1385 ! lista de posicion de intercambio
1386 ! para cantidad de intercambio segun a la lista
anyterior
1387 !write(*,*)lk
1388 if (i==1) then
1389     ss1=DESCE1(lk(1))
1390     ss2=DESCE1(lk(2))
1391     DESCE1(lk(1))=ss2
1392     DESCE1(lk(2))=ss1
1393
1394 else
1395     ss1=DESCE2(lk(1))
1396     ss2=DESCE2(lk(2))
1397     DESCE2(lk(1))=ss2
1398     DESCE2(lk(2))=ss1
1399 end if
1400
1401 end do
1402 end subroutine muta
1403
1404 subroutine numer_al(qwe,lim_sup)
1405     implicit none
1406     integer :: values(1:8), k,i,convcifras
1407     integer, dimension(:), allocatable :: seed
1408     real :: r
1409     integer, intent(out) :: qwe
1410     integer, intent(in) :: lim_sup
1411     call random_seed(size=k)
1412     allocate(seed(1:k))
1413
1414     r=1
1415     if (9>=lim_sup .and. lim_sup>=1) then
1416         convcifras=1
1417     end if
1418
1419     if (99>=lim_sup .and. lim_sup>=10) then
1420         convcifras=2
1421     end if
1422
1423     if (999>=lim_sup .and. lim_sup>=100) then
1424         convcifras=3
1425     end if
1426     if (9999>=lim_sup .and. lim_sup>=1000) then
1427         convcifras=4
1428     end if
1429
1430     i=1
1431     do while (i==1)
1432
1433         call date_and_time(values=values)
1434         seed = values(8)*r*10000
1435         !write(*,*)seed
1436         call random_seed(put=seed)
1437         call random_number(r)
1438         qwe=r*(10**(convcifras))+1

```

```

1439 !aqui si hay lim inferior
1440 if (lim_sup>=qwe .and. qwe>=1) then
1441 i=0
1442 end if
1443 !write(*,*)r
1444 end do
1445
1446 DEALLOCATE(seed) !ojooooo cudiado con el deall
1447 end subroutine numer_al
1448
1449 subroutine reducc(k,PP1,dista1,poblac1,NUM_BARRAS1,
      resul_dis_desc1,resuldem1)
1450
1451   implicit none
1452   integer, intent(in)::k,PP1,NUM_BARRAS1
1453   integer, dimension(1:k):: lk
1454   real, dimension(k):: lkk,listaux
1455   integer, dimension(2):: mejor, mejorindexreem
1456   real(kind=4), dimension(2,NUM_BARRAS1):: mejor1
1457   real(kind=4), intent(inout), dimension(PP1,NUM_BARRAS1)
      ::poblac1
1458   real(kind=4), intent(inout), dimension(PP1):: dista1
1459   real(kind=4), intent(in), dimension(2):: resul_dis_desc1
1460   real(kind=4), intent(in), dimension(1:2,1:NUM_BARRAS1)::
      resuldem1
1461   integer, dimension(4):: mejorbest
1462   real(kind=4), dimension(4,NUM_BARRAS1):: mejorbest1
1463   INTEGER:: we,j,PP12,cont
1464   INTEGER:: PP22,PP32
1465   integer::rt_lis,rt1_lis,rt_lis_mm,rt1_lis_mm
1466   real:: aa,min_valor,min1_valor
1467   INTEGER:: xx_dds(2)
1468   ! para cantidad de descent
1469   PP12=PP1
1470   PP22=PP12
1471   PP32=PP12
1472   !do while ((lk(1)==lk(2)) .and. (lk(2)==lk(3)) .and.
      (lk(3)==lk(4)) .and. (lk(4)==lk(5)) .and. (lk(1)==lk(3))
      .and. (lk(1)==lk(4)) .and. (lk(1)==lk(5)) .and. (lk(2)==
      lk(4)) .and. (lk(2)==lk(5)) .and. (lk(3)==lk(5))
      )
1473   cont=1
1474
1475   do while (cont/=0)
1476
1477       cont=0
1478       lk(1)=3111
1479       lk(2)=3111
1480   do while (lk(1)==lk(2))
1481       do j=1,2
1482
1483           call numer_al(we,PP12)
1484           lk(j)=we
1485       end do
1486   end do
1487
1488   lk(3)=3111
1489   lk(4)=3111
1490   do while (lk(3)==lk(4))
1491       do j=3,4

```

```

1493         call numer_al(we, PP22)
1494         lk(j)=we
1495     end do
1496 end do
1497
1498
1499 lk(5)=lk(4)
1500 do while (lk(5)==lk(4))
1501     do j=5,5
1502
1503         call numer_al(we, PP32)
1504         lk(j)=we
1505     end do
1506 end do
1507
1508
1509         if (lk(1)==lk(2)) then
1510             cont=cont+1
1511         end if
1512         if (lk(2)==lk(3)) then
1513             cont= cont+1
1514         end if
1515
1516         if (lk(3)==lk(4)) then
1517             cont= cont+1
1518         end if
1519
1520         if (lk(4)==lk(5)) then
1521             cont= cont+1
1522         end if
1523
1524         if (lk(1)==lk(3)) then
1525             cont= cont+1
1526         end if
1527         if (lk(1)==lk(4)) then
1528             cont= cont+1
1529         end if
1530
1531         if (lk(1)==lk(5)) then
1532             cont=cont+1
1533         end if
1534
1535         if (lk(2)==lk(4)) then
1536             cont=cont+1
1537         end if
1538
1539         if (lk(2)==lk(5)) then
1540             cont= cont+1
1541         end if
1542
1543         if (lk(3)==lk(5)) then
1544             cont=cont+1
1545         end if
1546
1547     end do
1548     ! lista de posicion de intercambio
1549     ! para cantidad de intercambio segun a la lista
1550     anyterior
1551
1552     !OJOO PROBAR CUANDO VALE CREAR POBLAICON SINO

```



```

1600      dista antes"
1601          dista1(mejor(1))=min_valor
1602          dista1(mejor(2))=min1_valor
1603          !write(*,*)dista1(mejor(1)),dista1(mejor(2)),"
1604      dista despues"
1605          !write(*,*)min_valor,min1_valor," mejor dist"
1606          !write(*,*) poblac1(mejor(1),1:NUM_BARRAS1)
1607          !write(*,*) poblac1(mejor(2),1:NUM_BARRAS1),"
1608      poblac antes"
1609          poblac1(mejor(1),1:NUM_BARRAS1)=mejorbest1(
1610      xx_dds(1),1:NUM_BARRAS1)
1611          poblac1(mejor(2),1:NUM_BARRAS1)=mejorbest1(
1612      xx_dds(2),1:NUM_BARRAS1)
1613          !write(*,*)mejorbest1(xx_dds(1),1:NUM_BARRAS1),
1614      mejorbest1(xx_dds(2),1:NUM_BARRAS1)," mejor en plo"
1615          !write(*,*) poblac1(mejor(1),1:NUM_BARRAS1)
1616          !write(*,*) poblac1(mejor(2),1:NUM_BARRAS1),"
1617      poblac antes"
1618
1619      end subroutine reducc
1620
1621
1622      subroutine valor_abs(LP,N)
1623      implicit none
1624      INTEGER:: i
1625      integer, intent(in) :: N
1626      real(kind=8), intent(inout),dimension(N) :: LP
1627      DO i=1,N,1
1628          LP(i)=abs(LP(i))
1629      end do
1630      end subroutine valor_abs
1631
1632
1633      subroutine METODO_BURBUJA(LP,N)
1634      implicit none
1635      integer ::i,j
1636      real(kind=4)::aux
1637      integer, intent(in) :: N
1638      !real(kind=8), intent(in),dimension(N) ::LP
1639      real(kind=8), intent(inout),dimension(N) ::LP
1640
1641      do i=1,N-1,1
1642
1643          do j=1,N-1,1
1644              aux=LP(j+1)
1645              if (LP(j)>LP(j+1)) then
1646                  LP(j+1)=LP(j)
1647                  LP(j)=aux
1648              end if
1649          end do
1650      end do
1651
1652      end subroutine METODO_BURBUJA

```

Listing 6.1: Código Fortran

6.4. Perfiles de barras de acero comerciales



Figura 6.16: "L"

Tipo de Sección Transversal	Dimensiones (mm)
Ángulos Estructurales	20x20x2.0
	20x20x2.5
	20x20x3.0
	25x25x2.0
	25x25x2.5
	25x25x3.0
	25x25x4.5
	30x30x2.0
	30x30x2.5
	30x30x3.0
	30x30x4.5
	38x38x2.0

Tabla 6.1: Perfil "L"

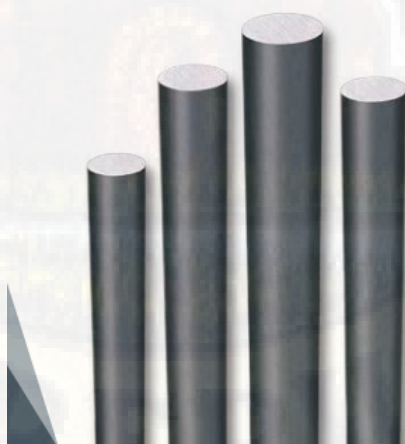


Figura 6.17: Circular

Tipo de Sección Transversal	Dimensiones (pulg.)
Circular	3/8
	1/2
	5/8
	3/4
	7/8
	1
	1 1/8
	1 1/4
	1 1/2
	1 3/4
	2
	2 1/2

Tabla 6.2: Perfil Circular

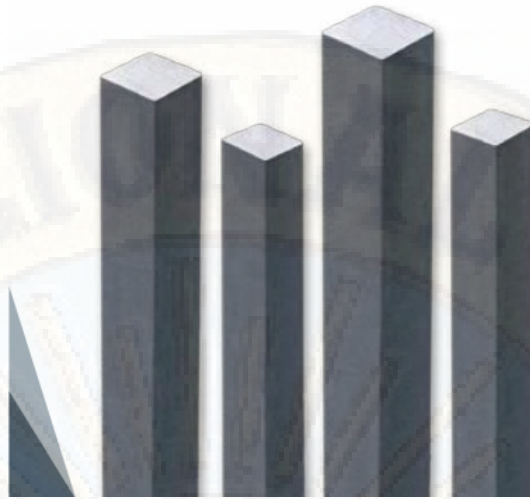


Figura 6.18: Cuadrada

Tipo de Sección Transversal	Dimensiones(pulg)
Cuadrado	3/4
	1

Tabla 6.3: Perfil Cuadrado



Figura 6.19: Tee

Tipo de Sección Transversal	Dimensiones(pulg)
Tees	1 1/4x 1 1/4x1/8
	1 1/2x 1 1/2x1/8
	1 1/2x 1 1/2x3/16
	2x 2x1/4

Tabla 6.4: Perfil Tees

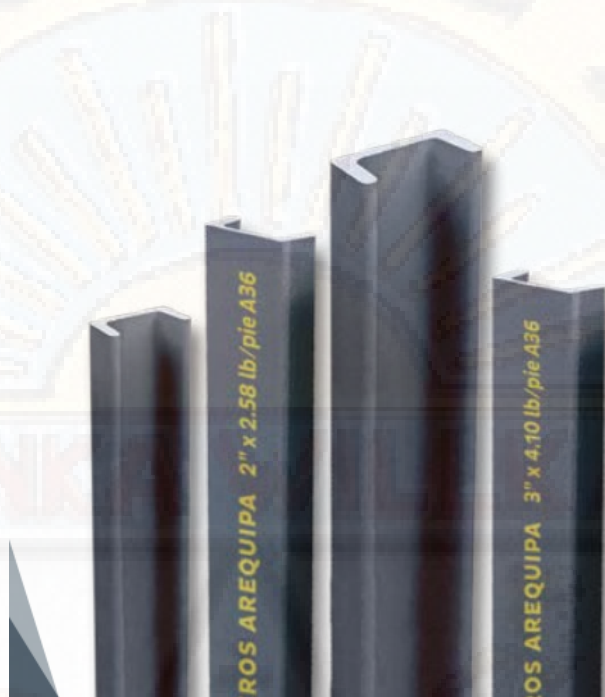


Figura 6.20: Canal U

Tipo de Sección Transversal	Dimensiones(pulg)
Canales U	2" x 2.58
	3" x 4.10
	3" x 5.00
	4" x 5.40
	4" x 7.25

Tabla 6.5: Perfil Canal U

Matriz de Consistencia

Definición del Problema	Objetivos	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Antecedentes	Hipótesis General	Identificación de variables:	Tipo: Aplicada o Tecnológica
¿Cuál es la efectividad del método de algoritmos genéticos en la optimización del diseño de estructura de acero en coberturas para la reducción del material de la estructura de acero?	Determinar cuál es la efectividad del método de algoritmos genéticos en la optimización del diseño de estructura de acero en coberturas para la reducción del material de la estructura de acero.	Local - No se encontraron antecedentes relacionados con el tema de investigación Nacional - Universidad Privada del Norte- Perú (2015) Ramírez, realizó la siguiente tesis: "Metodología basadas en Ondas de	El método de Algoritmos genéticos en la Optimización de estructuras de acero en coberturas para la reducción del material resulto ser efectivo en un porcentaje considerable.	a. Variable Independiente: Método de Algoritmo Genético. b. Variable dependiente: Optimización del diseño de estructuras de acero en coberturas.	Nivel: Explicativo Diseño de investigación: D.E.: Diseño experimental G1 X O1 G2 - O2 Donde: G1, G2: Grupo de control O1, O2: Mediciones posteriores al estímulo de la variable independiente.
Problema específico:	Objetivo específico:	Agua y programación en paralelo para el Diseño Óptimo de Armaduras de acero".	Hipótesis específicas:	Dimensiones:	X: Tratamiento o estímulo con algoritmos genéticos.
• ¿Cuáles serían las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en cobertura luego de aplicar el método de algoritmos genéticos?	Determinar cuáles serían las dimensiones de los elementos de la Estructura de Acero en coberturas luego de aplicar el método algoritmos genéticos.	Internacional Universidad Politécnica de Valencia - España (2016): Sánchez, realizo la investigación "Optimización estructural y topológica de estructuras morfológicamente no definidas mediante algoritmos genéticos".	Las dimensiones de los elementos de la estructura de acero en coberturas luego de aplicar el método de algoritmos son adecuadas.	• Dimensiones de la Sección Transversal de los elementos de la estructura de acero. • Fuerzas Importantes Máximas para cada elemento.	Población y Muestra: Población: Estructura metálica de la cobertura del complejo Juan Pablo II. Muestra: Estructura metálica de la cobertura del complejo Juan Pablo II.
• ¿Cuáles serían las fuerzas relevantes para los elementos estructurales luego de aplicar el método algoritmos genéticos?	Determinar cuáles serían las fuerzas relevantes para los elementos estructurales luego de aplicar el método algoritmos genéticos.	Universidad Nacional de Colombia (2017): Camacho, realizó la investigación: "Optimización Topológica en Estructural de Ensamblaje".	Los parámetros de búsqueda efectivas son probabilidad de cruce 50 %, probabilidad de mutación 10 %.	• Los parámetros de búsqueda.	Técnicas de Recolección de Datos: - Guías de observación y observación directa (reportes de resultados obtenidos y comparación). - Guías de análisis documental y contenido (libros, normas y reglamentos).
• ¿Cuáles serían los parámetros de búsqueda para la aplicación de algoritmos genéticos?	Determinar cuáles serían los parámetros de búsqueda para la aplicación de algoritmos genéticos				Instrumentos de Recolección de Datos: - Computadora con Procesador Intel R Core i7. - Lenguaje de programación Fortran.