



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
COSTOS DE PERFILERÍA EN EL DISEÑO
ESTRUCTURAL DE NAVES INDUSTRIALES
DE ACERO, APLICANDO LOS MÉTODOS
DEL ASD Y LRFD, BASADOS EN LAS
NORMAS COVENIN 1618-82 Y COVENIN
1618-98.**

Autores: José Carrillo
C.I: 19.431.910
Víctor Montilla
C.I: 23.542.285

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PERFILERÍA EN
EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVES INDUSTRIALES DE ACERO,
APLICANDO LOS MÉTODOS DEL ASD Y LRFD, BASADOS EN LAS
NORMAS COVENIN 1618-82 Y COVENIN 1618-98.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: José Carrillo

C.I: 19.431.910

Víctor Montilla

C.I: 23.542.285

Tutores: Alejandro Pocaterra

C.I: 7.109.571

San Diego, Noviembre del 2017



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-I-034-2017-2

Valencia, 07 de Julio de 2017.

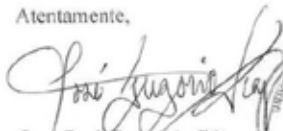
Ciudadanos:

José Carrillo
C.I. 19.431.910
Victor Montilla
C.I. 23.542.285
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2017 de fecha 07/07/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PERFILERÍA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVES INDUSTRIALES DE ACERO, APLICANDO LOS MÉTODOS DEL ASD Y LRFD, BASADOS EN LA NORMAS COVENIN 1618-82 Y COVENIN 1618-98." Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Alejandro Pocaterra, C.I. 7.109.571 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Ing. José Gregorio Díaz
Decano de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

JGD/fr.




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Alejandro Pocaterra portador de la cédula de identidad 7.109.571, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Carrillo C. José D; Montilla P. Victor J; portadores de la cédula de identidad 19.431.910; 23.542.285, titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PERFILERÍA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVES INDUSTRIALES DE ACERO, APLICANDO LOS MÉTODOS DEL ASD Y LRFD, BASADOS EN LAS NORMAS COVENIN 1618-82 Y COVENIN 1618-98", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los Diez y Nueve días del año 2017.

del mes de Octubre


Ing. Alejandro Pocaterra
C.I.: 7.109.571

DEDICATORIA

A Dios, Santo Cristo de La Grita y a la Divina Pastora, quienes siempre nos han acompañado y bendecido dándonos las capacidades necesarias para afrontar los retos y alcanzar la meta de ser Ingenieros Civiles.

A nuestros Padres, Carmen e Irma, Henry y Alexis, por su apoyo incondicional en esta etapa de nuestras vidas, gracias a sus sacrificios y bendiciones que hicieron que este camino fuera más sencillo de recorrer, sin ustedes nada de esto hubiese sido posible, simplemente gracias por todo lo que nos enseñan día a día.

A nuestros abuelos, Carmen Victoria, Concha (

ÍNDICE

CONTENIDO		PP.
DEDICATORIA		v
INDICE DE TABLAS		vii
INDICE DE FIGURAS		x
RESUMEN		xii
INTRODUCCIÓN		1
CAPÍTULO		
I	EL PROBLEMA	
	1.1 Planteamiento del problema.....	3
	1.2 Formulación del problema.....	5
	1.3 Objetivos de la investigación.....	6
	1.3.1 Objetivo general.....	6
	1.3.2 Objetivos específicos.....	6
	1.4 Justificación de la investigación.....	6
	1.5 Alcance y limitación.....	7
II	MARCO TEÓRICO	
	2.1 Antecedentes.....	8
	2.2 Bases teóricas.....	10
	2.2.1 Disposiciones generales del acero estructural.....	11
	2.2.1.1 Acero.....	11
	2.2.1.2 Propiedades de los aceros estructurales.....	11
	2.2.1.3 Aceros estructurales.....	15
	2.2.2 Diseño estructural: acciones y métodos.....	18
	2.2.3 Naves industriales.....	23
	2.3 Bases Legales.....	25
	2.4 Definición de términos.....	26
III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de investigación.....	29
	3.2 Diseño de la investigación.....	30
	3.3 Nivel de la investigación.....	30
	3.4 Población y muestra.....	31
	3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
	3.6 Fases metodológicas.....	32
IV	RESULTADOS	
	4.1 Describir los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño estructural en acero por ASD y LRFD.....	37
	4.2 Diseñar estructuralmente distintas naves industriales de acero aplicando los métodos del ASD y LRFD.....	51
	4.3 Calcular la densidad estructural (en kg/m ²) y los costos de	80

perfilería de acero de las distintas naves industriales por los métodos ASD y LRFD.....	
4.4 Comparar la densidad estructural y los costos obtenidos de perfilería de acero de las distintas naves industriales diseñadas por los métodos ASD y LRFD.....	98
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS.....	119
ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PP.
1	Perfiles estructurales laminados de alas paralelas (wf).....	17
2	Perfiles estructurales laminados de alas inclinadas.....	18
3	Factores de minoración de resistencia ϕ	22
4	Hipótesis de solicitaciones con cargas mayoradas.....	23
5	Medidas de naves industriales de acero a diseñar.....	51
6	Clasificación de la nave industrial N°1, según el uso y las características de respuesta ante la acción del viento.....	53
7	Acciones por efecto del viento para la Nave Industrial N°1.....	54
8	Coefficientes de forma (Cp) para el cálculo de las acciones externas en sistemas resistentes al viento para la Nave Industrial N°1.....	54
9	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°1.....	55
10	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°1.....	56
11	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°2.....	58
12	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°2.....	59
13	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°3.....	60
14	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°3.....	61
15	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°4.....	62
16	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°4.....	63
17	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°5.....	64
18	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°5.....	65

19	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°6.....	66
20	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°6.....	67
21	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°7.....	68
22	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°7.....	69
23	Fuerza del viento perpendicular a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°8.....	70
24	Fuerza del viento paralelo a la cumbrera que afecta a la Nave Industrial N°8.....	71
25	Perfiles estructurales de acero seleccionados para los miembros que componen las naves industriales.....	72
26	Cargas distribuidas (en kgf/m) de las acciones que afectan a las naves industriales.....	73
27	Combinaciones de carga que afectan a las naves industriales mediante los métodos del ASD y LRFD.....	74
28	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°1 por los métodos del ASD y LRFD.....	75
29	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°2 por los métodos del ASD y LRFD.....	75
30	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°3 por los métodos del ASD y LRFD.....	76
31	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°4 por los métodos del ASD y LRFD.....	77
32	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°5 por los métodos del ASD y LRFD.....	77
33	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°6 por los métodos del ASD y LRFD.....	78
34	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°7 por los métodos del ASD y LRFD.....	78
35	Perfiles de acero obtenidos del diseño estructural de la Nave Industrial N°8 por los métodos del ASD y LRFD.....	79
36	Densidad estructural en kg/m ² del diseño estructural de la Nave Industrial N°1 por los métodos del ASD y LRFD.....	80
37	Densidad estructural en kg/m ² del diseño estructural de la Nave Industrial N°2 por los métodos del ASD y LRFD.....	81
38	Densidad estructural en kg/m ² del diseño estructural de la Nave.... Industrial N°3 por los métodos del ASD y LRFD.....	82
39	Densidad estructural en kg/m ² del diseño estructural de la Nave Industrial N°4 por los métodos del ASD y LRFD.....	83
40	Densidad estructural en kg/m ² del diseño estructural de la Nave	84

	Industrial N°5 por los métodos del ASD y LRFD.....	
41	Densidad estructural en kg/m2 del diseño estructural de la Nave Industrial N°6 por los métodos del ASD y LRFD.....	85
42	Densidad estructural en kg/m2 del diseño estructural de la Nave Industrial N°7 por los métodos del ASD y LRFD.....	86
43	Densidad estructural en kg/m2 del diseño estructural de la Nave Industrial N°1 por los métodos del ASD y LRFD.....	87
44	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°1 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	89
45	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°2 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	90
46	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°3 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	91
47	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°4 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	92
48	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°5 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	93
49	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°6 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	94
50	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°7 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	95
51	Costo total en BsF. de la Nave Industrial N°8 diseñada estructuralmente por los métodos del ASD y LRFD.....	96
52	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°1 y N°2 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la pendiente de techo.....	98
53	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°3 y N°4 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la pendiente de techo.....	99
54	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°5 y N°6 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la pendiente de techo.....	100
55	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°7 y N°8 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la pendiente de techo.....	100
56	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°1 y N°3 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la altura de las columnas.....	101
57	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°2 y N°4 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la altura de las columnas.....	102
58	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°5 y N°7 de los métodos de diseño ASD	103

	y LRFD variando la altura de las columnas.....	
59	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°6 y N°8 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la altura de las columnas.....	103
60	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°1 y N°5 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la dimensión de planta y la pendiente de techo...	104
61	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°2 y N°6 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la dimensión de planta y la pendiente de techo...	105
62	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°3 y N°7 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la dimensión de planta y la pendiente de techo....	106
63	Porcentaje de variación de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales N°4 y N°8 de los métodos de diseño ASD y LRFD variando la dimensión de planta y la pendiente de techo...	106
64	Costos de las naves industriales expresados en Dólar/m2.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PP.
1	Ensayo de tracción medido con auxilio de un extensímetro acoplado a la máquina.....	12
2	Diagrama tensión - deformación de un acero.....	13
3	Perfiles laminados de alas paralelas, series “I” y “H”.....	17
4	Perfiles laminados de alas inclinadas, series “T”, “U” y “L”.....	18
5	Acciones del viento sobre un galpón.....	20
6	Componentes típicos de una nave industrial.....	24
7	Flexión biaxial.....	41
8	Estructura arriostrada mediante elementos diagonales.....	45
9	Vista frontal de nave industrial N°1.....	52
10	Vista de planta de nave industrial N°1.....	53
11	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°1. (Vista frontal y planta de techo).....	56
12	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°1. (Vista frontal y lateral).....	57
13	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°2. (Vista frontal y planta de techo).....	58
14	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°2. (Vista frontal y lateral).....	59
15	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje	60

	y succión sobre la nave industrial N°3. (Vista frontal y planta de techo).....	
16	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°3. (Vista frontal y lateral).....	61
17	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°4. (Vista frontal y planta de techo).....	62
18	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°4. (Vista frontal y lateral).....	63
19	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°5. (Vista frontal y planta de techo).....	64
20	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°5. (Vista frontal y lateral).....	65
21	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°6. (Vista frontal y planta de techo).....	66
22	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°6. (Vista frontal y lateral).....	67
23	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°7. (Vista frontal y planta de techo).....	68
24	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°7. (Vista frontal y lateral).....	69
25	Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°8. (Vista frontal y planta de techo).....	70
26	Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°8. (Vista frontal y lateral).....	71



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FALCULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PERFILERÍA EN
EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE NAVES INDUSTRIALES DE ACERO,
APLICANDO LOS MÉTODOS DEL ASD Y LRFD, BASADOS EN LAS
NORMAS COVENIN 1618-82 Y COVENIN 1618-98.**

Autor(es): Carrillo C., José D.
Montilla P., Víctor J.

Tutor: Ing. Alejandro Pocaterra

Fecha: Noviembre, 2017

RESUMEN

La presente investigación consistió en analizar los costos de perfilaría en el diseño estructural de naves industriales de acero utilizando los métodos ASD y LRFD, basado en las normas Covenin 1618 -82 y Covenin 1618-98. Se enfocó en un estudio cuantitativo de tipo documental y descriptivo, puesto que a partir de recopilar información referente al diseño estructural de acero se desarrollaron metodologías basadas en lineamientos técnicos normativos. En tal sentido, se describieron los lineamientos filosóficos de los métodos de diseño estructural ASD y LRFD, lo cual permitió establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño estructural, además, dicho diseño se realizó mediante el uso del software de cálculo estructural SAP2000, lo que permitió obtener la perfilaría de acero requerida en las diferentes naves industriales por ambos métodos, se calculó la densidad estructural y los costos de los kilogramos de perfiles de acero de las naves, mediante el uso de hojas de cálculo, con el fin de obtener la sumatoria de kilogramos de perfiles de acero que conformarían las diferentes naves, luego, se desarrollaran cuadros comparativos de ambos métodos de diseño, en los cuales se pudo demostrar que ambos métodos pueden presentar menor variación de los costos al realizar las diferentes variaciones de dimensiones de las naves industriales. Se recomienda tomar en cuenta ambas metodologías de diseño para conocer la menor variación de costos posible de naves industriales de acero, la actualización de la Norma COVENIN 1618-98 del año 1998, a fin de que este en correlación con las normas a nivel internacional, usar como línea de investigación, como aporte para otros trabajos de grado de la universidad y otras instituciones educativas en el ramo de la ingeniería civil en Venezuela.

Descriptores: Acero, naves industriales, perfiles, diseño estructural.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial e internacional, es cada vez más notoria la tendencia en optimizar los sistemas estructurales, tanto en la parte económica como en la seguridad, un síntoma de ello es la aparición de sistemas constructivos livianos en el mercado internacional y más recientemente en el nacional, es así que, a lo largo de los últimos 30 años, se han desarrollado diferentes formas estructurales que optimizan el volumen útil del edificio y el ahorro económico. En edificaciones de gran superficie, el ahorro de la estructura juega un papel importante, para luces mayores, el diseño se optimiza en orden a minimizar el uso de materiales, costos y facilidad de montaje, es por esto que cada vez más, los edificios se diseñan para economizar energía y alcanzar un elevado grado de sostenibilidad. Estas edificaciones, denominadas naves industriales, son un mercado objetivo para el acero, sin embargo, el uso de acero en este tipo de edificaciones varía en cada país a nivel mundial.

Entre las ventajas del acero como material de uso en la construcción son las relativamente altas capacidades de transmitir calor, corriente, su bajo peso, y las capacidades ante la aplicación de esfuerzos de tensión (tracción), compresión y cortante. Además de esto, el acero acumula, dentro de sus ventajas, que la mayoría de propiedades se mantienen constantes con los años. Las estructuras de acero son una alternativa de construcción conveniente debido a que están compuestas de perfiles previamente elaborados con un sencillo proceso de instalación, estos, pueden funcionar para un mejor comportamiento ante las solicitaciones de carga, ya que las dimensiones del perfil lo hacen apropiado a recibir las deformaciones.

Actualmente Venezuela presenta problemas al poseer una gama de perfilería menor a comparación de otros países, por eso la presente investigación consiste en comparar los costos de perfilería (vigas, columnas y correas) en que se incurren para la elaboración de los dos métodos de diseños, y determinar cuál es el más apropiado

económicamente hablando, sin dejar los correspondientes factores de seguridad y confiabilidad estructural, considerando los costos referentes a la cantidad en kilogramos a usar de perfiles de acero, y de esta manera proponer cual el más adecuado para el diseño estructural de naves industriales de diferentes tamaños.

De esta manera el presente estudio consistió, en analizar los costos de perfilaría en el diseño estructural de naves industriales utilizando los métodos ASD y LRFD, basado en las normas Covenin 1618 -82 y 1618-98. Para esto, se describieron los lineamientos filosóficos de los métodos de diseño estructural, lo cual permitió establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño estructural, además, dicho diseño se realizó mediante el uso del software de cálculo estructural SAP2000, lo que permitió obtener la perfilaría de acero requerida en las diferentes naves industriales por ambos métodos de diseño, de esta manera, se calculó la densidad estructural y los costos de los kilogramos de perfiles de acero de las naves, mediante el uso de hojas de cálculo, con el fin de obtener la sumatoria de kilogramos de perfiles de acero que conformarían las diferentes naves, luego, se desarrollaran cuadros comparativos de ambos métodos de diseño, en los cuales se pudo demostrar que ambos métodos de diseño pueden presentar menor variación de los costos al realizar las diferentes variaciones de dimensiones de las naves industriales, y por último, recomendar que se debe tomar en muy en cuenta ambas metodologías de diseño para conocer la menor variación de costos posible de naves industriales de acero. De tal manera, la presente investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

CAPITULO I: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

CAPITULO II: Antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases legales y definición de términos.

CAPITULO III: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y fases metodológicas.

CAPITULO IV: Resultados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, a nivel mundial e internacional, es cada vez más notoria la tendencia en optimizar los sistemas estructurales, tanto en la parte económica como en la seguridad, un síntoma de ello es la aparición de sistemas constructivos livianos en el mercado internacional y más recientemente en el nacional, es así que, a lo largo de los últimos 30 años, se han desarrollado diferentes formas estructurales que optimizan el volumen útil del edificio y el ahorro económico.

Según la guía Euro-Build de diseño de construcciones de acero destinado en la edificación industrial, en el rango de aplicación en Europa (2008), para edificaciones de gran superficie, el ahorro de la estructura juega un papel importante, para luces mayores, el diseño se optimiza en orden a minimizar el uso de materiales, costos y facilidad de montaje, es por esto que cada vez más, los edificios se diseñan para economizar energía y alcanzar un elevado grado de sostenibilidad. Por consiguiente, estas edificaciones, denominadas naves industriales, son un mercado objetivo para el acero, sin embargo, el uso de acero en este tipo de edificaciones varía en cada país a nivel mundial.

Por lo anterior descrito, Luisar (2007) expresa: “Principalmente las características que ha llevado al acero a este éxito como material de uso en la construcción son las relativamente altas capacidades de transmitir calor, corriente, su bajo peso, y las capacidades ante la aplicación de esfuerzos de tensión (tracción), compresión y cortante. Además de esto el acero acumula dentro de sus ventajas que la mayoría de propiedades se mantienen constantes con los años siempre y cuando se le brinde los cuidados adecuado. En cuanto a su uso, generalmente se da en los elementos estructurales como columnas, vigas y otros.”

Por otra parte, Peña (2015) explica que: “En la actualidad la economía del país se encuentra en un estancamiento, que ha reducido el sector de la construcción, esto no quiere decir que los problemas de la sociedad no puedan tener solución por no contar con los recursos, de hecho la historia ha demostrado que en tiempos de crisis la creatividad y el ingenio son herramientas poderosas. Ahora bien, las estructuras de acero son una alternativa de construcción conveniente debido a que están compuestas de perfiles previamente elaborados con un sencillo proceso de instalación, esto permite que el número de empleados se reduzca, así mismo, otra ventaja de las estructuras de acero en comparación a otros materiales de construcción, como por ejemplo el concreto, es que este es un material que aporta menor peso propio a la estructura, siendo esta una propiedad que se busca en el diseño de estructuras puesto que reduce las dimensiones de las fundaciones. No obstante, las estructuras de acero también presentan detalles que influyen al realizar diseños de edificaciones, ya que para no subutilizar los perfiles de acero, existen propiedades que se deben considerar durante el proceso de diseño de estructuras. Los perfiles de acero pueden funcionar para la mayoría de estructuras en sus diferentes presentaciones, pero para determinadas estructuras siempre existirá perfiles que se comporten mejor a las solicitaciones de carga, ya que las dimensiones del perfil lo hacen apropiado a recibir las deformaciones”

Ahora bien, en cuanto al diseño estructural, “Este diseño debe adecuarse a los códigos vigentes de construcción, de donde se proponga hacer la obra y debe apegarse a los lineamientos de las teorías estructurales que respaldan los métodos de su diseño” (Piralla, 2014, p. 21).

En consecuencia, Jiménez (2016) contempla, que las dos teorías, códigos o métodos más usuales en el diseño de las estructuras de acero, serían “Método de los esfuerzos permisibles o teoría elástica o ASD, por sus siglas en ingles

(Diseño por esfuerzos admisibles)”. Y por otra parte, el “Método de la resistencia o teoría plástica o LRFD por sus siglas en ingles

(cargas y factores de resistencia para el diseño).

Por lo anteriormente mencionado, Jiménez (2016) expresa que: “Muchos autores estadounidenses y de todo el mundo han hablado de cómo al usar los métodos de diseño estructural y sus correspondientes factores de seguridad en las estructuras de acero y afectan en la confiabilidad estructural, pero no se sabe con exactitud cómo afectan el uso los métodos de diseño en una zona que tiene una gama de perfilería de acero mucho menor a la que posee los estadounidenses, como por ejemplo México”

Actualmente en Venezuela, también se posee una gama de perfilería menor a comparación de otros países, por eso la presente investigación consiste en comparar los costos de perfilería (vigas, columnas, correas y arriostramientos laterales) en que se incurren para la elaboración de los dos métodos de diseños, y determinar cuál es el más apropiado económicamente hablando, sin dejar los correspondientes factores de seguridad y confiabilidad estructural, considerando los costos referentes a la cantidad en kilogramos a usar de perfiles de acero, y de esta manera recomendar cual el más adecuado para el diseño estructural de naves industriales de acero de diferentes tamaños.

1.2 Formulación del Problema

Tomando en cuenta el planteamiento descrito, y sintetizar el problema, se formula la siguiente interrogante de forma general:

¿Cuál es la variación de los costos de perfilería en el diseño estructural de naves industriales de acero utilizando los métodos ASD y LRFD, basado en las normas Covenin 1618 -82 y Covenin 1618-98?

Igualmente dentro de la sistematización del problema se formulan las siguientes subpreguntas:

¿Cuáles son los lineamientos técnicos y filosofía de los métodos de diseño estructural en acero por ASD y LRFD?

¿Cómo realizar un diseño estructural de naves industriales de acero aplicando los métodos del ASD y LRFD?

¿Cuáles son los costos de perfilería de las distintas naves industriales por los métodos ASD y LRFD?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar los costos de perfilaría en el diseño estructural de naves industriales de acero utilizando los métodos ASD y LRFD, basado en las normas Covenin 1618 -82 y Covenin 1618-98.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Describir los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño estructural en acero por ASD y LRFD.
2. Diseñar estructuralmente distintas naves industriales de acero aplicando los métodos del ASD y LRFD.
3. Calcular la densidad estructural (en kg/m^2) y los costos de perfilaría de acero de las distintas naves industriales por los métodos ASD y LRFD.
4. Comparar la densidad estructural y los costos obtenidos de perfilaría de acero de las distintas naves industriales diseñadas por los métodos ASD y LRFD.
5. Recomendar según los resultados obtenidos, el método más conveniente en cuanto a economía, seguridad y confiabilidad para el diseño estructural de naves industriales de acero.

1.4. Justificación

La presente investigación se justificó debido al alto costo de los materiales al desarrollar estructuras de acero, por esto es de vital importancia conocer, no solo la confiabilidad estructural, que tenga la edificación al ser ejecutada por el método ASD (Método de los esfuerzos admisibles) o por el método LRFD (Método de la resistencia o teoría plástica) sino también, la variación de costos que tienen la realización de estas estructuras en los tamaños de estudio, bien sea por uno u otro método.

La factibilidad del proyecto radicó en que se estudió los resultados de los cálculos de densidad estructural y los costos de perfilaría de las naves industriales, para así realizar la comparación de estos aspectos y, recomendar; el método más rentable al momento de la construcción de una nave industrial, y como se explicó en

el planteamiento del problema el aporte que proporcionará a la rama de la Ingeniería Civil a nivel internacional y nacional, específicamente a facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez.

1.5 Alcance y limitación.

La presente investigación estableció una comparación de los resultados obtenidos del diseño de naves industriales de acero, en el municipio San Diego, estado Carabobo, en el periodo 2017-2018, dichos resultados se obtuvieron aplicando la metodología de los dos métodos más comunes para la construcción de estructuras de acero que son: el ASD y el LRFD, basado también en los lineamientos técnicos normativos de las normas Covenin 1618-82 y Covenin 1618-98.

El área de investigación estuvo limitada al diseño estructural de naves industriales simples con techo de inclinación a dos aguas, y con pórticos de sección constantes, así como también, se consideró para dicho diseño las acciones debido a cargas permanentes, cargas variables y acciones del viento sobre la estructura. Por otro lado, se tomó en cuenta en el estudio de perfilería, como son vigas de techo, vigas de amarre, vigas laterales, columnas, correas, arriostramientos de techo y arriostramientos laterales; el estudio de conexiones, tirantes y fundaciones quedaron excluidos del alcance de este trabajo de grado, una vez obtenido los resultados de la investigación se recomendó el método más conveniente en cuanto a economía, seguridad y confiabilidad para el diseño estructural de naves industriales de acero.

Para el desarrollo del trabajo se diseñó naves industriales de dimensiones de planta de ancho de 12 metros y profundidad de 24 metros y de ancho de 24 metros y profundidad de 48 metros. Por otra parte, la altura de las columnas tuvo una variación de 6 y 8 metros, y la altura de techo de 1,50 y 2 metros. El análisis de los costos fue en BsF. por kilogramos de nave industrial de acero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Méndez (2005) define el marco teórico como: “la motivación de carácter teórico, es la inquietud que surge en el investigador por profundizar en uno o varios enfoques teóricos que tratan el problema que se explica, a partir de los cuales espera avanzar en el conocimiento planteado, o para encontrar nuevas explicaciones que modifique o complementen el conocimiento inicial” (p. 104). De acuerdo a lo descrito, a continuación se presentan los antecedentes de trabajos anteriores, las bases teóricas y aspectos legales y definición términos.

2.1 Antecedentes

Los antecedentes de la investigación tienen como objetivo exponer los estudios previos realizados con el propósito de sustentar el tema de investigación. Al respecto, Arias (2006) expresa: “los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p. 48).

A tal efecto, se presentan a continuación los siguientes trabajos de grado:

Peña, E. (2015) en su trabajo de grado titulado **“Análisis de estructuras aporricadas de acero de cuatro plantas utilizando perfiles HEB, HEA, IPN, IPE Y CONDUVEN”**, realizado en la Universidad Rafael Urdaneta de Maracaibo, Venezuela, presentó como objetivos diseñar y analizar estructuralmente una edificación de cuatro plantas, así como también comparar la cantidad de acero demandada en dicha edificación usando los perfiles nombrados en el título del trabajo de grado. Para cumplir con los objetivos, el autor definió un plano arquitectónico, luego ubicó los elementos estructurales, realizó el pre-dimensionamiento de dichos elementos y por último aplicó el software STAAD PRO para el diseño de los modelos de estructuras. El estudio arrojó como resultado que los cinco modelos de estructuras presentados, el perfil que consume menor cantidad de acero y cumple con la

normativa venezolana, es el perfil CONDUVEN, esto se debe a que los perfiles tubulares que se utilizaron en las columnas son cuadrados y estos se caracterizan por ser de igual inercia en sus dos direcciones.

La anterior investigación se tomó como referencia para analizar los resultados de la comparación de las cantidades de acero demandadas que se obtuvieron el diseño estructural planteado en el trabajo de grado.

Así mismo, Cabello, J. (2016) en su trabajo de grado titulado **“Diseño de Estructuras de Acero”**, realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., tuvo como objetivo presentar a estudiantes y profesionales, los recursos prácticos necesarios para el análisis y diseño de naves industriales de acero; también se buscó proveer la presentación práctica del planteamiento del diseño de estructuras de acero considerando las normas y técnicas actuales. El diseño de los elementos estructurales de acero se realizó mediante el método de Diseño con Factores de Carga y Resistencia (LRFD) del Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC). El trabajo de grado dio como resultado que el mismo, sirva de guía de información para estudiantes de la carrera de ingeniería civil y también como punto de partida para el diseño de naves industriales de acero. Finalmente el trabajo contiene las bases y referencias necesarias para que cualquier persona interesada en el tema tenga el alcance y la información requerida.

El aporte del trabajo de grado para la investigación, fue los conocimientos relacionados al diseño estructural de naves industriales de acero.

Por último, Jiménez, M. (2016) en su trabajo de grado **“Diferencia entre los códigos “ASD” y “LRFD” adaptándose al “IMCA”**”, realizado en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México; trató de una investigación de “confiabilidad estructural” entre dos métodos de diseño de estructuras de acero, el código de la “ ” (ASD por sus siglas en inglés, o Diseño por esfuerzos admisibles) y el código “ ” (LRFD) por sus siglas en inglés, o (Cargas y Factores de Resistencia para el Diseño), usando solamente perfilera mexicana comercial de acero del Instituto Mexicano de la Construcción en

Acero (IMCA), esto con el fin de poder observar una tendencia de variabilidad de factores de seguridad en las estructuras, o sea observar que tanto varia la confiabilidad estructural entre los dos métodos de diseño. La metodología fue aplicada en varios tipos de estructuras, las cuales fueron sometidas a distintas formas de trabajo para así poder diseñarlas por ambos métodos utilizando los códigos vigentes de diseño. El resultado del estudio permitió concluir que la elección del sistema estructural adecuado puede optimizar mucho la estructura, ya que de lo contrario podría resultar en una densidad estructural mayor y en un sistema en el que el diseño no esté dado por esfuerzos de diseño sino por estados límites de servicio. De igual forma se demuestra que en promedio la densidad estructural de las estructuras diseñadas, sin contar conexiones, por el método ASD son aproximadamente un 4.10% mayores que las densidades de las estructuras diseñadas por el método LRFD.

El aporte a la presente investigación se tomó como referencia comparativa para analizar los resultados del diseño estructural en acero, mediante los dos métodos de diseño y como afectan en la densidad estructural de la estructura.

2.2. Bases Teóricas

Con la finalidad primordial de explicar el trabajo de investigación de una forma clara y sencilla al lector, reconociendo que el trabajo será estudiado por personas con distintos niveles educativos, a continuación se presentan una serie de términos y teorías que permitirán conocer mejor dicho trabajo investigativo.

En este sentido Arias (2006) define: “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proporciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p. 107).

Las bases teóricas del presente estudio se estructuran de la siguiente manera:

- a. Disposiciones generales del acero estructural**
- b. Diseño estructural: acciones y métodos**
- c. Naves industriales**

2.2.1 Disposiciones generales del Acero Estructural

2.2.1.1 Acero

El acero es considerado uno de los más importantes materiales de construcción, presenta propiedades de particular importancia como los usos estructurales, su alta resistencia y la ductilidad. Su durabilidad y amplia disponibilidad son otras de las ventajas importantes en el uso del acero. Las características del acero, se produce por la refinación del mineral de hierro y metales de desecho, junto con agentes fundentes apropiados, coque (para el carbono) y oxígeno, en hornos a alta temperatura, para producir grandes masas de hierro llamadas arrabio de primera fusión. El arrabio se refina aún más para remover el exceso de carbono y otras impurezas y/o se alea con otros metales como cobre, níquel, cromo, manganeso, molibdeno, fosforo, sílice, azufre, titanio, columbio, y vanadio, para producir las características deseadas de resistencia, ductilidad, soldadura y resistencia a la corrosión. (Bowles, 1993).

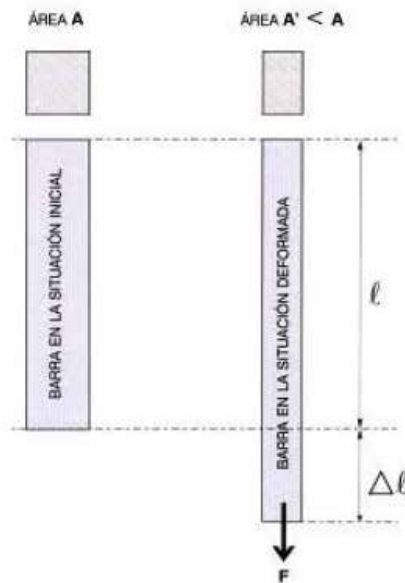
2.2.1.2 Propiedades de los aceros estructurales

Las propiedades del acero son difíciles de establecer debido a la variación de su composición química, generalmente los aceros presentan características genéricas como: densidad media, tenacidad, capacidad dúctil ante esfuerzos, alta dureza, etc., estas son las mismas que poseen los aceros estructurales, las cuales son tomadas en consideración para el diseño estructural a base de acero.

Ahora bien, las propiedades mecánicas son las características más importantes de los aceros para su aplicación en el campo de la ingeniería, ya que el proyecto y la ejecución de las estructuras metálicas, así como la confección de los componentes mecánicos se basan en su conocimiento, puesto que las propiedades mecánicas definen el comportamiento de los aceros cuando se encuentran expuestos a esfuerzos mecánicos y corresponden a las propiedades que determinan su capacidad de resistir y transmitir los esfuerzos aplicados, sin romperse o sin presentar demasiadas deformaciones (Mattos, 2006).

No obstante, la muy buena resistencia del acero estructural a los esfuerzos de tracción y compresión son dos de las propiedades más importantes de los mismos, y

las principales ventajas para el uso estructural. Estas propiedades se obtienen a través de ensayos de laboratorio, que permite conocer el comportamiento del acero cuando está sometido a estos esfuerzos, como se puede apreciar en la fig.1 donde se demuestra como una barra metálica sometida a un ensayo de tracción creciente sufre una deformación progresiva de su extensión (aumento de longitud). Este ensayo es medido con ayuda de un extensómetro acoplado a la maquina (Mattos, 2006).



. Ensayo de tracción medido con auxilio de un extensómetro acoplado a la máquina.

Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días. 2006

Lo descrito anteriormente refleja la relación existente entre la tensión y la deformación al concluir el ensayo de tracción en un acero, el cual, puede representarse en un diagrama tensión – deformación como se puede observar en la figura 2:

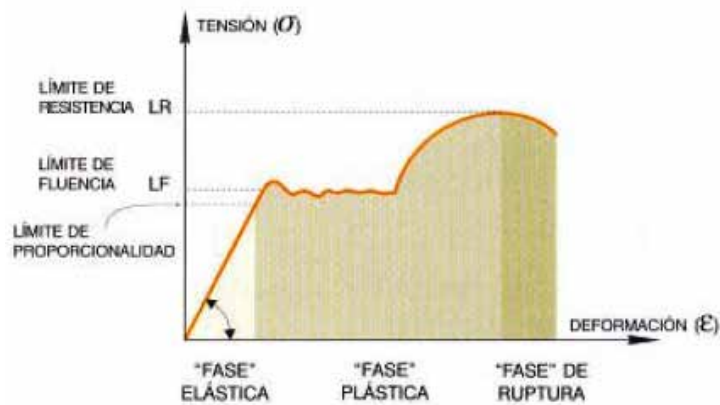


Diagrama tensión - deformación de un acero

Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días. 2006

En la misma, se pueden observar las diferentes fases del comportamiento del acero y sus límites de resistencia, los cuales son muy importantes para el diseño estructural. “Dentro de la fase elástica, la deformación que resulta de la aplicación de un esfuerzo de tracción obedece a la ley de Hooke, o sea, es proporcional al esfuerzo aplicado, y la misma puede ser observada en el tramo rectilíneo del diagrama. La constante de proporcionalidad se llama módulo de elasticidad o módulo de deformación longitudinal” (Mattos, 2006, p.53). Esta fase es la indicada para el diseño estructural netamente elástico.

Al superar la fase elástica, tiene lugar la segunda fase llamada plástica, en ésta ocurren las deformaciones crecientes sin variación de la tensión. “El valor constante de la tensión en esa fase es el llamado límite de fluencia del acero, después de la fluencia, aun en la fase plástica, se reacomoda la estructura interna del acero y el material pasa por un endurecimiento, en que se verifica nuevamente la variación de la tensión con la deformación; sin embargo, esta no es lineal” (Mattos, 2006, p.54). El límite de fluencia es la propiedad física más importante en el diseño de las estructuras de acero. Con el fin de limitar la deformación, se debe impedir que esa tensión sea alcanzada en las secciones transversales de las barras.

Sobrepasando el límite de fluencia, se encuentra el valor máximo de la tensión, llamado límite de resistencia del acero. “Este límite, como los demás, es expresado en unidad de tensión (MPa, kN/cm² o kgf/cm²), se calcula en relación al área inicial, lo que es particularmente importante en el caso de los materiales dúctiles, y que sufren una reducción del área cuando están solicitados por una carga máxima” (Mattos, 2006, p.54).

Resistencia a la tensión del acero estructural

Como ya se había mencionado, el acero estructural presenta una excelente resistencia ante esfuerzos a la tracción. En tal sentido, Jiménez (2016) explica que:

El acero en su estructura química interna, es muy difícil que se dé la separación de sus átomos, pero lo que se busca en un acero estructural es que este pueda soportar grandes esfuerzos de tensión con una deformación lineal, es decir que sea capaz de distribuir bien los esfuerzos en toda su área, para así poder denotar de una manera más sencilla el punto donde se inicia la deformación no lineal, es decir el “Fy” del acero, punto donde el acero alcanza el límite de fluencia, hasta su punto de ruptura “Fu”, punto donde el acero alcanza el límite de resistencia, que en general todas las teorías de diseño toman estos dos valores como base para diseñar estructuras de acero. (p. 22)

Resistencia a la compresión del acero estructural

También el acero presenta buena resistencia ante los esfuerzos de compresión a los que está sometido. Lo cual, Jiménez (2016) dice que:

Debido a que el acero en su estructura química interna, es muy difícil que ocurra un reacomodo de sus átomos, pero lo que se busca en el acero estructural es que este al ser sometido sea capaz de distribuir los esfuerzos de compresión en toda su área y tenga un acortamiento relativamente pequeño, o sea que no se dé un alargamiento muy grande en la dirección perpendicular al que está siendo sometido bajo esfuerzos de compresión, en otras palabras se busca que el acero estructural tenga un coeficiente de Poisson relativamente pequeño, para que no se dé, de manera significativa el pandeo en piezas largas o con radio de giro pequeño que podrían llevar a la falla la estructura. (p. 23)

Propiedades químicas del acero estructural

Los principales componentes químicos del acero son el hierro y el carbono, así como el aluminio que sirve como desoxidante, el azufre que es una impureza y este

afecta directamente en la soldabilidad y ductilidad del acero. “Al jugar con las cantidades presentes de algunos minerales en el acero los ingenieros metalúrgicos pueden cambiar las características físico – químicas de este, como la elasticidad, plasticidad, tenacidad, resistencia ante esfuerzos de tensión y compresión, etc.” (Jiménez, 2016, p. 25).

Propiedades del acero estructural para el diseño

La sección 5.1 del capítulo 5 de la norma venezolana COVENIN – MINDUR 1618-98 titulada Estructuras de acero para edificaciones, establece los valores de las propiedades del acero estructural para el diseño:

Módulo de elasticidad	$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de corte	$G = 808000 \text{ kgf/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	
Peso unitario	3
Coefficiente de dilatación térmica lineal	$^{-6} / ^\circ\text{C}$

2.2.1.3 Aceros estructurales

Existe una gran variedad de formas y tipos de aceros disponibles, en vista de la necesidad de un continuo mejoramiento del producto debido a las exigencias de aplicaciones específicas que van surgiendo en el mercado, ya sea, mediante el control de la composición química; garantizando las propiedades mecánicas requeridas, e incluso por su forma final (chapas, perfiles, tubos, barras, etc.). Para su utilización en construcción civil, el mayor interés lo presentan los llamados aceros estructurales, término que caracteriza a todos los aceros que por su resistencia, ductilidad y otras propiedades, son adecuados para ser utilizados como elementos que soportan cargas (Mattos, 2006).

Tipos aceros estructurales

Según su composición química y de acuerdo a su límite de fluencia Mattos (2006), clasifica los aceros de la siguiente manera:

- a. **Aceros al carbono de baja resistencia mecánica:** aceros estructurales con valores de límite de fluencia mínimo de 1800 a 2500 kgf/cm² (185 a 250 MPa).
- b. **Aceros al carbono de media resistencia mecánica:** aceros estructurales con valores de límite de fluencia mínimo de 2500 a 3000 kgf/cm² (250 a 300 MPa).
- c. **Aceros al carbono de alta resistencia mecánica:** aceros estructurales con valores de límite de fluencia mínimo superior a 3000 kgf/cm² (300 MPa).

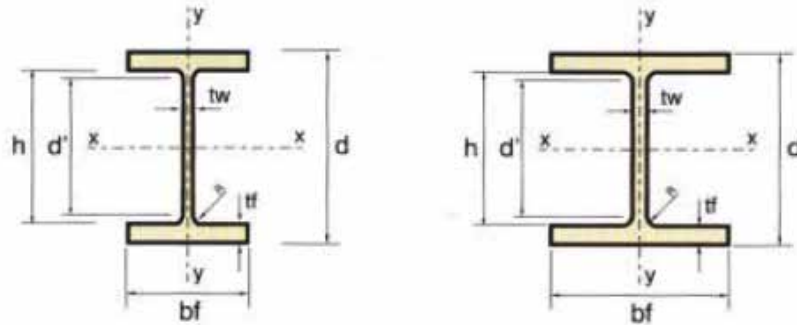
Perfiles Laminados

Según lo expuesto anteriormente, el acero puede presentar diferentes formas al final de proceso de fabricación, sin embargo, la presente investigación está limitada al estudio de perfilería, es por esto, que se describirá todo lo relacionado al proceso de fabricación y las características de los diferentes tipos de perfiles de acero estructural a utilizar en el diseño de las naves industriales, así como también las especificaciones según las normas ASTM o COVENIN. En tal sentido, Bowles (1993) explica que: “los lingotes de acero de la refinación del arrabio se laminan para formar placas de anchos y espesores variables, diversos perfiles estructurales, barras redondas, cuadradas y rectangulares, y tubos. La mayor parte del laminado se efectúa sobre el acero en caliente, y el producto se llama “acero laminado en caliente”. Algunas de las placas más delgadas se laminan o doblan aún más, después de enfriadas, para hacer productos llamados “aceros laminados en frío”” (p. 22).

Perfiles laminados de alas paralelas

Son producidos por medio de una deformación mecánica en caliente, con secciones transversales en formas de “I” y “H”, obtenidas por el sistema de laminación universal, el cual consiste de un conjunto principal de tres bastidores en secuencia, conocido como proceso X – H, este proceso posibilita un menor ciclo de laminación con mayor productividad, la obtención de productos homogéneos, productos laminados de mayor longitud, alta eficiencia y rendimiento. Las principales características técnicas de estos perfiles es su uniformidad estructural – por no presentar soldaduras o costuras e inclusive un bajo nivel de tensiones residuales localizadas, gracias a la ausencia de soldadura en el proceso de

fabricación. Este tipo de perfiles siguen las especificaciones de la norma ASTM A6/A6M, con nomenclatura de la serie americana WF (wide flange) perfiles de alas paralelas y anchas que miden de 150 a 610 mm (6 a 24 pulgadas) con una longitud normal de 12 metros (Mattos, 2006). (Ver figura 3)



Perfiles laminados de alas paralelas, series “I” y “H”

Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días. 2006

Tabla 1

Calidad (Denominación)	Límite de Fluencia - Mínimo (kgf/cm ²)	Límite de Resistencia – Mínimo/Máximo (kgf/cm ²)	Resistencia Mecánica	Resistencia a la Corrosión	Resistencia al fuego
ASTM A 572 grado 50	3500	4500	ALTA	NORMAL	NORMAL
ASTM A 992	3500/4500	4500/6300	ALTA	NORMAL	NORMAL

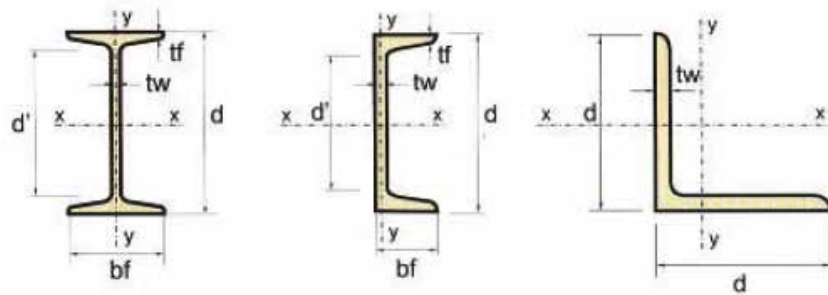
Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días. 2006

Perfiles laminados normales

Son perfiles utilizados en estructuras de pequeño porte, por ejemplo, en vigas solicitadas solamente por momentos flectores; en tirantes y traviesas de cierre, barras de riostras y en la composición de perfiles. Estos son suministrados en longitudes normales de 6 a 12 metros con las siguientes secciones y alturas: (Mattos, 2006).

- “I” con alturas de 101,6 mm (4 plg.) hasta 127,0 mm (5 plg.)
- “U” con alturas de 76,2 mm (3 plg.) hasta 152,4 mm (6 plg.)
- “L” ángulo de alas iguales con alturas de 12,70 mm (1/2 plg.) hasta 127,0 mm (5 plg.). (Ver figura 4,5)



Perfiles laminados de alas inclinadas, series “I”, “U” y “L”

Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días.

Tabla 2.

Calidad (Denominación)	Límite de Fluencia - Mínimo (kgf/cm ²)	Límite de Resistencia – Mínimo/Máximo (kgf/cm ²)	Resistencia Mecánica	Resistencia a la Corrosión	Resistencia al fuego
ASTM A 36	3500	4000/5700	ALTA	NORMAL	NORMAL
ASTM A 527 grado 50	3500	4500	ALTA	NORMAL	NORMAL
ASTM A 572 grado 60	4200	5300	ALTA	NORMAL	NORMAL
ASTM A 588 grado B	3500	4900	ALTA	SUPERIOR	NORMAL

Fuente:

Luis Andrade de Mattos Días. 2006

En las secciones de los perfiles vistos en las figuras anteriores, la definición de las propiedades son las siguientes:

d: altura total de la sección (mm).

bf: ancho del ala (mm).

tf: espesor del ala (mm).

tw: espesor del alma (mm).

r: radio de giro.

2.2.2 Diseño estructural: acciones y métodos

Dentro del diseño estructural se consideran acciones y métodos que se describen a continuación:

Acciones que actúan sobre los sistemas estructurales

Las acciones que solicitan una estructura, se basa en la variación de su intensidad respecto al tiempo, estas se pueden clasificar en:

Acciones permanentes

Son las acciones que solicitan a la estructura de forma continúa sin variar su intensidad con el tiempo. Fratelli (2003) designa estas acciones

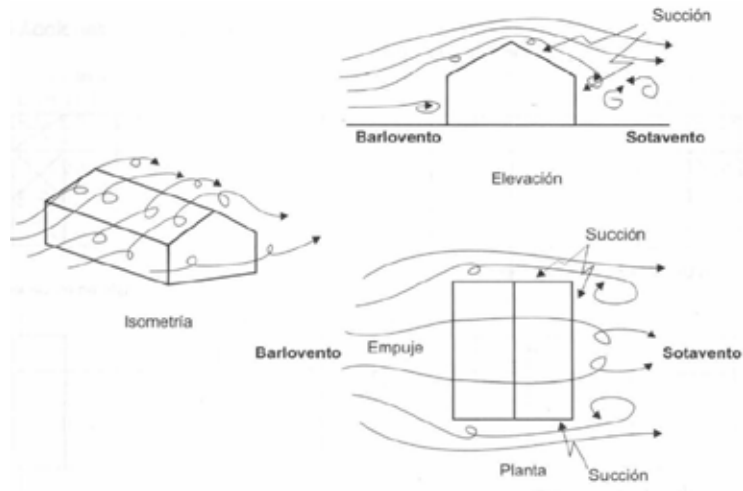
El peso propio de la estructura y todos los restantes componentes fijos del edificio, soportados en forma invariable en el tiempo, tales como las placas y losas de concreto armado, los sobrepisos, los pisos, los cielorrasos, las paredes de mampostería, los tabiques divisorios anclados, as aislaciones, los revestimientos, las instalaciones sanitarias, eléctricas, de gas y aire acondicionado, las maquinarias fijas adheridas a pisos o paredes, y todos los restantes elementos estructurales, no estructurales u ornamentales, cuyo conjunto conforma un edificio en forma inamovible.

Acciones variables

Son aquellas que obran sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo, pero que alcanzan valores significativos durante lapsos grandes. Se incluyen en esta categoría: las cargas vivas, es decir, aquellas que se deben al funcionamiento propio de la construcción y que no tienen carácter permanente; los efectos de cambios de temperatura y los de cambios volumétricos que tienen carácter variable con el tiempo (Meli, 2014).

Acciones accidentales

Son aquellas que no se deben al funcionamiento normal de la construcción y que pueden tomar valores significativos solo durante pequeñas fracciones de la vida útil de la estructura. Se incluyen en esta categoría acciones excepcionales, como sismos, viento, oleaje y explosiones. Para evaluar el efecto de estas acciones sobre la estructura se requiere modelarlas como acciones con fuerzas concentradas, lineales o uniformemente distribuidas (Meli, 2014). Es por esto que, en el diseño de naves industriales las acciones debido al viento son las que causan mayor impacto sobre la estructura. Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal (2007), definen a estas acciones como a la acción accidental que produce el aire en movimiento sobre los objetos que se le interponen, y consiste, de empujes (a barlovento) y succiones (a sotavento) como se muestra en la figura 5 a continuación:



Acciones del viento sobre un galpón

Fuente:
(2007).

Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal

Métodos de diseño estructural

El diseño estructural tiene como función principal, que durante la vida útil de la estructura, ésta absorba las acciones o solicitaciones a las que se someterá para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura. Para ello se pueden emplear los dos métodos de diseño estructural más usados a nivel internacional: el ASD y el LRFD los cuales, ya poseen normas y factores de seguridad específicos establecidos y que han sido respaldados por estudios realizados alrededor del mundo; es por ello, que se puede obtener una idea de los resultados que puedan arrojar al diseñar sistemas estructurales a través de cada método.

Método de los esfuerzos de trabajo o de esfuerzos admisibles o teoría elástica o ASD.

El método del ASD es llamado así por sus siglas en inglés (Diseño por esfuerzos admisibles), estudia el comportamiento de la estructura en la fase elástica. Al respecto Fratelli (2003) expresa: Las normas que permiten el diseño de las estructuras aceptando su comportamiento en rango elástico exclusivamente, se basan en las cargas de servicio actuantes en los diferentes niveles de la edificación, y en los esfuerzos admisibles de trabajo, que resultan una fracción de los esfuerzos de

cedencia. En este caso, todos los miembros de la estructura deben cumplir con las hipótesis básicas de las leyes de la elasticidad que se enumeran a continuación:

- a. Es válida la ley de Hooke, que implica la proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones.
- b. Los valores del módulo de elasticidad longitudinal, del módulo de corte y del coeficiente de Poisson, permanecen constantes durante la respuesta del sistema bajo las cargas aplicadas.
- c. Es válido el principio de superposición entre causas y efectos.
- d. En flexión, las secciones planas antes de la deformación continúan planas luego de producida esta, según la ley de Navier e hipótesis de Bernoulli.
- e. Se desprecia la influencia de los esfuerzos residuales o los efectos derivados de las concentraciones de esfuerzos en el diseño.

Método de la resistencia o método de factores de carga y de reducción de resistencia o teoría plástica o LRFD

El método del LRFD, llamado de esta manera por sus siglas en inglés (Cargas y Factores de Resistencia para el Diseño), se basa que ante las acciones o solicitaciones a las que va estar sometida la estructura no se alcance ningún estado límite (de agotamiento o de servicio). Estos estados límites son las situaciones más allá de la cual una estructura, miembro o componente estructural, no es más apta para satisfacer la función prevista, estos se basan en la consideración de los estados límites de utilidad estructural, entre ellos se pueden mencionar: límite de resistencia, límite de deformabilidad, la fractura frágil, el colapso plástico, las vibraciones excesivas, la fatiga, la inestabilidad, el volcamiento, el deterioro, los efectos que sobrepasan las máximas condiciones aceptables de servicio y confort, etc. Por lo tanto, el objetivo del diseño según este método, es mantener la estructura alejada de la probabilidad de superar la frontera de utilidad asegurando tanto en forma local como global, la estabilidad, la resistencia y la rigidez de sus miembros, para cualquier combinación prevista de las solicitaciones que se pueden presentar durante la vida útil de la estructura (Fratelli, 2003).

Es por ello que, para este método de diseño se consideran básicamente los siguientes estados límites:

Estados límites de agotamiento resistente

Está relacionado con la seguridad y con la capacidad resistente de cada miembro, sus uniones y conexiones, para lo cual deben tener una resistencia de diseño mayor o igual a la resistencia requerida que se obtiene al mayorar las cargas nominales. La capacidad resistente se define por el producto ϕR_t , siendo R_t la resistencia teórica, nominal o de diseño, y ϕ un factor de minoración de la resistencia, que varía según el tipo de sollicitación actuante (Fratelli, 2003), como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.

1,00	Corte en conexiones a deslizamiento para agujeros estándar.
0,90	Tracción en miembros conectados mediante pernos o soldadura. Tracción o compresión paralelas al eje de las soldaduras de flete. Resistencia teórica a flexión. Corte en el alma de las vigas flexadas.
0,85	Resistencia a compresión axial en el límite del agotamiento resistente por pandeo.
0,80	Tracción normal al área efectiva en soldaduras acanaladas de penetración parcial. Corte sobre el área efectiva de soldadura acanalada de penetración completa.
0,75	Corte en conexiones tipo aplastamiento. Tracción en área neta efectiva de miembros. Pernos trabajando a tracción. Corte a conexiones soldadas. Corte paralelo a las superficies de contacto en soldaduras de tapón o ranuras
0,70	Resistencia a corte en agotamiento resistente deslizamiento crítico para agujeros de ranuras largas transversales a la dirección de la carga.
0,60	Resistencia a corte en agotamiento resistente a deslizamiento crítico en agujeros de ranura larga paralela a la dirección de la carga.

Fuente:
(2003).

Dra. Ing. María Graciela Fratelli

La resistencia requerida o demanda, resulta de la combinación más desfavorable de las cargas mayoradas mostradas en la tabla 4.

Tabla 4.

1,4 CP
1,2 CP + 1,6 CV + 0,5 CVt
1,2 CP + 1,6 CVt + (0,5 CV ó 0,8 W)
1,2 CP + 1,3 W + 0,5 CV + 0,5 CVt
0,9 CP 1,3 W
1,2 CP + CV S
0,9 CP S
1,2 (CP+CF+CT) + 1,6 (CV+CE) + 0,5 CVt

Fuente:
(2007).

Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal

Estados límites de servicio

De igual manera, Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal (2007) expresan que cuando una edificación alcanza el estado límite de servicio, se interrumpe la función de la edificación, ya sea por daños locales o deterioro de componentes de la misma y el discomfort de los ocupantes. El abordaje tradicional a los estados límites de servicio está asociado a los llamados criterios de rigidez, es decir, al control de la deformabilidad por desplazamientos verticales, horizontales de la estructura, o de las vibraciones indeseables.

Es muy importante tener en cuenta asegurar que la estructura presente un comportamiento dúctil durante las desfavorables acciones de las cargas exteriores en un tiempo aleatorio. Esto exige el cumplimiento de las normativas, así como también la óptima calidad de los materiales a emplear, la correcta fabricación de los miembros y la adecuada inspección y mantenimiento de la estructura (Fratelli, 2003).

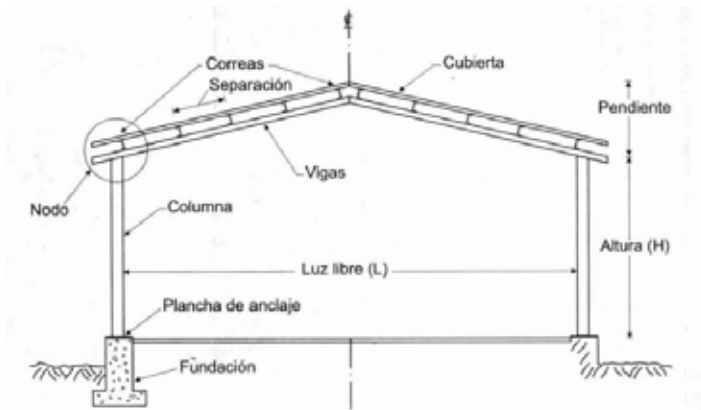
2.2.3 Naves industriales

Ante la necesidad de las personas de contar con espacios de grandes áreas para la realización de diferentes tipos de actividades, es por esto que se ha recurrido a la construcción de edificios industriales, llamados particularmente naves industriales. Cabello (2016) afirma que: “las naves industriales se pueden definir como la

instalación física o edificación diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución” (p. 21). Según lo expuesto, en la actualidad las naves industriales tienen diferentes usos, en los cuales se pueden mencionar los siguientes: culturales, religiosos, deportivos, comerciales, entre otros.

Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal (2007) explican que las características de las naves industriales quedan determinadas por el uso al cual será destinada y las consideraciones económicas correspondientes, se exige una cuidadosa planificación debido al gran número de variables involucradas, como por ejemplo:

- a. Condiciones del terreno de la parcela donde se ubicara la nave industrial
- b. Localización y dimensiones de los espacios
- c. Circulación
- d. Movimiento de las cargas
- e. Iluminación, ventilación natural y artificial
- f. Ampliaciones y modificaciones futuras
- g. Reforzamiento debido a modificaciones en las cargas. (Ver figura 6).



Componentes típicos de una nave industrial

Fuente:
(2007)

Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal

Tipos de naves industriales

Existen diferentes tipos de naves industriales que dependen de la economía y seguridad de un sistema estructural, en cuanto a la parte económica se requiere de

estudios previos independientes para lograr definir el diseño estructural más óptimo de las naves industriales, objeto principal de la presente investigación. Los marcos rígidos son los elementos principales en el soporte de la estructuración de naves industriales que requieran grandes áreas sin obstrucción de columnas, estas naves industriales se pueden clasificar en rectas, inclinadas y curvas según su geometría, con respecto al diseño definitivo. (Cabello, 2016).

2.3 Bases Legales

En la presente investigación es necesario conocer las diferentes normas venezolanas que rigen el diseño de las estructuras de acero, para así poder sustentar legalmente el proyecto, de esta manera se podrá establecer que las normas presentadas a continuación, regulan el requerimiento mínimo para el diseño estructural del acero.

2.3.1 Estructuras de Acero para Edificaciones. Proyecto, Fabricación y Construcción. COVENIN MINDUR 1618–82

La Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, en su reunión 4(8)53, del 10 de agosto de 1982 aprobó la presente norma la cual fue elaborada por la Comisión de Normas de Estructuras para Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano. Se presentó como una versión fiel, autorizada y adaptada a nuestro ámbito de las normas “Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings” del Instituto Americano de la Construcción de Acero AISC 1975. Esta constituyó la primera norma venezolana para el diseño de elementos de acero; la nueva norma enfatiza el diseño plástico, mientras ésta abarca primordialmente el diseño elástico.

2.3.2 Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites. COVENIN MINDUR 1618–98

El Consejo Superior del Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad FONDONORMA en su reunión No. 11-98 del día 9 de diciembre de 1998, aprobó la presente norma, elaborada por la Comisión Permanente de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR). Fue

declarada obligatoria en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36635 del 3 de febrero de 1999. Esta está basada en el método de los estados límites, por que las estructuras de acero, sus miembros, componentes, juntas y conexiones se diseñaran como mínimo para los estados limites definidos en la presente norma.

2.3.3 Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones COVENIN MINDUR 2002-88.

La Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano presentó la presente norma, estas establecen los requisitos y las acciones mínimas que deben considerarse en el proyecto y construcción de edificaciones, excepto las correspondientes a las acciones de sismo y viento, las cuales se determinan en las respectivas normas COVENIN MINDUR. Las acciones aquí definidas son las de servicio o utilización, aplicables tanto en la teoría elástica como en la teoría de los estados límites. Fue aprobada por la Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, en su reunión N° 5 del 5 de octubre de 1988.

2.3.4 Acciones del viento sobre las construcciones. COVENIN MINDUR 2003-86

La Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano presentó la presente normas basadas en las normas ANSI A58.1-1982 “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures” del Instituto Nacional Americano de Normalización ANSI. Fue aprobada por la Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, en su reunión No. 4-86 (76), del 12 de agosto de 1986. Estas normas establecen los requisitos mínimos para la determinación de las acciones del viento sobre las construcciones que se proyecten o ejecuten en el territorio nacional. A su vez, estas precisan los criterios adecuados para cuantificar los principales efectos que el viento causa sobre las construcciones.

2.4 Definición de términos

A continuación se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado.

Acero: se define como una aleación de hierro y pequeñas cantidades de carbono, generalmente menos del 1%, también contiene pequeños porcentajes de algunos otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre.

Acciones: son todos los agentes externos que inducen en la estructura fuerzas internas, esfuerzos y deformaciones.

Arrabio: Producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos que contiene más carbono que el acero o que el hierro forjado y se rompe con mayor facilidad.

Barlovento: lado desde donde sopla el viento

Deformación: es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

Ductilidad: es la capacidad de los materiales de deformarse plásticamente sin romperse. Es medida por medio de la deformación o de la estricción, que es la reducción de área de la sección transversal de la probeta. Un material no dúctil, no se deforma plásticamente antes de la ruptura, en este caso se dice que el material es de comportamiento frágil, o sea, puede presentar ruptura frágil.

Elasticidad: Elasticidad de un material es su capacidad de volver a la forma original después de sucesivos ciclos de carga y descarga. La relación entre tensión y deformación lineal específica es el módulo de elasticidad, una característica de los materiales elásticos (o que posean fase elástica) relacionada con su rigidez.

Estado límite: es cualquier etapa en el comportamiento de la estructura a partir de la cual su respuesta se considera inaceptable.

Estructura: conjunto de sólidos resistentes vinculados entre sí, diseñada para resistir combinaciones de fuerzas con un fin determinado.

Flexión: se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Fluencia: la fluencia o cedencia es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual solo se recuperara el parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

Marcos rígidos: son el tipo de estructura que facilitan la estructuración de los edificios y con el uso del acero, posibilita cubrir grandes luces.

Momento flector: es una sollicitación típica en vigas, pilares y losas, que estos elementos suelen deformarse por flexión. Los momentos flectores pueden aparecer cuando se someten estos elementos a la acción de un momento (torque) o también de fuerzas puntuales o distribuidas.

Perfiles de acero: Los perfiles metálicos son aquellos productos laminados, fabricados usualmente para su empleo en estructuras de edificación, o de obra civil.

Plasticidad: Deformación plástica es la deformación permanente provocada por una tensión igual o superior al límite de fluencia. Es el resultado de un desplazamiento permanente de los átomos que constituyen el material, distinguiéndose, por lo tanto, de la deformación elástica, en que los átomos mantienen sus posiciones relativas en la red cristalina del material.

Resistencia: es la intensidad de una acción hipotética que conduce a la estructura o alguna sección a un estado límite de falla, por ejemplo, la resistencia a flexión será el momento máximo que es capaz de resistir la sección.

Rigidez: capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie. También se le conoce como fuerzas necesarias para producir un desplazamiento unitario.

Sotavento: lado opuesto a donde sopla el viento

Tenacidad: Es la capacidad que tienen los materiales de absorber energía cuando están sometidos a una carga impactante. Tenacidad es la energía total, elástica y plástica, que un material puede absorber por unidad de volumen hasta su ruptura, representada por el área total del diagrama tensión – deformación. Un material dúctil con la misma resistencia de un material frágil va requerir mayor cantidad de energía para romperse; por lo tanto, es más tenaz.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se incluirá las acciones o pasos a seguir con el objeto de describir y analizar el fondo del problema planteado, así mismo se incluye el tipo, nivel y diseño de la investigación, las correspondientes fases de investigación que fueron usadas en el presente trabajo, la población y muestra seleccionada y las técnicas e instrumentos de recolección de datos usados. Tamayo (2004) define al marco metodológico como: “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados” (p.37).

3.1 Tipo de investigación

De acuerdo con el problema que se plantea en el presente estudio y con los objetivos que de él se derivan y las bases teóricas acerca del mismo, la presente investigación se enfocó en un estudio cuantitativo de tipo documental y descriptiva. De acuerdo a esto, Pérez (2009), basándose en el Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales, de la universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2006), define: “la investigación documental como el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos” (p. 21).

Por otra parte Tamayo (2004) afirma que: “el tipo de investigación descriptiva comprende la descripción, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque que se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa funciona en el presente; la

investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta”.

En la presente investigación se seleccionaron estos tipos de estudio, debido a que se aplicaron los conocimientos obtenidos con la finalidad de alcanzar los resultados prácticos que permitieron solucionar el problema en estudio.

3.2 Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003), definen el término diseño como: “se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea, es decir, la forma como la investigación se llevará a cabo con miras a responder las interrogantes formuladas en el estudio” (p. 184).

Con respecto a lo anterior, Pérez (2009) define el diseño de investigación como: “la fase en la cual el estudiante muestra la manera, el procedimiento operativo que aplicara para recoger la información. Dicho diseño debe estar en estrecha relación con los objetivos planteados” (p. 22).

En cuanto al diseño de la investigación documental, Pérez (2009) explica que: “se caracteriza fundamentalmente porque realiza análisis de fuentes secundarias, es decir, material elaborado por otros autores de manera sistemática. Las principales fuentes de información son textos, documentos, tesis, revistas especializadas, entre otros” (p. 26)

Por lo explicado anteriormente, la presente investigación se basó en fundamentos teóricos con el propósito de obtener los conceptos fundamentales que permitieron recomendar una metodología en el resultado del análisis comparativo de los costos de perfilería en el diseño estructural de naves industriales de acero.

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. Para la presente investigación correspondió a un estudio descriptivo; por lo que, Arias (2006) lo define como: “la caracterización de un hecho fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, los mismos miden de forma independiente las variables y aun

cuando se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de la investigación” (p. 46).

Según lo expuesto anteriormente, se puede decir que esta investigación se ubicó en un nivel descriptivo, puesto que a partir de recopilar información referente al diseño estructural de acero se desarrolló una metodología basada en lineamientos técnicos normativos para el análisis comparativo de los costos de perfilería obtenidos de los resultados del diseño estructural de naves industriales de acero.

3.4 Población y muestra

Según Arias (2006), la población: “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, quedando delimitada por el problema y objetivos del estudio” (p. 81).

En referencia a lo expuesto, en esta investigación la población correspondió al diseño de naves industriales de acero de diferentes dimensiones.

Por otro lado, Arias (2006), define la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 46). Para la presente investigación se utilizó el muestreo seleccionado de perfiles, como vigas de techo, vigas de amarre, vigas laterales, columnas, correas, arriostramientos de techo y arriostramientos laterales en naves industriales de acero.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2006) señala que: “se entenderán por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente, a dicho soporte se denomina instrumento, que se define como la recolección de datos de cualquier recurso, dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”

Para el desarrollo de los objetivos planteados, se requirió la aplicación de la técnica de la observación documental, presentación resumida, resumen analítico y crítico.

A partir de la observación documental como técnica inicial en el estudio de las fuentes documentales, a través de una lectura general de los textos que permitieron el inicio de la búsqueda y observación de hechos de interés para la presente investigación; por otro lado, la técnica de presentación resumida de un texto, permitió dar cuenta fiel y en efecto de las ideas básicas que contienen la literatura consultada. La técnica de resumen analítico se incorporó para descubrir la estructura de los textos a consultar y delimitar sus contenidos básicos en función de los datos a conocer, mientras, que la técnica de análisis crítico introdujo su evaluación interna centrada en el desarrollo lógico y la solidez de las ideas de los autores de la investigación.

La aplicación de estas técnicas permitió recolectar y procesar la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

3.6 Fases metodológicas

Para llevar a cabo la investigación, se cumplió con cinco fases metodológicas, de acuerdo con los objetivos específicos planteados:

Fase I. Describir los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño estructural en acero por ASD y LRFD.

Para describir los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño estructural de acero, se consultaron las distintas fuentes de información, como lo fueron normas y textos. En el caso de las normas estudiadas, se pueden mencionar: la norma Estructuras de Acero para Edificaciones. Proyecto, Fabricación y Construcción COVENIN MINDUR 1618–82. A su vez, la norma Estructuras de Acero para Edificaciones, Método de los Estados Límites COVENIN MINDUR 1618–98. El análisis de las normas antes mencionadas, permitió establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño estructural de naves industriales mediante la aplicación del método de los esfuerzos admisibles (ASD) y el método de cargas y factores de resistencia para el diseño (LRFD), respectivamente. En cuanto a los textos consultados se pueden citar los libros de Proyectos Estructurales de Acero presentados por la Dra. Ing. María Graciela Fratelli, en sus dos ediciones que abarcan la aplicación de las dos metodologías de diseño estructural. Así como también, la

guía de Proyectos y Construcción de Galpones Modulares presentada por los autores Arnal, Gutiérrez, Montemayor y Achabal.

Tomando en cuenta los criterios y requisitos estipulados por las fuentes mencionadas, se pudo definir los pasos necesarios para el desarrollo de la presente investigación. En esta perspectiva, para lograr los resultados de la presente fase metodológica se analizó, en primer lugar, el método de diseño estructural de los esfuerzos admisibles, llamado ASD por sus siglas en inglés *American Institute of Steel Construction (AISC) ASD*, en el cual se realiza el diseño de las estructuras de acero con el objeto de que sus miembros puedan resistir las tensiones producidas por cargas de servicio en un régimen estrictamente elástico y considerando las tensiones admisibles especificadas en las normas, en consecuencia, el comportamiento de estas estructuras de acero responden a las hipótesis planteadas en dicho método de diseño. En segundo lugar, se analizó, el método de diseño estructural de cargas y factores de resistencia, llamado LRFD por sus siglas en inglés *American Institute of Steel Construction (AISC) LRFD* en el cual se considera los estados límites relacionados con la seguridad de la estructura (Estados límites de agotamiento resistente) y con el buen funcionamiento en la vida útil de los miembros de la estructura (Estado límite de servicio), considerando las acciones que afecten la estructura y que la pueden llevar a dichos estados límites.

De igual forma, en la revisión de la seguridad de la estructura de acero se deben considerar el efecto de las acciones que puedan ocurrir al mismo tiempo sobre la edificación, tomando para el análisis y diseño las combinaciones de acciones que produzca los efectos más desfavorables para garantizar el buen funcionamiento de los miembros estructurales. Por lo anterior descrito, dichas acciones se deben tomar en cuenta para ambas metodologías de diseño estructural.

En referencia a lo expuesto anteriormente, se cumplió con las tareas necesarias de la fase metodológica I, con el fin de obtener lo expuesto en el objetivo N° 1.

Fase II. Diseñar estructuralmente distintas naves industriales de acero aplicando los métodos del ASD y LRFD.

Para desarrollar lo expuesto en el objetivo N° 2, en primer lugar se definieron las diferentes dimensiones de las naves industriales de acero a diseñar, en segundo lugar, se calcularon las distintas acciones que afectan a las naves industriales diseñadas en el presente trabajo de investigación, entre las cuales se encuentran las acciones permanentes y acciones variables calculadas según lo estipulado en la norma Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones COVENIN MINDUR 2002-88, cabe destacar que, dichas acciones afectan directamente los techos de las naves industriales.

Por otro lado, una de las acciones que afectan a las naves industriales y que presentan una mayor influencia sobre ellas, son las acciones del viento, las cuales se calcularon según lo estipulado en la norma Acciones del viento sobre las construcciones. COVENIN MINDUR 2003-86. Para el cálculo de estas acciones, se realizaron hojas de cálculo mediante el software Microsoft Excel para las distintas naves industriales estudiadas, considerando la zona y especificaciones de la presente investigación.

Para la elección de los perfiles estructurales de los miembros que conforman las distintas naves industriales, se consideró las propiedades y características de los perfiles especificados en el capítulo anterior.

En cuanto al diseño estructural de las naves industriales se realizó siguiendo las especificaciones que se desarrollaron en la fase metodológica anterior, y mediante el uso del software de cálculo estructural SAP2000, lo cual, permitió obtener el rendimiento más económico de los perfiles estructurales obtenidos de las diferentes naves industriales diseñadas por ambos métodos de diseño.

Fase III. Calcular la densidad estructural (en kg/m^2) y los costos de perfilaría de acero de las distintas naves industriales por los métodos ASD y LRFD.

Con los resultados obtenidos en la fase metodológica II, se obtuvieron el número de piezas, la longitud necesaria (en metros) y los kilogramos de los perfiles de acero usados en cada nave industrial. Con el uso de hojas de cálculo del software Microsoft

Excel se consiguió el total de kilogramos de acero de las naves, y posteriormente se calculó la densidad estructural en Kg/m^2 de ellas.

Luego, siguiendo con la misma herramienta de cálculo, considerando el peso unitario y los costos en BsF. de los perfiles estructurales seleccionados, se conoció el costo en BsF. por cada kilogramo de acero de cada pieza de acero y multiplicando este valor por los kilogramos de acero obtenidos anteriormente, se obtuvo el total de BsF. a considerar para cada nave industrial.

Con la realización de las tres fases anteriores, se cumplió con las tareas necesarias de la fase metodológica III, lo cual, desarrollando así lo expuesto en el objetivo específico N° 3.

Fase IV. Comparar la densidad estructural y los costos obtenidos de perfilería de acero de las distintas naves industriales diseñadas por los métodos ASD y LRFD.

Realizada la fase metodológica anterior, y siguiendo con el uso de las hojas de cálculo mencionadas, se procedió a realizar distintos cuadros comparativos considerando distintas variaciones por ambos métodos de diseño estructural, mencionadas a continuación:

- Variación en densidad estructural (kg/m^2) y costos (BsF.) considerando las distintas pendientes de techo de las naves industriales.
- Variación en la densidad estructural (kg/m^2) y costos (BsF.) según las distintas alturas de columnas de las naves industriales.
- Variación en la densidad estructural (kg/m^2) y costos (BsF.) debido a las diferentes dimensiones de planta y pendiente de techo de las naves industriales.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con las tareas necesarias de la fase metodológica IV, correspondiente al objetivo específico N° 4.

Fase V. Recomendar según los resultados obtenidos, el método más conveniente en cuanto a economía, seguridad y confiabilidad para el diseño estructural de naves industriales de acero.

Ahora bien, de los resultados obtenidos de las anteriores fases metodológicas, se recomendó el método de diseño, que cumpla con las especificaciones normativas,

más conveniente en cuanto a economía, seguridad y confiabilidad, para el diseño estructural de naves industriales de acero de diferentes dimensiones. En tal sentido, una vez se cumplió con los trabajos y tareas necesarias, se concluyó la fase metodológica V, desarrollando así lo planteado en el objetivo N° 5.

CAPITULO IV

RESULTADOS

El presente capítulo se enfocó en desarrollar cada uno de los objetivos planteados dentro de la investigación dirigida al análisis comparativo de los costos de perfilería en el diseño estructural de naves industriales de acero, aplicando los métodos del ASD y LRFD, basados en las normas COVENIN 1618-82 y COVENIN 1618-98. Con los resultados obtenidos, se llevó a cabo una recomendación del método de diseño más conveniente en cuanto a economía, seguridad y confiabilidad para el diseño estructural de naves industriales de acero y como este trabajo puede ser tomado en cuenta para posteriores investigaciones.

4.1 Describir los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño estructural en acero por ASD y LRFD.

Para dar una mejor comprensión al lector, a continuación se extiende los lineamientos técnicos y filosóficos de los métodos de diseño anteriormente mencionados, y a su vez como se estudia el comportamiento de los elementos estructurales de acero cuando se ven sometidos a las diferentes solicitaciones, considerando las variaciones del diseño estructural por cada una de las metodologías aplicadas en el presente trabajo de investigación.

Ante lo expuesto anteriormente, se logró el presente objetivo tomando en cuenta los criterios y requisitos para el diseño estructural de naves industriales de acero, según las fuentes de información consultadas y descritas en la fase metodológica del capítulo tres del presente trabajo. Es por esto que, en primer lugar se describió los lineamientos técnicos y filosóficos del método de diseño de los esfuerzos admisibles, llamado ASD por sus siglas en inglés Allowable Stress Design, el cual, de acuerdo a la norma COVENIN 1618-82, especifica que todos los componentes de la estructura se dimensionan de tal manera que las tensiones (en kgf/cm^2), no excedan los valores especificados en la misma. Para el alcance de la presente investigación, en la cual el

estudio de perfilaría de acero que está conformado por elementos de vigas, columnas, correas y arriostramientos, se estudió el comportamiento de trabajo a la cual estará sometidos dichos elementos, los cuales se describen a continuación:

a. Miembros a Tracción

Los elementos estructurales que son capaces de resistir solo esfuerzos de tracción, se denominan tensores, un ejemplo de ellos son los soportes de largueros de techos inclinados de naves industriales. Es por esto que, el contraventamiento en naves industriales se logra con la colocación de miembros inclinados, denominados arriostramientos, que impiden el desplazamiento lateral de la estructura, estos elementos pueden cruzarse en forma de X, conocidos como cruces de San Andrés, o con triangulación en V, A o K, y articulándolas en sus extremos en los diferentes niveles de las estructuras.

Esfuerzo en miembros a tracción:

Los esfuerzos se distribuyen en el rango elástico del material en la sección transversal del miembro traccionado, sometido a la acción de una carga axial concentrada, aplicada en su baricentro, o bajo la acción de una carga uniformemente distribuida en una pequeña área baricéntrica. Esta distribución no es uniforme, y en ella se presentan esfuerzos elevados, no obstante, al suponer validez la hipótesis de que las secciones permanecen planas, a una cierta distancia del punto de aplicación de las fuerzas, dicha distribución será uniforme, y se puede definir por:

—

En donde P es la carga axial de tracción y A es el área total o área gruesa de la sección transversal del elemento, para la cual es esfuerzo admisible bajo cargas estáticas tiene el valor de:

Por lo tanto, en el diseño, el área gruesa requerida tiene el valor de:

—————

En cuanto al alargamiento elástico L de las fibras traccionadas de un elemento estructural, resulta de:

—

Por otro lado, en miembros traccionados, se exige limitar la esbeltez máxima de un miembro solicitado, en la longitud L , según la relación:

—

—

Estas limitaciones de esbeltez de un elemento traccionado, no son esenciales para su integridad estructural, sino que proveen un grado de rigidez suficiente para evitar movimientos laterales, vibraciones, entre otras, por lo cual deben ser cumplidas.

b. Miembros a Compresión

Se consideran miembros estructurales comprimido, a los que soportan fuerzas que tienden a producir el acortamiento de sus fibras en el sentido longitudinal, es por esto que, las columnas son miembros estructurales que resisten compresión como principal sollicitación, las mismas constituyen elementos básicos en la mayoría de las estructuras y el conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y esbeltez resulta de fundamental importancia.

La descripción del comportamiento de una columna sometida a compresión, por lo general no se hace referencia a su longitud, sino a su esbeltez (λ), que resulta de la relación entre su longitud efectiva (L) y el radio de giro (r):

—

Esfuerzos admisibles en miembros a compresión:

Las tensiones admisibles en columnas cargadas axialmente, se obtienen al dividir el esfuerzo crítico (para columnas esbeltas, con esfuerzos en el rango elástico) por un apropiado coeficiente de seguridad.

—
—

En el rango elástico, adoptando un factor de seguridad (FS) de:

—

el esfuerzo admisible viene dado por:

— —
— —

En miembros secundarios y de arriostramientos sometidos a compresión, el factor K adopta el valor de 1. En estos casos, el esfuerzo admisible viene dado por:

—
—

Se debe considerar que el esfuerzo admisible (F_a) en compresión para las columnas, no depende de la calidad del acero, por lo cual no es recomendable usar aceros de alta resistencia.

c. Miembros a Flexión.

Los elementos estructurales que soportan cargas transversales a su eje longitudinal y están sometidas a flexión pura y flexión simple, son las vigas. Por lo general, la colocación de estos miembros es horizontal, pero también se pueden colocar de manera inclinada, tal es el caso de los techos de las naves industriales. Ante esto, las vigas reciben diferentes denominaciones:

- Correas: vigas solicitadas a flexión en cubiertas inclinadas, las cuales reciben las cargas de la cubierta de techo y del viento, y las transmiten a las vigas de techo.
- Vigas laterales o largueros: miembros ubicados longitudinalmente en las naves industriales para soportar y fijar los cerramientos de las paredes.

Como se mencionó anteriormente, las vigas son elementos estructurales predominantemente flexados que soportan flexión como principal sollicitación, en

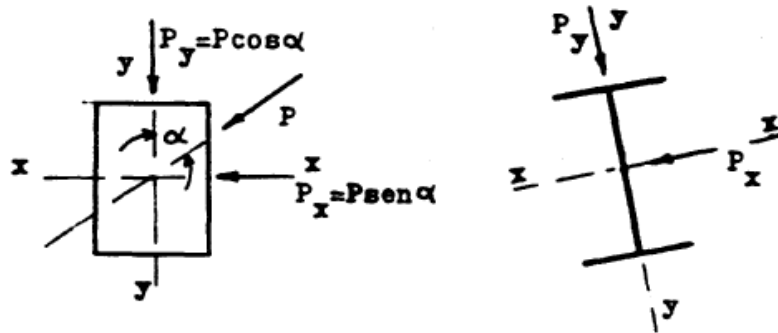
donde la flexión se clasifica en: flexión simple (pura y plana), flexión compuesta (flexo-tracción y flexo-compresión) y flexo torsión.

En consecuencia a lo expuesto, la mayoría de los perfiles de acero usados para vigas son los de serie “I”, los cuales soportan cargas verticales aplicadas en su eje de simetría, causando la flexión en el plano de carga y originando esfuerzos en el régimen elástico, expresados de la siguiente manera:

— —

En donde M es el momento flector de la sección de perfil, de momento de inercia I_x y un módulo de sección S_x . Estos esfuerzos responden a la teoría elástica de flexión, en la que se analiza el comportamiento de las vigas bajo las cargas de servicio, y las cuales se basan en las hipótesis planteadas en el capítulo dos de la presente investigación.

Cuando las cargas a las que está sometida una viga no están contenidas en un eje principal de inercia, la flexión resultante es biaxial, la cual es la superposición de la flexión simple en dos direcciones perpendiculares y las cargas aplicadas se descomponen según los ejes principales de inercia, como se muestra en la figura 7.



Flexion biaxial

Fuente:

Dra. Ing. María Graciela Fratelli (1999).

Para las secciones simétricas en el rango elástico, los esfuerzos finales en la flexión biaxial se obtienen de:

— —

En donde M_x y M_y son los momentos flectores correspondientes a los ejes X e Y respectivamente, y S_x y S_y los módulos de sección. De acuerdo a esto, los perfiles estructurales de la serie “I” se debe cumplir que:

————— —————

Para cualquier sección cuyos S_x y S_y permitan cumplir con la expresión anterior es apta para resistir la flexión biaxial, pero considerando la que resulte un valor lo más aproximado a 1 posible, sin sobrepasar el valor, lo que ocasionaría el sobre-esfuerzo en la sección.

d. Miembros en Flexo compresión.

Los elementos estructurales sometidos simultáneamente a compresión axial y flexión, se denominan vigas-columnas, solicitadas a flexo-compresión, estos miembros deben satisfacer los siguientes requerimientos:

— ————— —————
—— ——— ———
————— ——— ———

Cuando $f_a/F_a \leq 0,15$, en lugar de utilizar las expresiones anteriores, se puede usar la siguiente expresión:

— — —

En donde en estas expresiones los subíndices X e Y indican los ejes de flexión alrededor de los cuales se calculan las tensiones y el resto de las variables se definen a continuación:

- Fa = tensión normal de compresión que se permitirá si existiese únicamente fuerza axial
- Fb = Tensión normal de compresión debida a la flexión que se permitiría si existiesen

únicamente momentos flectores

$F'e = \frac{P_c}{1 - \frac{P_c}{P_{e'}}}$ en esta expresión, L_b es la longitud real no arriostrada en el plano de la flexión, r_b es su correspondiente radio de giro y k es el factor de longitud efectiva de dicho plano.

$f_a =$ Tensión normal calculada de compresión debida a carga axial

$f_b =$ Tensión normal calculada de compresión debida a la flexión

Coefficiente cuyo valor se determina:

1. Para miembros comprimidos pertenecientes a pórticos no arriostrados
2. Para miembros comprimidos restringidos pertenecientes a pórticos arriostrados lateralmente y no sometidos a cargas transversales entre sus apoyos en el plano a flexión
3. Para miembros comprimidos pertenecientes a pórticos arriostrados en el plano de flexión y sometidos a cargas transversales entre sus apoyos, el

-

-

Ahora bien, luego de descrito el método del ASD, en segundo lugar, se describió los lineamientos técnicos y filosóficos del método de diseño estructural de cargas y factores de resistencia, llamado LRFD por sus siglas en ingles

el cual, de acuerdo a la norma COVENIN 1618-98, establece que el objetivo del diseño por los Estados Limites es mantener una baja probabilidad de alcanzar un estado limite preestablecido para una dada tipología estructural. Para el logro de este objetivo, la demanda de rigidez, resistencia, estabilidad y de absorción y disipación de energía sobre la estructura, sus miembros no deben exceder la capacidad de rigidez, resistencia, estabilidad y de absorción y disipación de energía de los mismos. A su vez, para lograr dicho objetivo, se debe multiplicar las solicitaciones por sus factores de mayoración para cuantificar la demanda y

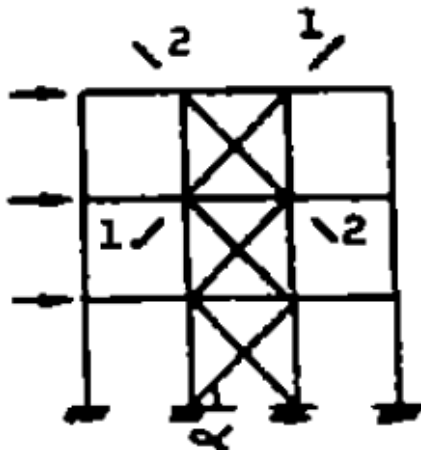
multiplicando las resistencias teóricas por sus factores de minoración para calcular la capacidad. Entre los estados límites que se deben considerar se encuentran los estados límites de agotamiento resistente y los estados límite de servicio, los cuales se presentaron en el capítulo dos anteriormente mostrado.

De igual manera, en el método de diseño del LRFD, la perfilera de acero empleada en esta investigación se ve sometida a las diferentes solicitaciones explicadas en el método de diseño del ASD, considerando las variaciones de diseño entre los dos métodos:

a. Miembros a Tracción

Teniendo el conocimiento de a que se refiere un elemento estructural solicitado a tracción, explicado en la descripción del método del ASD, se debe considerar que la elección de la sección adecuada de un miembro estructural traccionado depende de las características y magnitudes de las cargas aplicadas, de las luces libres, de los requisitos de rigidez exigidos y del tipo de apoyos, y de igual forma, la influencia del factor económico.

Como se explicó anteriormente, uno de los principales usos de este tipo de miembros estructurales es la de arriostrar estructuras como naves industriales, para cumplir la función de impedir el desplazamiento lateral de las mismas, pero se debe considerar que cuando las cargas horizontales, como por ejemplo el viento, actúa sobre la edificación (como se muestra en la figura 8), los miembros diagonales en la dirección del eje 1-1 trabajan a tracción, actuando como tensores que rigidizan la estructura, mientras que los miembros en el eje 2-2 soportan la compresión. Sin embargo, cuando se invierte el sentido de acción de las cargas, las diagonales del eje 1-1 soportan la compresión, y las del eje 2-2 se encuentran a tracción.



Estructura arriostrada mediante elementos diagonales.

Fuente:
(2003).

Dra. Ing. María Graciela Fratelli

Se deben preferir arriostramientos con una inclinación cercana a los 45° , para evitar los diseños con diagonales muy inclinadas, lo que provocaría un mal soporte lateral de los sistemas estructurales.

Criterios de diseño de elementos a tracción:

Los elementos solicitados a tracción por fuerzas que actúan a lo largo de su eje baricéntrico, toman en cuenta la consideración de tres condiciones para asegurar la resistencia, ductilidad y estabilidad de ellos: capacidad resistente, esbeltez limitada y deformaciones compatibles.

- Capacidad resistente

Esta capacidad a tracción de miembros estructurales será el menor valor de $\phi_t N_t$ que se obtenga al considerar los estados límites de cedencia en la sección del área total A y la fractura en la sección neta efectiva A_e . Donde N_t es la capacidad resistente teórica a tracción y ϕ_t es el correspondiente factor de minoración de capacidad resistente, es por esto que se debe cumplir lo siguiente:

Donde F_y es el esfuerzo de cedencia del material, A es el área total o área gruesa de la sección.

- **Esbeltez limitada**

La relación de esbeltez máxima de los miembros solicitados por tracción axial no debe superar los límites máximos mostrados en el método de diseño del ASD.

- **Deformaciones compatibles**

De igual manera, el alargamiento L de un miembro que soportan tracción, en régimen de servicio, se obtiene a la observada en el método del ASD, teniendo en cuenta que la elongación producida debe ser compatible con las condiciones de vínculos existentes, y con la capacidad de deformación de los miembros vinculados.

b. Miembros a Compresión

Conociendo los miembros estructurales solicitados a compresión, descritos anteriormente, así como también entendiendo su comportamiento de esbeltez, se puede observar que mediante el método del LRFD, la capacidad resistente por pandeo flexional de los miembros solicitados a compresión axial, viene dada por:

Dónde:

N_t = es la resistencia teórica a compresión axial del elemento, calculada:

$$N_t = A * F_{cr}$$

$$\phi = 0,85$$

N_u = es la demanda de resistencia para las cargas axiales factorizadas

A = es el área total de la sección transversal del miembro

Para el cálculo del esfuerzo crítico (F_{cr}), se debe hallar el parámetro de esbeltez reducida:

$$\frac{KL}{r}$$

Donde, KL es la longitud efectiva entre secciones transversales arriostradas contra desplazamientos laterales o torsionales del miembro, y r es el radio de giro con respecto al plano de pandeo, que controla el diseño. Por otra parte, la determinación del valor de F_{cr} depende de la magnitud del producto:

De esta forma, se presentan los dos casos siguientes:

a) Cuando $\lambda < \lambda_{cr}$, el elemento se comporta en el rango inelástico.

b) Cuando $\lambda > \lambda_{cr}$, el elemento se comporta en un pandeo elástico.

Dónde: C_m coeficiente de reducción por efecto de pandeo local, considerando que:

- $C_m = 1$ en secciones donde la relación ancho/espesor de sus elementos no excede el valor límite de λ_{cr} especificado en la norma.
- $C_m = 0,6$ en secciones con elementos esbeltos cuya relación ancho/espesor excede el valor límite de λ_{cr} especificado en la norma.

c. Miembros a Flexión

Comprendido en que consiste un miembro sometido a flexión, analizado en el método anterior del ASD, el cual presentan un comportamiento en el régimen elástico, a diferencia del método del LRFD en donde la resistencia a flexión de las secciones plásticas viene dada por $\phi_b M_t$ siendo $\phi_b = 0,9$ el factor de minoración y M_t la resistencia teórica en flexión, de modo que se obtiene al analizar el estado límite de agotamiento resistente por cedencia, de manera que, en el caso de las secciones plásticas, se cumple:

Siendo

El límite de $1,5 M_y$ es para evitar deformaciones excesivas por cargas de servicio y se satisface cuando:

Por lo visto anteriormente, en perfiles I, W y HE, entre otros, flexados con respecto al eje fuerte, esta condición siempre se cumple, pero no sucede cuando la flexión se produce para el eje débil.

d. Miembros en Flexo compresión.

Sabiendo lo que significa un elemento sometido a las solicitaciones de fuerzas normales y momentos de flexión simultáneamente, estos se dimensionaran satisfaciendo las expresiones siguientes:

a) Cuando

$$\frac{N_u}{N_t} + \frac{M_u}{M_t} \leq 1$$

b) Cuando

$$\frac{N_u}{N_t} + \frac{M_u}{M_t} \leq 1$$

En las expresiones mostradas los subíndices X e Y indican los ejes de flexión alrededor de los cuales se calculan las solicitaciones y las variables definidas a continuación:

N_t = Resistencia teórica a la compresión

N_u = Solicitación mayorada a compresión normal

M_t = Resistencia teórica a flexión

M_u = Solicitación mayorada a flexión

ϕ_b = Factor de minoración de la resistencia teórica a la flexión, $\phi_b = 0,90$

ϕ_c = Factor de minoración de la resistencia teórica a la compresión, $\phi_c = 0,85$

Luego de la descripción y el entendimiento del comportamiento de los elementos estructurales de acero por las dos metodologías de diseño estructural, se debe comprender que estos se ven sometidos a las diferentes solicitaciones explicadas anteriormente, por causa de las acciones que afectan a una edificación. Es por esto que, a continuación se describe los lineamientos de las acciones que inciden sobre las

naves industriales diseñadas, considerando que la definición de estas acciones se explicó previamente en el capítulo dos del presente trabajo.

- **Acciones Permanentes (CP)**

Las acciones permanentes actúan sobre las edificaciones y la magnitud de ellas se considera invariable en el tiempo, por lo cual, para los efectos de estas acciones sobre las naves industriales, se pueden considerar los diferentes pesos de los materiales usados para la construcción del techo de las mismas, en (kgf/m^2) especificados en la norma venezolana COVENIN 2002-1988.

- **Acciones Variables (CV)**

Del mismo modo, y como se ha mencionado previamente tanto las acciones permanentes como las variables se evalúan sus efectos sobre los techos de las naves industriales, es por ello que, estas cargas variables se consideran por metro cuadrado de proyección horizontal y dependen del tipo del techo o cubierta y de sus pendientes, y como se especifica en la norma COVENIN 2002-1988 se pueden considerar techos metálicos livianos con peso propio menor a 50 kgf/m^2 .

- **Acciones accidentales debidas al viento (W)**

La determinación de las acciones debidas al efecto del viento son de gran importancia al momento de diseñar naves industriales de acero, puesto que, son las acciones que más afectan a este tipo de estructuras, dicho esto, cuando se analiza este tipo de acciones se considera las siguientes hipótesis:

- El viento actúa en dos direcciones ortogonales entre sí, por lo cual no se considera la superposición de efectos en estas direcciones y se elegirá la que cause la condición más desfavorable para la estabilidad de la estructura.

- Se considera que la fuerza resultante de la acción del viento coincide con el centro de presiones de empujes o succiones del área expuesta.

- La estructura se supone que está totalmente aislada, despreciando los efectos de protección que puedan producirse por la existencia de construcciones cercanas a la misma.

Por otra parte, existen diversos aspectos que se toman en cuenta para el análisis y el cálculo de los efectos debido a las acciones del viento, como lo son:

Clasificación según el uso y las características ante la acción del viento.

En este aspecto se tiene en cuenta el funcionamiento que tendrá la estructura y según esto, se le asigna un factor de importancia para el cual se clasifica la misma; así mismo se debe tener en cuenta la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar sobre las edificaciones y que tan sensible son estas estructuras ante las misma, es por ello que, se analiza la geometría expuesta a la acción del viento.

Determinación de las acciones por efecto del viento.

Las acciones por efecto del viento se ven influenciada por dos principales factores (factor de intensidad de turbulencia y factor de intensidad ante ráfagas) y un coeficiente (de empuje o succión interna); este último coeficiente depende principalmente de la forma geométrica de la estructura y lleva un signo positivo si el efecto a considerar es de empuje, o un signo negativo si el efecto a considerar es de succión, del mismo modo, lleva un subíndice que indica en donde se da la acción , el subíndice “i” se refiere a una acción interna y el subíndice “e” a una acción externa. Cabe destacar que, estos factores y este coeficiente son primordiales para la determinación de estas acciones.

Coefficiente de forma (C_p) para el cálculo de las acciones externas en sistemas resistentes al viento.

El coeficiente C_p es calculado para la determinación de los efectos del viento en la parte externa de las estructuras, y el mismo se analiza perpendicular y paralelo a la cumbrera tanto como para las fachadas y para el techo de la edificación. Cuando se examina las fachadas (barlovento y sotavento), dicho coeficiente dependerá de la relación (L/b), siendo L el ancho de la edificación en la vista de planta y b la profundidad de la misma, del mismo modo, en el estudio del techo dicho coeficiente dependerá de la relación (L/b) y la pendiente que tenga el techo.

Por lo expuesto anteriormente, el análisis y el cálculo de las acciones mencionadas previamente, se realizaron cuidadosamente para el logro del óptimo diseño de las naves industriales y el alcance de los objetivos siguientes de la presente investigación

4.2 Diseñar estructuralmente distintas naves industriales de acero aplicando los métodos del ASD y LRFD.

Para abarcar un amplio estudio de cómo afecta las distintas acciones a las que está sometida una nave industrial y como puede variar el tamaño de los miembros estructurales que la componen (como lo son los perfiles de acero) al ser diseñadas dichas edificaciones por los dos métodos de diseño estructural descritos y analizados en el objetivo anterior, se definieron diferentes dimensiones de naves industriales de acero, como lo fueron el cambio en dimensiones de planta, altura y pendiente de techo y alturas de columnas, lo que originó el estudio de ocho naves industriales que fueron diseñadas por ambas metodologías y así poder obtener los resultados necesarios para el desarrollo de este y los siguientes objetivos de la presente investigación. Las diferentes dimensiones mencionadas se pueden observar en la tabla 5 siguiente:

Tabla 5

Nave Industrial	Luz libre (m)	Profundidad (m)	Altura de columna (m)	Altura de techo (m)	Pendiente de techo (en grados)
N° 1	12	24	6	1,50	7,125
N° 2	12	24	6	2,00	9,462
N° 3	12	24	8	1,50	7,125
N° 4	12	24	8	2,00	9,462
N° 5	24	48	6	1,50	3,576
N° 6	24	48	6	2,00	4,764
N° 7	24	48	8	1,50	3,576
N° 8	24	48	8	2,00	4,764

Fuente:

Luego, se calcularon las acciones que afectan a las mismas, considerando que las acciones permanentes y variables calculadas son iguales para todas las naves, recordando que estas afectan directamente al techo de la edificación, resultando que:

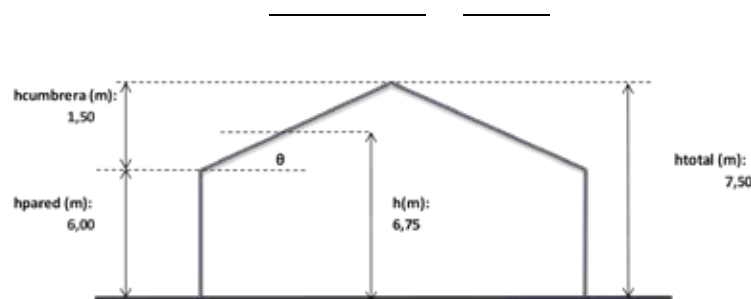
Para las acciones permanentes (CP), considerando los valores de las especificaciones normativas descritas en el objetivo anterior, se asumió un peso del material de cubierta de techo de:

En el caso de las acciones variables de techo (CVt), se consideró techos metálicos livianos inaccesibles con un peso propio menor de 50 kgf/m^2 , resultando un valor de:

Ahora bien, para las acciones debidas al viento (W) se tomó en cuenta que estas si varían de acuerdo al tipo de dimensiones de cada nave industrial ya definida, es por esto que, se realizó el cálculo de las mismas para las ocho naves industriales de estudio del presente trabajo. De esta forma a continuación se muestra el procedimiento de cálculo realizado para la obtención de la acción del viento que afecta a la nave industrial N°1, siguiendo las especificaciones de la norma venezolana Acciones del viento sobre las construcciones. COVENIN MINDUR 2003-86 descrita en el objetivo pasado. Este procedimiento se realizó para todas las naves de estudio, es por ello que, luego se puede observar las tablas y figuras de resultados para todas las naves industriales diseñadas.

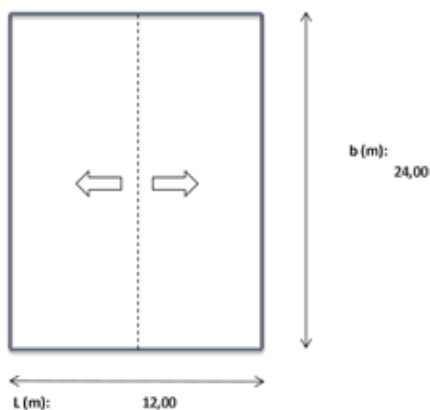
Procedimiento desarrollado para el cálculo de las acciones debidas al viento (W), que afecta a la Nave Industrial N°1:

1. Para las dimensiones de la nave industrial en estudio, mostradas en las figuras 9 y 10, se calculó la relación de esbeltez de la siguiente manera:



Vista frontal de nave industrial N°1

Fuente:



Vista de planta de nave industrial N°1

Fuente:

2. Se clasificó la nave industrial según el uso y las características de respuestas ante la acción del viento, en donde los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6:

Tabla 6

Clasificación según su uso:		(Pág. 11)	GRUPO B	
Factor de importancia eólica		(Pág. 12)	1	
Clasificación según características de respuesta:		(pág. 12)	TIPO I	Esbeltez ≤ 5
Tipo de exposición:		(pág. 15)	C	
Velocidad básica del viento (Km/h):		(pág. 17)	70	
Pendiente del techo (en grados):			7,125	
Coeficientes:		(pág. 28 y 29)		
Tabla 6.2.3		Altura Zg (m)		
	7	270		
Tabla 6.2.4.1	Coef. K			
	0,005			

Fuente:

En la tabla mostrada anteriormente, se tomó en cuenta la localidad del Municipio San Diego, Edo. Carabobo para el cálculo del ítem de la velocidad básica del viento, así como también, se puede observar que en los diferentes ítems calculados se menciona la página de la norma donde se encuentra la especificación seguida para obtener los resultados.

3. Luego, se determinó las acciones por el efecto del viento, como se observa en la tabla 7, considerando las ecuaciones mostradas en las páginas mencionadas de la norma.

Tabla 7

Factor de intensidad de turbulencia (Ecu. 6.12)	(pág. 21)		0,173
Factor de intensidad ante ráfagas (Ecu. 6.11)	(pág. 21)	Gh=	1,282
Coefficiente de empuje o succión interna	(pág. 23)	Gcpi=	0,25
		Gcpi=	-0,25

Fuente:

4. Se calculó los coeficientes de forma (C_p) para el cálculo de las acciones externas en sistemas resistentes del viento, estos se calcularon en las dos direcciones en las que el viento afecta a la cumbrera de la nave industrial, tanto perpendicular como paralela a ella, como se muestra en la tabla 8 siguiente:

Tabla 8

VIENTO PERPENDICULAR A LA CUMBRERA			
			Cp
Fachada a Barlovento =	(Todas)		0,8
Fachada Laterales =	(Todas)		-0,7
Fachada a Sotavento (L/b) =	0,5		-0,5
Techo a Sotavento =	(Todas)		-0,7
Techo a Barlovento =			-0,7
VIENTO PARALELO A LA CUMBRERA			
			Cp
Fachada a Barlovento =	(Todas)		0,8
Fachada Laterales =	(Todas)		-0,7
Fachada a Sotavento (b/L) =	2		-0,3
Techo a Sotavento =	(Todas)		-0,7
Techo a Barlovento =	(Todas)		-0,7

Fuente:

Cabe resaltar que, para el cálculo del coeficiente de forma (C_p) para el viento perpendicular a la cumbrera mostrado en la tabla anterior, se tomó en cuenta el valor de la pendiente de techo = 7,125 y la relación $L/h = 1,78$, para este caso. Siendo el valor de h , la altura medida desde la base de la nave hasta la parte media de la cumbrera (ver figura 9).

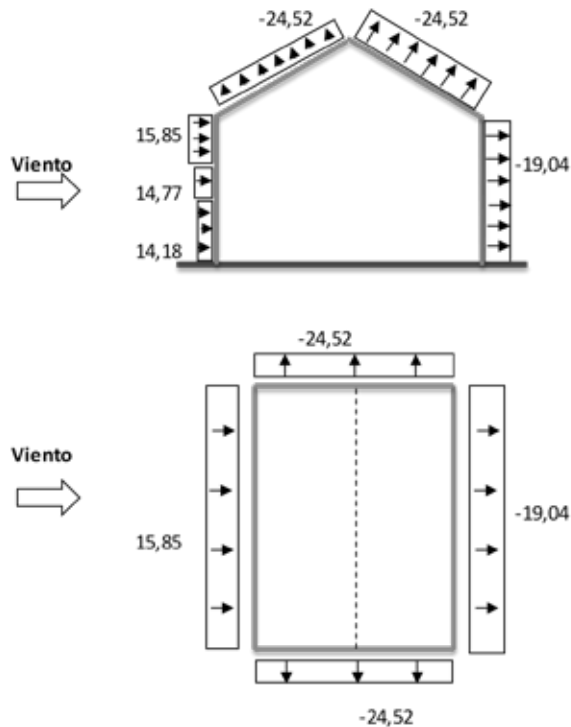
5. Con los resultados obtenidos en los pasos anteriores, se procedió a calcular la fuerza del viento que afecta a la nave industrial N°1, en la dirección perpendicular a la cumbrera, dichos valores se observan en la tabla 9:

Tabla 9

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,52	5,34	14,18	24,86
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,12	5,34	14,77	25,46
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,19	5,34	15,85	26,54
	Sotavento		6,75	0,899	21,371	-0,5	-13,70	5,34	-19,04	-8,36
	Laterales		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84
TECHO	Barlovento		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84
	Sotavento		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84

Fuente:

Para una mejor visualización para el lector, de los resultados obtenidos en la tabla 9 anterior, se graficó las fuerzas del viento que afecta a la edificación y la cual ocasiona fuerzas de empuje y de succión sobre ella, como se muestra en la figura 11:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°1. (Vista frontal y planta de techo).

Fuente:

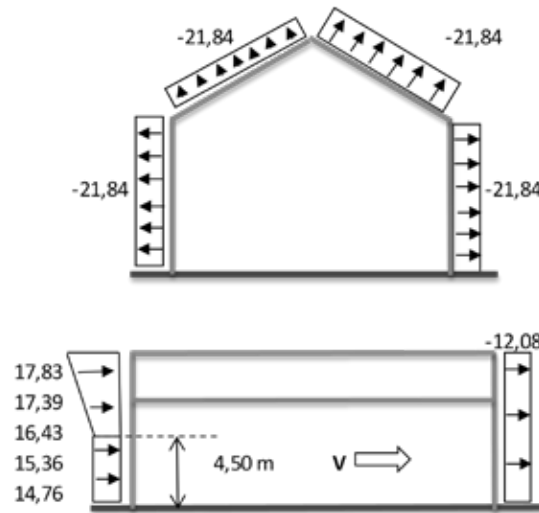
6. De igual manera al paso anterior, se procedió a calcular la fuerza del viento que afecta a la nave industrial N°1, en la dirección paralela a la cumbrera, como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,52	4,76	14,76	24,28
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,12	4,76	15,36	24,87
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,19	4,76	16,43	25,95
		7,00		0,909	21,594	0,8	22,15	4,76	17,39	26,90
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,59	4,76	17,83	27,35
	Sotavento		3,00	0,801	19,033	-0,3	-7,32	4,76	-12,08	-2,56
	Laterales		3,00	0,801	19,033	-0,7	-17,08	4,76	-21,84	-12,32
TECHO AMBAS PENDIENTES			3,00	0,801	19,033	-0,7	-17,08	4,76	-21,84	-12,32

Fuente:

Así mismo, los resultados obtenidos en la tabla 10 anterior, se graficaron las fuerzas del viento que afecta a la edificación y como se observa en la figura 12 las fuerzas de empuje y de succión sobre ella:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°1. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

Cabe resaltar, que la altura $Z = 4,50$ m que se observa en la figura anterior, se consideró siguiendo las especificaciones de la norma venezolana en su capítulo 6, para el cálculo de las presiones del viento tanto para la fachada a barlovento como a la fachada a sotavento.

Como se mencionó anteriormente, el procedimiento desarrollado para el cálculo de las acciones debidas al viento (W), fue calculada de igual forma para las ocho naves industriales diseñadas. Ante esto, al ser un procedimiento de cálculo repetitivo para cada nave y con la finalidad de explicar el trabajo de investigación de una forma clara y sencilla al lector, a continuación se presentan los resultados obtenidos (tablas y figuras) de las fuerzas del viento perpendicular y paralelo a la cumbrera para las siete naves industriales restantes, considerando los diferentes cambios de dimensiones definidos.

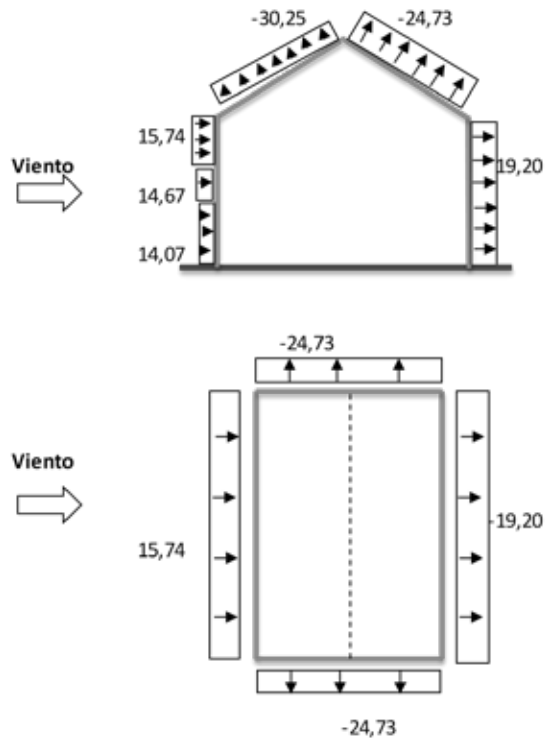
En tal sentido, para la nave industrial N°2, la relación de esbeltez fue de 0,67. Para el cálculo del coeficiente de forma (C_p) en el viento perpendicular a la cumbrera se

consideró el valor de la pendiente de techo = 9,462 y la relación L/h = 1,71. En la tabla 11 se muestra los resultados de la fuerza del viento perpendicular a la cumbrera y en la figura 13 se visualiza estos valores:

Tabla 11

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,47	5,40	14,07	24,87
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,07	5,40	14,67	25,46
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,14	5,40	15,74	26,54
	Sotavento		7,00	0,909	21,594	-0,5	-13,81	5,40	-19,20	-8,41
	Laterales		7,00	0,909	21,594	-0,7	-19,33	5,40	-24,73	-13,93
TECHO	Barlovento		7,00	0,909	21,594	-0,9	-24,85	5,40	-30,25	-19,45
	Sotavento		7,00	0,909	21,594	-0,7	-19,33	5,40	-24,73	-13,93

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°2. (Vista frontal y planta de techo).

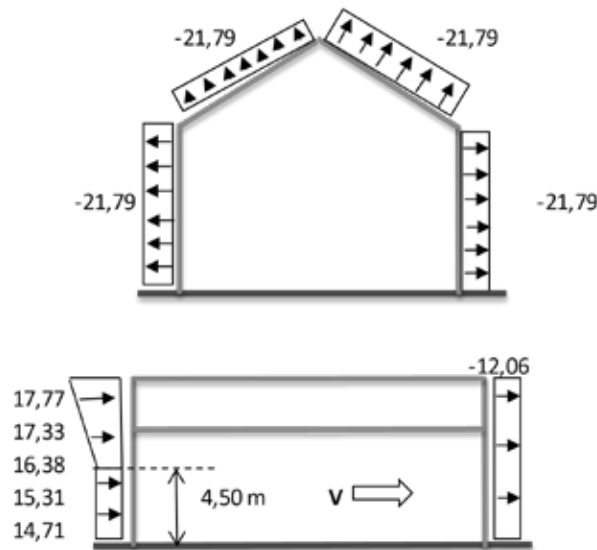
Fuente:

Los valores de la fuerza del viento paralelo a la cumbrera se muestran en la tabla 12 y en la figura 13, a continuación:

Tabla 12

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,47	4,76	14,71	24,23
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,07	4,76	15,31	24,82
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,14	4,76	16,38	25,90
		7,00		0,909	21,594	0,8	22,09	4,76	17,33	26,85
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,53	4,76	17,77	27,29
	Sotavento	3,50	0,801	19,033	-0,3	-7,30	4,76	-12,06	-2,54	
	Laterales	3,50	0,801	19,033	-0,7	-17,04	4,76	-21,79	-12,28	
TECHO AMBAS PENDIENTES			3,50	0,801	19,033	-0,7	-17,04	4,76	-21,79	-12,28

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°2. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

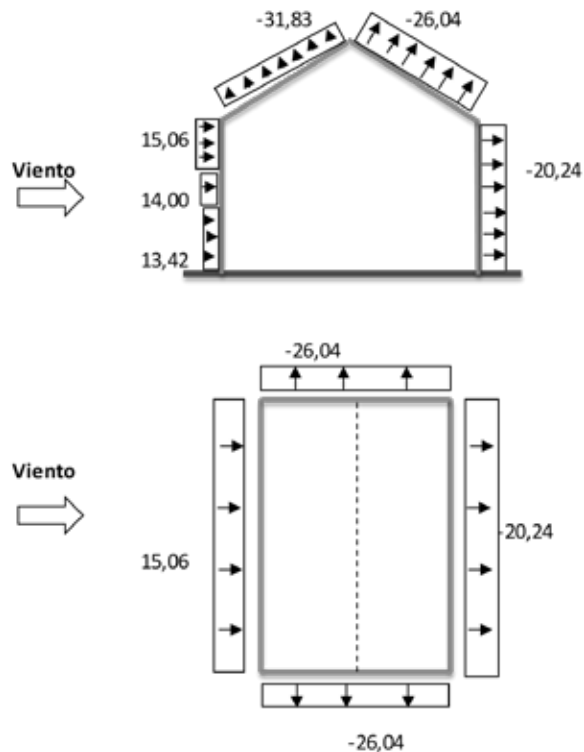
En la nave industrial N°3, se obtuvo una la relación de esbeltez de 0,79. Se tomó los valores de la pendiente de techo = 7,125 y la relación L/h = 1,37 para el cálculo del coeficiente de forma (Cp) en el viento perpendicular a la cumbrera. En la tabla 13

se observa los resultados obtenidos de la fuerza del viento perpendicular a la cumbre, al igual que en la figura 16:

Tabla 13

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,17	5,75	13,42	24,92
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,76	5,75	14,00	25,51
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,81	5,75	15,06	26,57
	Sotavento		8,75	0,968	23,016	-0,5	-14,49	5,75	-20,24	-8,73
	Laterales		8,75	0,968	23,016	-0,7	-20,28	5,75	-26,04	-14,53
TECHO	Barlovento		8,75	0,968	23,016	-0,9	-26,08	5,75	-31,83	-20,32
	Sotavento		8,75	0,968	23,016	-0,7	-20,28	5,75	-26,04	-14,53

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbre generando empuje y succión sobre la nave industrial N°3. (Vista frontal y planta de techo).

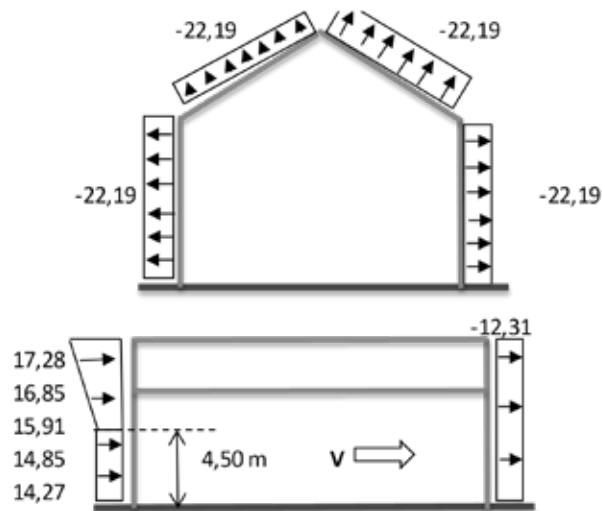
Fuente:

La fuerza del viento que afecta paralelamente a la cumbre de la nave industrial N°3 se muestran en la tabla 14 y en la figura 17, a continuación:

Tabla 14

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,17	4,90	14,27	24,07
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,76	4,90	14,85	24,66
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,81	4,90	15,91	25,72
		7,00		0,909	21,594	0,8	21,75	4,90	16,85	26,65
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,18	4,90	17,28	27,09
	Sotavento		5,00	0,825	19,615	-0,3	-7,41	4,90	-12,31	-2,50
	Laterales		5,00	0,825	19,615	-0,7	-17,29	4,90	-22,19	-12,38
TECHO AMBAS PENDIENTES			5,00	0,825	19,615	-0,7	-17,29	4,90	-22,19	-12,38

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°3. (Vista frontal y lateral).

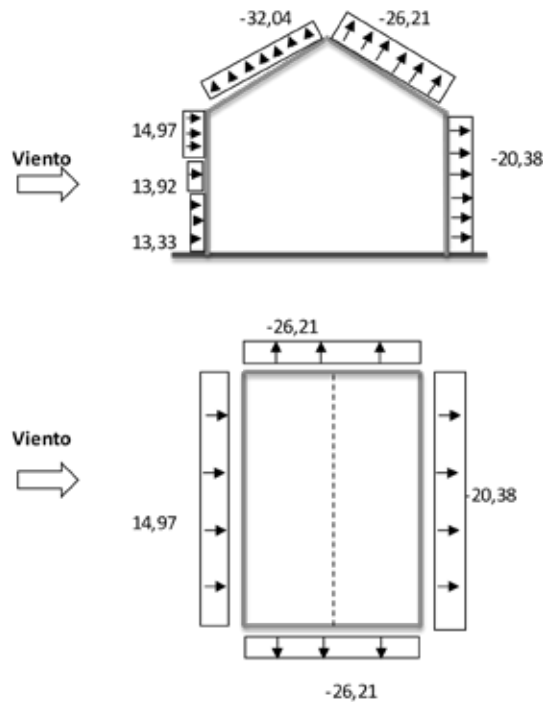
Fuente:

De igual manera, se calculó una la relación de esbeltez de 0,83 para la nave industrial N°4. La pendiente de techo = 9,462 y la relación L/h = 1,33 se usaron para el cálculo del coeficiente de forma (Cp) en el viento perpendicular a la cumbrera. La tabla 15 y la figura 18 muestran los resultados obtenidos de la fuerza del viento perpendicular a la cumbrera:

Tabla 15

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
FACHADAS	Barlovento	(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
		4,50		0,801	19,033	0,8	19,13	5,80	13,33	24,93
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,72	5,80	13,92	25,52
	6,00		0,870	20,664	0,8	20,77	5,80	14,97	26,57	
	Sotavento		9,00	0,976	23,202	-0,5	-14,58	5,80	-20,38	-8,78
	Laterales		9,00	0,976	23,202	-0,7	-20,41	5,80	-26,21	-14,61
TECHO	Barlovento		9,00	0,976	23,202	-0,9	-26,24	5,80	-32,04	-20,44
	Sotavento		9,00	0,976	23,202	-0,7	-20,41	5,80	-26,21	-14,61

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°4. (Vista frontal y planta de techo).

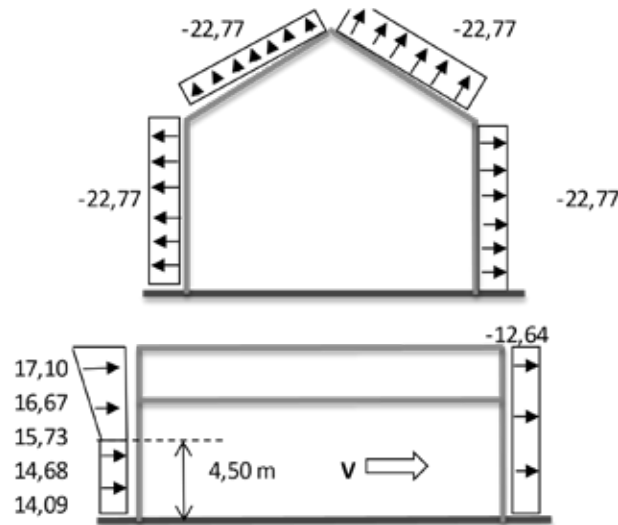
Fuente:

Los valores resultantes de la fuerza del viento paralelo a la cumbrera se observan en la tabla 16 y en la figura 19:

Tabla 16

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,13	5,04	14,09	24,17
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,72	5,04	14,68	24,76
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,77	5,04	15,73	25,81
		7,00		0,909	21,594	0,8	21,71	5,04	16,67	26,75
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,14	5,04	17,10	27,18
	Sotavento	5,50	0,848	20,156	-0,3	-7,60	5,04	-12,64	-2,56	
	Laterales	5,50	0,848	20,156	-0,7	-17,73	5,04	-22,77	-12,69	
TECHO AMBAS PENDIENTES			5,50	0,848	20,156	-0,7	-17,73	5,04	-22,77	-12,69

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°4. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

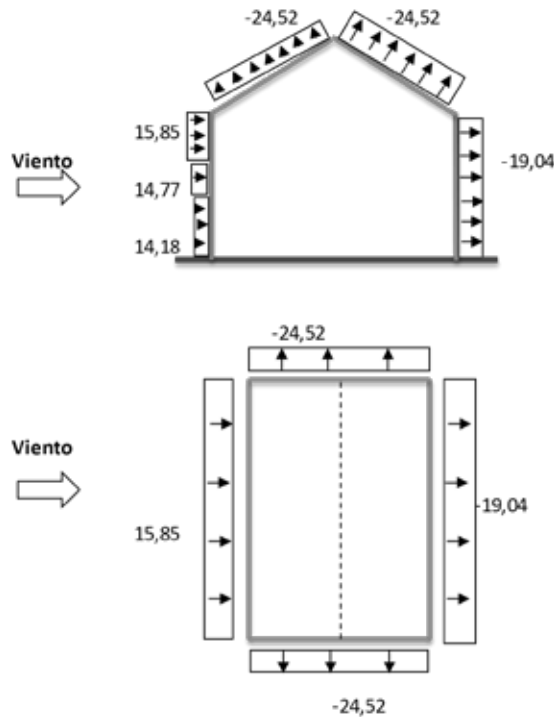
Para el caso de la nave industrial N°5, se calculó una relación de esbeltez de 0,31. Se tomó los valores de la pendiente de techo = 3,576 y la relación L/h = 3,56 para el cálculo del coeficiente de forma (Cp) en el viento perpendicular a la cumbrera. Los

resultados obtenidos de la fuerza del viento perpendicular a la cumbrera para dicha nave industrial, se muestran en la tabla 17 y en la figura 20:

Tabla 17

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
FACHADAS	Barlovento	(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
		4,50		0,801	19,033	0,8	19,52	5,34	14,18	24,86
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,12	5,34	14,77	25,46
	6,00		0,870	20,664	0,8	21,19	5,34	15,85	26,54	
	Sotavento		6,75	0,899	21,371	-0,5	-13,70	5,34	-19,04	-8,36
Laterales		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84	
TECHO	Barlovento		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84
	Sotavento		6,75	0,899	21,371	-0,7	-19,18	5,34	-24,52	-13,84

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°5. (Vista frontal y planta de techo).

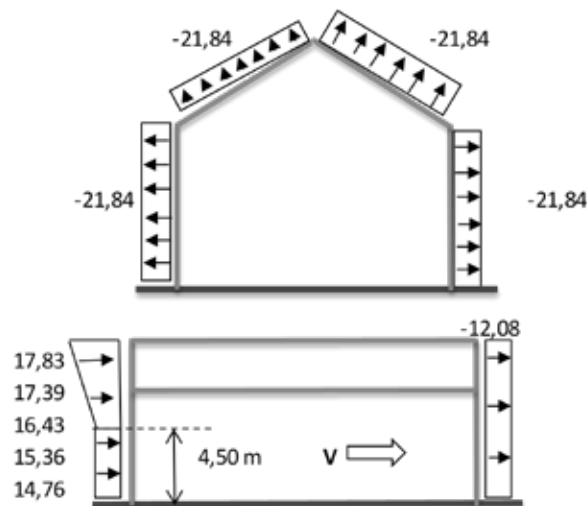
Fuente:

A continuación, en la tabla 18 y en la figura 21, se pueden visualizar los resultados logrados de la fuerza del viento que afecta paralelamente a la cumbrera de la nave industrial N°5:

Tabla 18

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gepi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi	
FACHADAS	Barlovento	(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2				
			4,50		0,801	19,033	0,8	19,52	4,76	14,76	24,28
			5,00		0,825	19,615	0,8	20,12	4,76	15,36	24,87
			6,00		0,870	20,664	0,8	21,19	4,76	16,43	25,95
			7,00		0,909	21,594	0,8	22,15	4,76	17,39	26,90
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,59	4,76	17,83	27,35	
	Sotavento		3,00	0,801	19,033	-0,3	-7,32	4,76	-12,08	-2,56	
	Laterales		3,00	0,801	19,033	-0,7	-17,08	4,76	-21,84	-12,32	
TECHO AMBAS PENDIENTES			3,00	0,801	19,033	-0,7	-17,08	4,76	-21,84	-12,32	

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°5. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

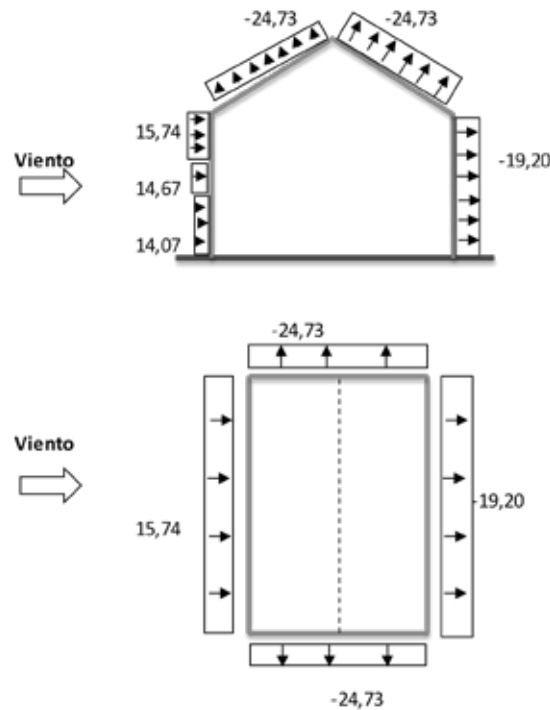
En la nave industrial N°6, se calculó la relación de esbeltez de 0,33, así como también se calculó el coeficiente de forma (Cp) en el viento que afecta perpendicularmente a la cumbrera con los valores de la pendiente de techo = 4,764

y la relación $L/h = 3,43$. De esta manera, se calculó la fuerza del viento perpendicular a la cumbrera, resultados que se observan en la tabla 19 y la figura 22 siguientes:

Tabla 19

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz, qh	Cp	$qz \cdot Gh \cdot Cp$	$\pm qh \cdot Gcpi$	$q \cdot Gh \cdot Cp - qh \cdot Gcpi$	$q \cdot Gh \cdot Cp + qh \cdot Gcpi$
		(mts)		Kh	(kg/cm^2)		kg/m ²			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,47	5,40	14,07	24,87
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,07	5,40	14,67	25,46
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,14	5,40	15,74	26,54
	Sotavento		7,00	0,909	21,594	-0,5	-13,81	5,40	-19,20	-8,41
	Laterales		7,00	0,909	21,594	-0,7	-19,33	5,40	-24,73	-13,93
TECHO	Barlovento		7,00	0,909	21,594	-0,7	-19,33	5,40	-24,73	-13,93
	Sotavento		7,00	0,909	21,594	-0,7	-19,33	5,40	-24,73	-13,93

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°6. (Vista frontal y planta de techo).

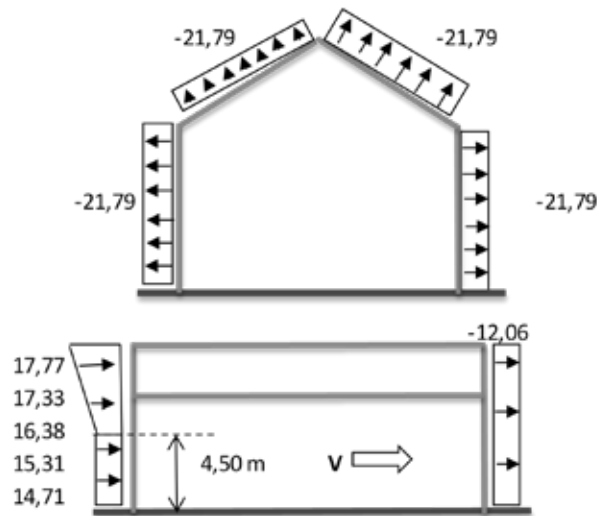
Fuente:

En cuanto a la fuerza del viento que afecta paralelamente a la cumbrera de la nave industrial N°6, los resultados se muestran en la tabla 20 y en la figura 23, a continuación:

Tabla 20

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,47	4,76	14,71	24,23
		5,00		0,825	19,615	0,8	20,07	4,76	15,31	24,82
		6,00		0,870	20,664	0,8	21,14	4,76	16,38	25,90
		7,00		0,909	21,594	0,8	22,09	4,76	17,33	26,85
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,53	4,76	17,77	27,29
	Sotavento		3,50	0,801	19,033	-0,3	-7,30	4,76	-12,06	-2,54
	Laterales		3,50	0,801	19,033	-0,7	-17,04	4,76	-21,79	-12,28
TECHO AMBAS PENDIENTES			3,50	0,801	19,033	-0,7	-17,04	4,76	-21,79	-12,28

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°6. (Vista frontal y lateral).

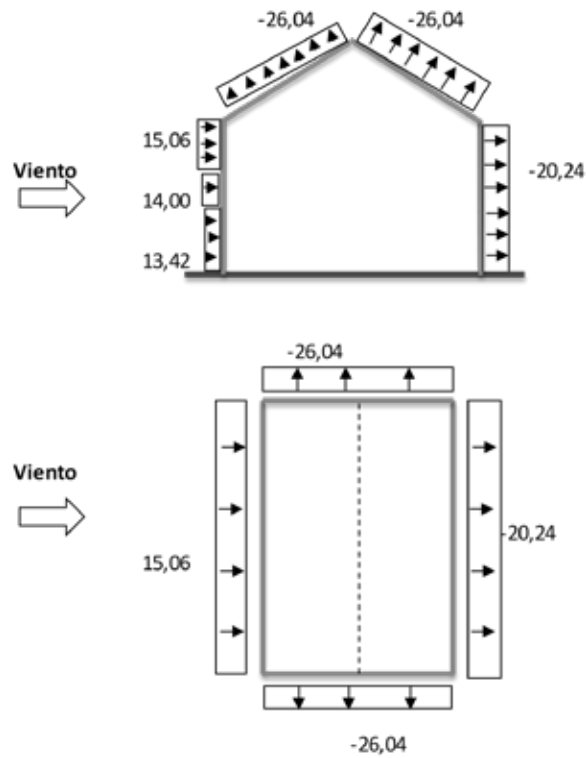
Fuente:

Para la nave industrial N°7, la relación de esbeltez calculada fue de 0,40. La pendiente de techo = 3,576 y la relación L/h = 2,74 son los valores que se tomaron para el cálculo del coeficiente de forma (Cp) en el viento perpendicular a la cumbrera. En la tabla 21 se observa los resultados obtenidos de la fuerza del viento que actúa perpendicularmente a la cumbrera de la nave, al igual que en la figura 24:

Tabla 21

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,17	5,75	13,42	24,92
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,76	5,75	14,00	25,51
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,81	5,75	15,06	26,57
	Sotavento		8,75	0,968	23,016	-0,5	-14,49	5,75	-20,24	-8,73
	Laterales		8,75	0,968	23,016	-0,7	-20,28	5,75	-26,04	-14,53
TECHO	Barlovento		8,75	0,968	23,016	-0,7	-20,28	5,75	-26,04	-14,53
	Sotavento		8,75	0,968	23,016	-0,7	-20,28	5,75	-26,04	-14,53

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°7. (Vista frontal y planta de techo).

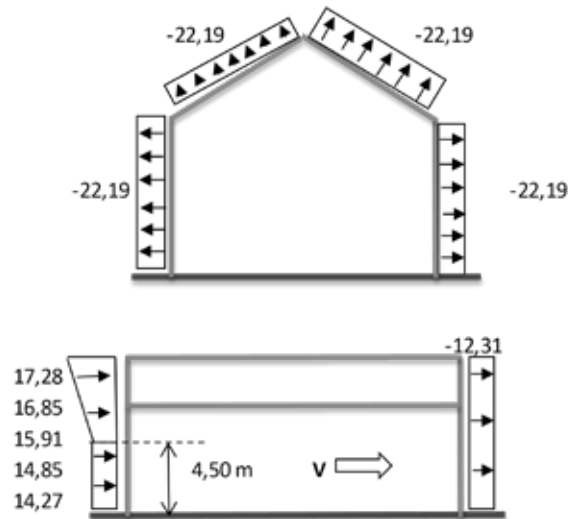
Fuente:

Los valores resultantes de la fuerza del viento que actúa paralelamente a la cumbrera de la nave, se observan en la tabla 22 y en la figura 25:

Tabla 22

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,17	4,90	14,27	24,07
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,76	4,90	14,85	24,66
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,81	4,90	15,91	25,72
		7,00		0,909	21,594	0,8	21,75	4,90	16,85	26,65
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,18	4,90	17,28	27,09
	Sotavento	5,00	0,825	19,615	-0,3	-7,41	4,90	-12,31	-2,50	
	Laterales	5,00	0,825	19,615	-0,7	-17,29	4,90	-22,19	-12,38	
TECHO AMBAS PENDIENTES			5,00	0,825	19,615	-0,7	-17,29	4,90	-22,19	-12,38

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°7. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

Para el caso de la nave industrial N°8, siendo esta la última nave diseñada, se calculó una relación de esbeltez de 0,42. Se tomó los valores de la pendiente de techo

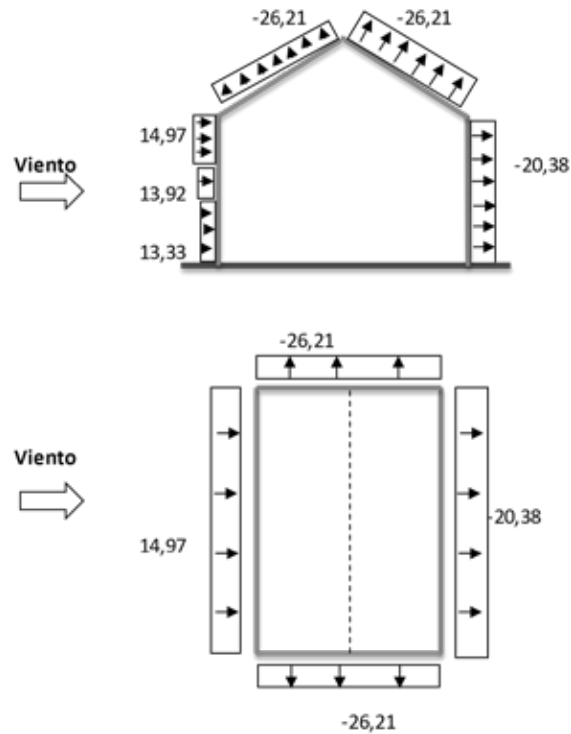
viento perpendicular a la cumbrera. Los resultados obtenidos de la fuerza del viento

perpendicular a la cumbrera para dicha nave industrial, se muestran en la tabla 23 y en la figura 26:

Tabla 23

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gcpi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi
		(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2			
FACHADAS	Barlovento	4,50		0,801	19,033	0,8	19,13	5,80	13,33	24,93
		5,00		0,825	19,615	0,8	19,72	5,80	13,92	25,52
		6,00		0,870	20,664	0,8	20,77	5,80	14,97	26,57
	Sotavento		9,00	0,976	23,202	-0,5	-14,58	5,80	-20,38	-8,78
	Laterales		9,00	0,976	23,202	-0,7	-20,41	5,80	-26,21	-14,61
TECHO	Barlovento		9,00	0,976	23,202	-0,7	-20,41	5,80	-26,21	-14,61
	Sotavento		9,00	0,976	23,202	-0,7	-20,41	5,80	-26,21	-14,61

Fuente:



Fuerzas del viento perpendicular a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°8. (Vista frontal y planta de techo).

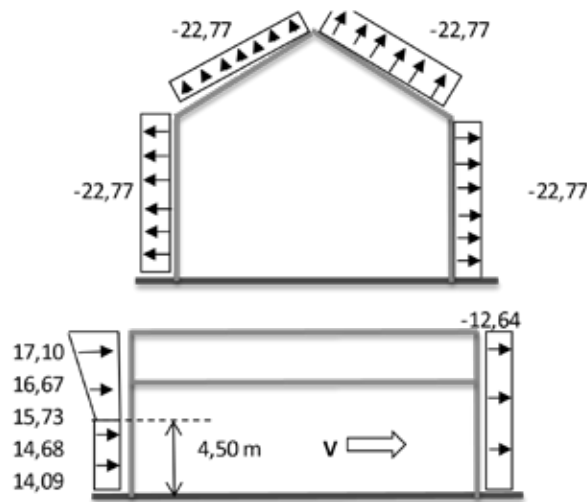
Fuente:

A continuación, en la tabla 24 y en la figura 27, se pueden visualizar los resultados logrados de la fuerza del viento que afecta paralelamente a la cumbrera de la nave industrial N°8:

Tabla 24

SUPERFICIES		Z	h	Kz ,	qz , qh	Cp	qz*Gh*Cp	±qh*Gepi	q*Gh*Cp-qh*Gcpi	q*Gh*Cp+qh*Gcpi	
FACHADAS	Barlovento	(mts)		Kh	(kg/cm2)		kg/m2				
			4,50		0,801	19,033	0,8	19,13	5,04	14,09	24,17
			5,00		0,825	19,615	0,8	19,72	5,04	14,68	24,76
			6,00		0,870	20,664	0,8	20,77	5,04	15,73	25,81
			7,00		0,909	21,594	0,8	21,71	5,04	16,67	26,75
		7,50		0,927	22,024	0,8	22,14	5,04	17,10	27,18	
	Sotavento		5,50	0,848	20,156	-0,3	-7,60	5,04	-12,64	-2,56	
	Laterales		5,50	0,848	20,156	-0,7	-17,73	5,04	-22,77	-12,69	
TECHO AMBAS PENDIENTES			5,50	0,848	20,156	-0,7	-17,73	5,04	-22,77	-12,69	

Fuente:



Fuerzas del viento paralelo a la cumbrera generando empuje y succión sobre la nave industrial N°8. (Vista frontal y lateral).

Fuente:

Posteriormente al cálculo de las acciones que afectan a las naves, se eligieron los perfiles de acero estructural para el inicio del diseño de las ocho naves industriales, considerando las características y especificaciones descritas en el capítulo dos de la

presente investigación, de acuerdo a esto, los perfiles elegidos se muestran en la tabla 25 siguiente:

Tabla 25

Miembro estructural	Perfil estructural seleccionado
Correas y vigas (techo, de amarre y laterales)	IPE
Columnas (centrales, secundarias y esquineras)	HEA
Arriostramientos de techo	Barras de 1''
Arriostramientos laterales	Ángulos de lados iguales

Fuente:

Seguidamente, se realizó el diseño estructural mediante el uso del software de cálculo estructural SAP2000, considerando que las naves industriales N°1 a la N°4 fueron conformadas por cinco pórticos, en cambio las naves industriales N°5 a la N°8 fueron conformadas por nueve pórticos, así como también se tomó una separación de las correas de techo para todas las naves de 1,50 metros.

Atendiendo a estas consideraciones, se procedió a modelar las ocho naves industriales en el software de cálculo mencionado, tomando en cuenta que al ser utilizados los dos métodos de diseño estructural se obtuvieron un total de 16 naves industriales de estudio (8 para cada método de diseño). La visualización de dicho modelado de las naves se puede apreciar en los anexos del presente trabajo de investigación.

Una vez realizado el proceso anterior, se realizó el proceso de carga de las acciones previamente calculadas, que afectan a todas las naves industriales, cabe resaltar que las acciones permanentes (CP) y variables de techo (CVt) fueron cargadas sobre el techo multiplicando el valor obtenido (en kgf/m^2) por la separación de las correas (en m), esto con el fin de obtener el valor de las cargas distribuidas a lo largo del techo en kgf/m . De igual manera, para el caso de las acciones del viento, los valores obtenidos anteriormente, se multiplicaron por las distancias en donde inciden las cargas, tanto en las fachadas (frontal y lateral) como el techo, por ejemplo en el caso de la acción del viento perpendicular a la cumbrera (W_x) el valor de la fuerza

del viento se multiplico, tanto por el ancho de la fachada frontal como por la separación de las correas de techo de cada nave industrial; a su vez, para la acción del viento paralelo a la cumbrera (W_y) se multiplico el valor de la fuerza por la altura de la fachada lateral (en el tramo central y en las esquinas), así como también por la separación de las correas de techo de las diferentes naves. Sobre la base de lo explicado anteriormente, a continuación, en la tabla 26, se muestra el resumen de los valores de las cargas (en kgf/m) debidas a las acciones que afectan a cada nave industrial:

Tabla 26

Nave Industrial	Carga permanentes sobre techo	Carga variable de techo	Carga de viento perpendicular a la cumbrera, sobre la fachada frontal	Carga de viento paralelo a la cumbrera sobre la fachada lateral (kgf/m)		Carga de viento perpendicular a la cumbrera, sobre el techo	Carga de viento paralelo a la cumbrera sobre el techo
	(kgf/m)	(kgf/m)	(kgf/m)	Esquinas	Tramo central	(kgf/m)	(kgf/m)
N° 1	15	60	106,98	47,55	95,10	36,78	32,76
N° 2	15	60	106,62	47,22	94,44	45,38	32,69
N° 3	15	60	103,68	45,18	90,36	41,75	33,29
N° 4	15	60	102,60	44,91	89,82	48,06	34,16
N° 5	15	60	213,96	47,55	95,10	36,78	32,76
N° 6	15	60	213,24	47,22	94,44	37,10	32,69
N° 7	15	60	207,36	47,55	90,36	39,06	33,29
N° 8	15	60	205,20	44,91	89,82	39,32	34,16

Fuente:

Luego, se procedió a introducir las diferentes combinaciones de cargas que pueden afectar el diseño estructural de las naves, las mismas presentan una variación entre las dos metodologías de diseño, es por ello que, se consideró que para el método del ASD las acciones se aplican sin tomar en cuenta ningún factor de mayoración, es decir, se emplean los valores ya calculados directamente; a comparación del método del LRFD, el cual, como se mostró anteriormente en la tabla 4 que se encuentra en el capítulo dos del presente trabajo, se debe plantear las hipótesis de solicitaciones con cargas mayoradas y cumplir con las especificaciones del diseño por los estados límites. En consecuencia, las combinaciones empleadas en el diseño estructural de las naves, a través de los dos métodos, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27

Nombre de Combinación	Método del ASD	Método del LRFD
COMB1	CP	1,4 CP
COMB2	CP + CVt	1,2 CP + 1,6 CVt
COMB3	CP + SCP + CVt + Wx	1,2 CP + 0,5 CVt + 0,8 Wx
COMB4	CP + SCP + CVt + Wy	1,2 CP + 0,5 CVt + 0,8 Wy
COMB5	CP + SCP + Wx	1,2 CP + 0,5 CVt + 1,3 Wx
COMB6	CP + SCP + Wy	1,2 CP + 0,5 CVt + 1,3 Wy
COMB7		0,9 CP + 1,3 Wx
COMB8		0,9 CP + 1,3 Wy

Fuente:

Por último, realizado el procedimiento descrito previamente se procedió a diseñar, a través del software de cálculo estructural SAP2000, todas las naves industriales aplicando los dos métodos de diseño ASD y LRFD, lo cual arrojó el rendimiento de los diferentes perfiles estructurales ante las combinaciones a las que están sometidos los miembros que componen las naves. En este sentido, para el logro de los objetivos de la presente investigación, se escogió los perfiles que trabajaron con un mayor rendimiento sin sobrepasar el límite de estrés del material, y así poder conseguir la mayor economía, en cuanto a la densidad estructural como a los costos que genera cada una de las naves.

Cabe resaltar que, el límite de estrés del material antes mencionado, se refiere a no sobrepasar el 100% de la capacidad resistente del mismo, en relación a esto, para obtener los mejores resultados del presente objetivo, se consideró que algunos de los miembros estructurales pudieran sobrepasar dicho límite, pero con valores muy cercanos a él, esto sin poner en riesgo la estabilidad y el comportamiento de la edificación, y así obtener el diseño más económico posible cumpliendo con las dos metodologías de diseño estructural.

Por otra parte, se consideró no realizar el diseño de los arriostramientos de techo compuestos por barras de acero de 1'', los cuales son miembros que específicamente cumplen la función de trabajar a tracción, y así evitar que el software de cálculo, el cual realiza un diseño también a compresión, muestre valores que sobrepasan el

límite de capacidad de los elementos, es por ello que, dichos elementos solo se consideraron para el cálculo tanto de la densidad estructural como de los costos de cada una de las naves industriales.

Finalmente, a continuación en las siguientes tablas, se muestra los resultados obtenidos del diseño estructural de las ocho naves industriales de acero diseñadas a través de los dos métodos de diseño:

Tabla 28

ASD				
	Perfil	Rendimiento	Rendimiento	Combinación de carga
Miembro estructural			(%)	más desfavorable
Columnas Esquinas	HE140A	0,739	73,86	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE160A	0,857	85,73	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,680	68,04	COMB4
Correas	IPE140	0,936	93,62	COMB2
Vigas de Techo	IPE200	0,940	94,04	COMB2
Arriostramientos Lateral	L60X4	0,995	99,47	COMB4
LRFD				
	Perfil	Rendimiento	Rendimiento	Combinación de carga
Elemento			(%)	más desfavorable
Columnas Esquinas	HE120A	0,908	90,82	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE140A	1,009	100,87	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,566	56,64	COMB6
Correas	IPE140	0,705	70,48	COMB2
Vigas de Techo	IPE180	1,028	102,84	COMB2
Arriostramientos Lateral	L60X4	0,597	59,72	COMB6

Fuente:

Tabla 29

ASD				
	Perfil	Rendimiento	Rendimiento	Combinación de carga
Elemento			(%)	más desfavorable
Columnas Esquinas y Secundarias	HE140A	0,957	95,66	COMB2
Columnas Centrales	HE160A	0,853	85,32	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,673	67,33	COMB4

Correas	IPE160	0,756	75,60	COMB2
Vigas de Techo	IPE200	0,939	93,86	COMB2
Arriostramientos Lateral	L60X5	0,861	86,12	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE100A	0,953	95,27	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE140A	0,974	97,36	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,568	56,77	COMB8
Correas	IPE140	0,701	70,15	COMB2
Vigas de Techo	IPE180	0,994	99,44	COMB2
Arriostramientos Lateral	L60X4	0,620	61,99	COMB6

Fuente:

Tabla 30

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras y Secundarias	HE140A	0,936	93,65	COMB2
Columnas Centrales	HE160A	0,902	90,20	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	1,028	102,78	COMB4
Correas	IPE160	0,761	76,06	COMB2
Vigas de Techo	IPE200	0,936	93,57	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X6	0,891	89,11	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE120A	0,860	85,98	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE140A	1,009	100,88	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,768	76,82	COMB6
Correas	IPE140	0,709	70,92	COMB2
Vigas de Techo	IPE180	1,008	100,79	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X5	0,569	56,88	COMB6

Fuente:

Tabla 31

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras y Secundarias	HE140A	0,922	92,22	COMB2
Columnas Centrales	HE160A	0,885	88,52	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,984	98,39	COMB4
Correas	IPE160	0,760	76,02	COMB2
Vigas de Techo	IPE200	0,921	92,10	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X6	0,903	90,31	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras y Secundarias	HE140A	0,829	82,95	COMB2
Columnas Centrales	HE160A	0,750	74,95	COMB2
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	0,751	75,11	COMB6
Correas	IPE140	0,786	78,58	COMB2
Vigas de Techo	IPE180	1,058	105,82	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X5	0,556	55,58	COMB6

Fuente:

Tabla 32

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE220A	0,875	87,51	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE260A	0,928	92,80	COMB2
Vigas Laterales	IPE120	0,657	65,73	COMB4
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	0,915	91,46	COMB6
Vigas de Techo	IPE360	0,800	80,01	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X7	0,969	96,93	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE220A	0,771	77,08	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE260A	0,812	81,18	COMB2

Vigas Laterales	IPE100	0,887	88,65	COMB6
Correas y Vigas de Amarre	IPE120	0,975	97,50	COMB2
Vigas de Techo	IPE330	0,914	91,38	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X5	0,762	76,23	COMB6

Fuente:

Tabla 33

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquinas	HE220A	0,870	87,01	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE260A	0,930	92,98	COMB2
Vigas Laterales	IPE120	0,772	77,19	COMB4
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	0,978	97,76	COMB6
Vigas de Techo	IPE360	0,797	79,68	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X8	0,936	93,59	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquinas	HE220A	0,822	82,23	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE240A	0,988	98,84	COMB2
Vigas Laterales	IPE120	0,623	62,34	COMB6
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	0,715	71,47	COMB2
Vigas de Techo	IPE330	0,907	90,66	COMB2
Arriostramientos Lateral	L70X5	0,833	83,30	COMB6

Fuente:

Tabla 34

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquinas	HE240A	0,960	95,99	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE260A	0,927	92,70	COMB2
Correas y Vigas Laterales	IPE140	1,058	105,76	COMB2
Vigas de Amarre	IPE160	0,623	62,32	COMB6
Vigas de Techo	IPE360	0,784	78,40	COMB2
Arriostramientos Lateral	L80X10	0,895	89,49	COMB4

LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE200A	0,903	90,31	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE240A	0,964	96,39	COMB2
Correas y Vigas Laterales	IPE120	0,947	94,75	COMB2
Vigas de Amarre	IPE140	0,787	78,73	COMB8
Vigas de Techo	IPE330	0,875	87,54	COMB2
Arriostramientos Lateral	L75X6	0,966	96,57	COMB6

Fuente:

Tabla 35

ASD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE240A	0,742	74,22	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE260A	0,924	92,40	COMB2
Correas y Vigas Laterales	IPE140	0,974	97,35	COMB2
Vigas de Amarre	IPE160	0,626	62,57	COMB6
Vigas de Techo	IPE360	0,776	77,56	COMB2
Arriostramientos Lateral	L80X10	0,894	89,39	COMB4
LRFD				
Elemento	Perfil	Rendimiento	Rendimiento (%)	Combinación de carga más desfavorable
Columnas Esquineras	HE220A	0,809	80,91	COMB2
Columnas Centrales y Secundarias	HE240A	0,981	98,13	COMB2
Vigas Laterales	IPE120	0,907	90,70	COMB6
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	0,774	77,36	COMB8
Vigas de Techo	IPE330	0,889	88,87	COMB2
Arriostramientos Lateral	L75X7	0,862	86,25	COMB6

Fuente:

En las tablas anteriores, se puede observar que luego de realizar el diseño estructural a través de las dos metodologías, mediante el software de cálculo, se obtienen los perfiles de acero de las series “H” para las columnas, “I” para las vigas y ángulos de lados iguales para los arriostramientos laterales que conforman el sistema estructural de cada una de las naves industriales, de igual forma, se aprecia el

rendimiento de trabajo en porcentaje al ser aplicadas las distintas combinaciones de carga y se muestra cuál de estas es la que presenta la condición más desfavorable.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, se logró los resultados del presente objetivo, y en consecuencia, el diseño estructural más económico cumpliendo con los lineamientos de los dos métodos de diseño ASD y LRFD.

4.3 Calcular la densidad estructural (en kg/m²) y los costos de perfilaría de acero de las distintas naves industriales por los métodos ASD y LRFD.

Con los resultados obtenidos del objetivo anterior, se obtuvo los perfiles estructurales requeridos para cada nave industrial en estudio, y se procedió a calcular la cantidad de piezas por cada elemento estructural, y con esto conseguir el peso total en kilogramos de los mismos; este procedimiento se realizó para cada una de las naves diseñadas mediante los dos métodos de diseño ASD y LRFD. Una vez, obtenido los pesos totales mencionados, se procedió a calcular el peso total (en kg) de cada una de las naves industriales que posteriormente al ser dividido este valor por el área total (en m²) de la edificación, arrojó el resultado de la densidad estructural (en kg/m²) de cada una de las naves por cada método de diseño.

Por otro parte, a diferencia del diseño estructural, para el cálculo de la densidad y los costos de perfilaría de acero se tomó en cuenta los arriostramientos de techo conformados por barras de acero de 1''.

Como resultado, de lo descrito previamente, se lograron las siguientes tablas:

Tabla 36

Elemento	METODO DEL ASD			
	Perfil	Nº Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquinas	HE140A	4	24	591,50
Columnas Centrales y Secun.	HE160A	6	36	1.096,35
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE140	40	240	3.089,39
Vigas de Techo	IPE200	10	61,85	1.383,49
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,51	427,64

Arriostramiento Lateral	L60X4	16	66,77	246,79
			Total (kg):	7.611,27
			Densidad Estructural (kg/m²):	26,43
METODO DEL LRFD				
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquineras	HE120A	4	24	476,59
Columnas Centrales y Secun.	HE140A	6	36	887,26
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE140	40	240	3.089,39
Vigas de Techo	IPE180	10	61,85	1.160,19
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,51	427,64
Arriostramiento Lateral	L60X4	16	66,77	246,79
			Total (kg):	7.063,97
			Densidad Estructural (kg/m²):	24,53

Fuente:

En la tabla 36 se muestra los resultados del peso total de la nave industrial N°1, el cual fue de 7.611,27 kg para el método del ASD y de 7.063,97 kg para el método del LRFD, de acuerdo a esto y considerando un área de planta de 288 m² de la nave, se consiguió la densidad estructural por el método del ASD de 26,43 kg/m² y por el método del LRFD de 24,53 kg/m².

Tabla 37

METODO DEL ASD				
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquineras y Secun.	HE140A	8	48	1.183,01
Columnas Centrales	HE160A	2	12	365,45
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE160	40	240	3.786,38
Vigas de Techo	IPE200	10	63,25	1.414,79
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,69	428,36
Arriostramiento Lateral	L60X5	16	66,77	304,96
			Total (kgf):	8.259,06
			Densidad Estructural (kgf/m²):	28,68

Elemento	METODO DEL LRFD			
	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquinas	HE100A	4	24	399,36
Columnas Centrales y Secun.	HE140A	6	36	887,26
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE140	40	240	3.089,39
Vigas de Techo	IPE180	10	63,25	1.186,44
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,69	428,36
Arriostramiento Lateral	L60X4	16	66,77	246,79
Total (kgf):				7.013,71
Densidad Estructural (kgf/m²):				24,35

Fuente:

Como se observa en la tabla 37, los resultados del peso total de la nave industrial N°2, fueron de 8.259,06 kg para el método del ASD y de 7.013,71 kg para el método del LRFD. Tomando en cuenta un área de planta de 288 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 28,68 kg/m² y por el método del LRFD de 24,35 kg/m².

Tabla 38

Elemento	METODO DEL ASD			
	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquinas y Secun.	HE140A	8	64	1.577,34
Columnas Centrales	HE160A	2	16	487,27
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE160	40	240	3.786,38
Vigas de Techo	IPE200	10	61,85	1.383,49
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,51	427,64
Arriostramiento Lateral	L70X6	16	78,73	502,22
Total (kgf):				8.940,45
Densidad Estructural (kgf/m²):				31,04
Elemento	METODO DEL LRFD			
	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquinas	HE120A	4	32	635,46

Columnas Centrales y Secun.	HE140A	6	48	1.183,01
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE140	40	240	3.089,39
Vigas de Techo	IPE180	10	61,85	1.160,19
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,51	427,64
Arriostramiento Lateral	L70X5	16	78,73	422,51
Total (kgf):				7.694,31
Densidad Estructural (kgf/m²):				26,72

Fuente:

Se aprecia en la tabla 38 anterior, los resultados del peso total de la nave industrial N°3, los cuales fueron de 8.940,45 kg para el método del ASD y de 7.694,31 kg para el método del LRFD, es por esto que, tomando en consideración un área de planta de 288 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 31,04 kg/m² y por el método del LRFD de 26,72 kg/m².

Tabla 39

Elemento	METODO DEL ASD			
	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquineras y Secun.	HE140A	8	64	1.577,34
Columnas Centrales	HE160A	2	16	487,27
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE160	40	240	3.786,38
Vigas de Techo	IPE200	10	63,25	1.414,79
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,69	428,36
Arriostramiento Lateral	L70X6	16	78,73	502,22
Total (kgf):				8.972,47
Densidad Estructural (kgf/m²):				31,15
Elemento	METODO DEL LRFD			
	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)
Columnas Esquineras y Secun.	HE140A	8	64	1.577,34
Columnas Centrales	HE160A	2	16	487,27
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	16	96	776,11
Correas	IPE140	40	240	3.089,39
Vigas de Techo	IPE180	10	63,24555	1.186,44

Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	107,69125	428,36
Arriostramiento Lateral	L70X5	16	78,7319	422,51
			Total (kgf):	7.967,42
			Densidad Estructural (kgf/m2):	27,66

Fuente:

En la tabla 39 se muestra los resultados del peso total de la nave industrial N°4, el cual fue de 8.972,47 kg para el método del ASD y de 7.967,42 kg para el método del LRFD, de acuerdo a esto y considerando un área de planta de 288 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 31,15 kg/m² y por el método del LRFD de 27,66 kg/m².

Tabla 40

		METODO DEL ASD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE220A	4	24	1.211,27	
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	14	84	5.722,90	
Vigas Laterales	IPE120	16	96	994,63	
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Techo	IPE360	18	217,68	12.421,44	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L70X7	16	66,77	492,48	
			Total (kgf):	33.736,77	
			Densidad Estructural (kgf/m2):	29,29	
		METODO DEL LRFD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE220A	4	24	1.211,27	
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	14	84	5.722,90	
Vigas Laterales	IPE100	16	96	776,11	
Correas y Vigas de Amarre	IPE120	160	960	9.946,31	
Vigas de Techo	IPE330	18	217,68	10.695,76	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L70X5	16	66,77	358,32	
			Total (kgf):	29.247,18	
			Densidad Estructural (kgf/m2):	25,39	

Fuente:

Como se puede apreciar en la tabla 40, los resultados del peso total de la nave industrial N°5, fueron de 33.736,77 kg para el método del ASD y de 29.247,18 kg para el método del LRFD. Tomando en cuenta un área de planta de 1.152 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 29,29 kg/m² y por el método del LRFD de 25,39 kg/m².

Tabla 41

		METODO DEL ASD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE220A	4	26	1.312,20	
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	14	91	6.199,81	
Vigas Laterales	IPE120	16	96	994,63	
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Techo	IPE360	18	217,68	12.421,44	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L70X8	16	69,62	581,97	
				Total (kgf):	34.404,10
				Densidad Estructural (kgf/m2):	29,86
		METODO DEL LRFD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE220A	4	26	1.312,20	
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	14	91	5.485,54	
Vigas Laterales	IPE120	16	96	994,63	
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Techo	IPE330	18	217,68	10.695,76	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L70X5	16	69,62	373,61	
				Total (kgf):	31.755,79
				Densidad Estructural (kgf/m2):	27,57

Fuente:

En la tabla 41 anterior, se puede observar los resultados del peso total de la nave industrial N°6, los cuales fueron de 34.404,10 kg para el método del ASD y de 31.755,79 kg para el método del LRFD, es por esto que, tomando en consideración un área de planta de 1.152 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 29,86 kg/m² y por el método del LRFD de 27,57 kg/m².

Tabla 42

		METODO DEL ASD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total	Peso Total	
			(m)	(kg)	
Columnas Esquineras	HE240A	7	56	3.375,72	
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	11	88	5.995,42	
Correas y Vigas Laterales	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Amarre	IPE160	16	96	1.514,55	
Vigas de Techo	IPE360	18	217,68	12.421,44	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L80X10	16	78,73	933,75	
Total (kgf):				37.134,93	
Densidad Estructural (kgf/m2):				32,24	
		METODO DEL LRFD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total	Peso Total	
			(m)	(kg)	
Columnas Esquineras	HE200A	4	32	1.351,29	
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	14	112	6.751,44	
Correas y Vigas Laterales	IPE120	160	960	9.946,31	
Vigas de Amarre	IPE140	16	96	1.235,75	
Vigas de Techo	IPE330	18	217,68	10.695,76	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L75X6	16	78,73	540,54	
Total (kgf):				31.057,60	
Densidad Estructural (kgf/m2):				26,96	

Fuente:

Como se observa en la tabla 42, los resultados del peso total de la nave industrial N°7, fueron de 37.134,93 kg para el método del ASD y de 31.057,60 kg para el método del LRFD. Tomando en cuenta un área de planta de 1.152 m² de la nave, se

obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 32,24 kg/m² y por el método del LRFD de 26,96 kg/m².

Tabla 43

		METODO DEL ASD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE240A	4	34	2.049,54	
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	14	119	8.107,44	
Correas y Vigas Laterales	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Amarre	IPE160	16	96	1.514,55	
Vigas de Techo	IPE360	18	217,68	12.421,44	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L80X10	16	81,94	971,86	
Total (kgf):				37.958,88	
Densidad Estructural (kgf/m2):				32,95	
		METODO DEL LRFD			
Elemento	Perfil	N° Piezas	Longitud total (m)	Peso Total (kg)	
Columnas Esquinas	HE220A	4	34	1.715,96	
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	14	119	7.173,40	
Vigas Laterales	IPE120	16	96	994,63	
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	160	960	12.357,54	
Vigas de Techo	IPE330	18	217,68	10.695,76	
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	16	134,88	536,51	
Arriostramiento Lateral	L75X7	16	81,94	650,91	
Total (kgf):				34.124,71	
Densidad Estructural (kgf/m2):				29,62	

Fuente:

Por último, en la tabla 43 anterior, se puede observar los resultados del peso total de la nave industrial N°8, los cuales fueron de 37.958,88 kg para el método del ASD y de 34.124,71 kg para el método del LRFD, es por esto que, tomando en consideración un área de planta de 1.152 m² de la nave, se obtuvo la densidad estructural por el método del ASD de 32,95 kg/m² y por el método del LRFD de 29,62 kg/m².

De igual manera, se procedió a calcular el costo total en BsF de los kilogramos de acero de cada una de las naves, considerando la suma del porcentaje de colocación de los miembros estructurales. Para el cálculo de dicho costo total, se procedió en primer lugar, a obtener el peso unitario en kg/m de cada uno de los perfiles obtenidos del diseño estructural, este peso unitario se obtuvo del catálogo de perfiles laminado facilitado por el Grupo CELSA, posteriormente se buscó, tomando en cuenta el tamaño de las piezas (en m de cada pieza), el precio en BsF/pieza que se consiguen en el mercado actual de cada uno de los perfiles obtenidos. Seguido a esto, se calculó el peso en kg/pieza multiplicando el peso unitario de cada perfil por su respectivo tamaño conseguido en el mercado para seguidamente conseguir el costo en BsF de cada kilogramo de acero de cada una de las piezas. Luego, considerando el peso total en kilogramos de cada perfil obtenido previamente, se calculó el costo total en BsF multiplicando dicho peso total por el costo de cada kilogramo por cada perfil, para así obtener la sumatoria total en BsF de kilogramos de acero el cual sumándole el porcentaje de colocación (250 %) para finalmente obtener el costo total para cada una de las naves industriales por cada método de diseño estructural.

Es importante destacar, que el porcentaje de colocación mencionado, se refiere al costo que abarca la colocación de los diferentes perfiles estructurales para cada una de las naves.

Para la visualización de los resultados de lo anteriormente descrito, a continuación se presentan las siguientes tablas:

Tabla 44

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	35.721.491,23
Columnas Centrales y Secun.	HE160A	30,4	12	18.633.600	364,8	51.078,95	56.000.403,95
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	124.908.912,56
Vigas de Techo	IPE200	22,4	12	10.960.788	268,8	40.776,74	56.414.213,50
Arriostamiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	268.618,09
Arriostamiento Lateral	L60X4	3,56	6	110.000	21,36	5.149,81	1.270.922,28
Total en Bs de Kg de acero:							300.904.824,38
% Colocación:							752.262.060,95
Total en Bs. (Kg + Colocación)							1.053.166.885,33
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE120A	19,9	12	16.500.000	238,8	69.095,48	32.930.213,57
Columnas Centrales y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	53.582.840,76
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	124.908.912,56
Vigas de Techo	IPE180	18,8	12	9.600.000	225,6	42.553,19	49.369.787,23
Arriostamiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	268.618,09
Arriostamiento Lateral	L60X4	3,56	6	110.000	21,36	5.149,81	1.270.922,28
Total en Bs de Kg de acero:							288.651.557,26
% Colocación:							721.628.893,14
Total en Bs. (Kg + Colocación):							1.010.280.450,40

Fuente:

En la tabla 44 se muestra los resultados de la nave industrial N°1 con valor en BsF de kilogramos de acero de 300.904.824,38 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 752.262.060,95 BsF., para un costo total de 1.053.166.885,33 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en

BsF de kilogramos de acero de 288.651.557,26 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 721.628.893,14 BsF, para un costo total de 1.010.280.450,40 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 45

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	71.443.586,37
Columnas Centrales	HE160A	30,4	12	18.633.600	364,8	51.078,95	18.666.801,32
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE160	15,8	12	7.730.700	189,6	40.773,73	154.384.851,61
Vigas de Techo	IPE200	22,4	12	10.960.788	268,8	40.776,74	57.690.525,50
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	269.070,35
Arriostramiento Lateral	L60X5	4,57	6	112.000	27,42	4.084,61	1.245.642,60
Total en Bs de Kg de acero:							330.020.740,51
% Colocación:							825.051.851,28
Total en Bs. (Kg + Colocación)							1.155.072.591,80
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE100A	16,7	12	15.000.000	200,4	74.850,30	29.892.215,57
Columnas Centrales y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	53.582.840,76
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	124.908.912,56
Vigas de Techo	IPE180	18,8	12	9.600.000	225,6	42.553,19	50.486.808,51
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	269.070,35
Arriostramiento Lateral	L60X4	3,56	6	110.000	21,36	5.149,81	1.270.922,28
Total en Bs de Kg de acero:							286.731.032,80
% Colocación:							716.827.581,99
Total en Bs. (Kg + Colocación):							1.003.558.614,79

Fuente:

Como se observa en la tabla 45, se obtuvieron los resultados de la nave industrial N°2 con valor en BsF de kilogramos de acero de 330.020.740,51 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 825.051.851,28 BsF., para un costo total de 1.155.072.591,80 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 286.731.032,80 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 716.827.581,99 BsF, para un costo total de 1.003.558.614,79 BsF. por el método del LRFD

Tabla 46

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquineras y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	95.257.712,55
Columnas Centrales	HE160A	30,4	12	18.633.600	364,8	51.078,95	24.889.238,68
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE160	15,8	12	7.730.700	189,6	40.773,73	154.384.851,61
Vigas de Techo	IPE200	22,4	12	10.960.788	268,8	40.776,74	56.414.213,50
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	268.618,09
Arriostramiento Lateral	L70X6	6,38	6	240.000	38,28	6.269,59	3.148.714,73
Total en Bs de Kg de acero:							360.683.611,94
% Colocación:							901.709.029,86
Total en Bs. (Kg + Colocación)							1.262.392.641,80
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquineras	HE120A	19,9	12	16.500.000	238,8	69.095,48	43.907.412,06
Columnas Centrales y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	71.443.586,37
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	124.908.912,56
Vigas de Techo	IPE180	18,8	12	9.600.000	225,6	42.553,19	49.369.787,23
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	268.618,09
Arriostramiento Lateral	L70X5	5,37	6	230.000	32,22	7.138,42	3.016.055,25

Total en Bs de Kg de acero:	319.234.634,32
% Colocación:	798.086.585,81
Total en Bs. (Kg + Colocación):	1.117.321.220,13

Fuente:

Los resultados de la nave industrial N°3, se muestran en la tabla 46 anterior, arrojando un valor en BsF de kilogramos de acero de 360.683.611,94 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 901.709.029,86 BsF., para un costo total de 1.262.392.641,80 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 319.234.634,32 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 798.086.585,81 BsF., para un costo total de 1.117.321.220,13 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 47

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	95.257.712,55
Columnas Centrales	HE160A	30,4	12	18.633.600	364,8	51.078,95	24.889.238,68
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE160	15,8	12	7.730.700	189,6	40.773,73	154.384.851,61
Vigas de Techo	IPE200	22,4	12	10.960.788	268,8	40.776,74	57.690.525,50
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	269.070,35
Arriostramiento Lateral	L70X6	6,38	6	240.000	38,28	6.269,59	3.148.714,73
						Total en Bs de Kg de acero:	361.960.376,20
						% Colocación:	904.900.940,50
						Total en Bs. (Kg + Colocación)	1.266.861.316,70
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas y Secun.	HE140A	24,7	12	17.900.000	296,4	60.391,36	95.257.712,55
Columnas Centrales	HE160A	30,4	12	18.633.600	364,8	51.078,95	24.889.238,68
Vigas de Amarre y Lateral	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	124.908.912,56

Vigas de Techo	IPE180	18,8	12	9.600.000	225,6	42.553,19	50.486.808,51
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	269.070,35
Arriostramiento Lateral	L70X5	5,37	6	230.000	32,22	7.138,42	3.016.055,25
Total en Bs de Kg de acero:							325.148.060,67
% Colocación:							812.870.151,67
Total en Bs. (Kg + Colocación):							1.138.018.212,33

Fuente:

Para la nave industrial N°4, los resultados se muestran en la tabla 47 anterior, arrojando un valor en BsF de kilogramos de acero de 361.960.376,20 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 904.900.940,50 BsF., para un costo total de 1.266.861.316,70 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 325.148.060,67 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 812.870.151,67 BsF., para un costo total de 1.138.018.212,33 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 48

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE220A	50,5	12	22.000.000	606	36.303,63	43.973.498
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	68,2	12	28.500.000	818,4	34.824,05	199.294.538
Vigas Laterales	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	35.567.665
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.842
Vigas de Techo	IPE360	57,1	12,1	27.936.544	690,91	40.434,42	502.253.702
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.004
Arriostramiento Lateral	L70X7	7,38	6	250.000	44,28	5.645,89	2.780.488
Total en Bs de Kg de acero:							1.283.841.736,73
% Colocación:							3.209.604.341,83
Total en Bs. (Kg + Colocación)							4.493.446.078,56
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE220A	50,5	12	22.000.000	606	36.303,63	43.973.498,35

Columnas Centrales y Secun.	HE260A	68,2	12	28.500.000	818,4	34.824,05	199.294.538,12
Vigas Laterales	IPE100	8,1	11,8	3.241.410	95,58	33.913,06	26.320.262,77
Correas y Vigas de Amarre	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	355.677.010,49
Vigas de Techo	IPE330	49,1	12,1	24.024.692	594,11	40.438,12	432.516.435,86
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L70X5	5,37	6	230.000	32,22	7.138,42	2.557.839,85
Total en Bs de Kg de acero:							1.060.676.589,20
% Colocación:							2.651.691.473,01
Total en Bs. (Kg + Colocación):							3.712.368.062,21

Fuente:

Como se observa en la tabla 48, se obtuvieron los resultados de la nave industrial N°5 con valor en BsF de kilogramos de acero de 1.283.841.736,73 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.209.604.341,83 BsF., para un costo total de 4.493.446.078,56 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 1.060.676.589,20 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 2.651.691.473,01 BsF, para un costo total de 3.712.368.062,21 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 49

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE220A	50,5	12	22.000.000	606	36.303,63	47.637.623,76
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	68,2	12	28.500.000	818,4	34.824,05	215.902.474,34
Vigas Laterales	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	35.567.665,29
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.841,60
Vigas de Techo	IPE360	57,1	12,1	27.936.544	690,91	40.434,42	502.253.701,79
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L70X8	8,36	6	260.000	50,16	5.183,41	3.016.590,91
Total en Bs de Kg de acero:							1.304.349.901,46
% Colocación:							3.260.874.753,66
Total en Bs. (Kg + Colocación)							4.565.224.655,12

METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE220A	50,5	12	22.000.000	606	36.303,63	47.637.623,76
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	60,3	12	26.000.000	723,6	35931,4538	197.103.427,31
Vigas Laterales	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	35.567.665,29
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.841,60
Vigas de Techo	IPE330	49,1	12,1	24.024.692	594,11	40.438,12	432.516.435,86
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L70X5	5,37	6	230.000	32,22	7.138,42	2.666.986,34
Total en Bs de Kg de acero:							1.215.463.983,93
% Colocación:							3.038.659.959,83
Total en Bs. (Kg + Colocación):							4.254.123.943,76

Fuente:

En la tabla 49 se muestra los resultados de la nave industrial N°6 con valor en BsF de kilogramos de acero de 1.304.349.901,46 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.260.874.753,66 BsF., para un costo total de 4.565.224.655,12 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 1.215.463.983,93 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.038.659.959,83 BsF, para un costo total de 4.254.123.943,76 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 50

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE240A	60,3	12	26000000	723,6	35931,4538	121.294.527,36
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	68,2	12	28.500.000	818,4	34.824,05	208.784.787,39
Correas y Vigas Laterales	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.841,60
Vigas de Amarre	IPE160	15,8	12	7.730.700	189,6	40.773,73	61.753.859,10
Vigas de Techo	IPE360	57,1	12,1	27.936.544	690,91	40.434,42	502.253.701,79
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77

Arriostramiento Lateral	L80X10	11,86	6	390.000	71,16	5.480,61	5.117.516,86
						Total en Bs de Kg de acero:	1.399.176.237,88
						% Colocación:	3.497.940.594,69
						Total en Bs. (Kg + Colocación)	4.897.116.832,57
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE200A	42,3	12	21.000.000	507,6	41.371,16	55.904.432,62
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	60,3	12	26.000.000	723,6	35.931,45	242.589.054,73
Correas y Vigas Laterales	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	355.677.010,49
Vigas de Amarre	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	49.963.322,43
Vigas de Techo	IPE330	49,1	12,1	24.024.692	594,11	40.438,12	432.516.435,86
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L75X6	6,72	6	320.000	40,32	7.936,51	4.290.000,00
						Total en Bs de Kg de acero:	1.141.277.259,90
						% Colocación:	2.853.193.149,75
						Total en Bs. (Kg + Colocación):	3.994.470.409,64

Fuente:

Los resultados de la nave industrial N°7, se muestran en la tabla 50 anterior, arrojando un valor en BsF de kilogramos de acero de 1.399.176.237,88 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.497.940.594,69 BsF., para un costo total de 4.897.116.832,57 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 1.141.277.259,90 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 2.853.193.149,75 BsF, para un costo total de 3.994.470.409,64 BsF. por el método del LRFD.

Tabla 51

METODO DEL ASD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE240A	60,3	12	26000000	723,6	35.931,45	73.642.951,91
Columnas Centrales y Secun.	HE260A	68,2	12	28.500.000	818,4	34.824,05	282.333.870,97

Correas y Vigas Laterales	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.841,60
Vigas de Amarre	IPE160	15,8	12	7.730.700	189,6	40.773,73	61.753.859,10
Vigas de Techo	IPE360	57,1	12,1	27.936.544	690,91	40.434,42	502.253.701,79
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L80X10	11,86	6	390.000	71,16	5.480,61	5.326.382,80
Total en Bs de Kg de acero:							1.425.282.611,94
% colocación:							3.563.206.529,84
Total en Bs. (Kg + colocación)							4.988.489.141,77
METODO DEL LRFD							
Elemento	Perfil	Peso unitario (kg/m)	Tamaño de pieza (m/pieza)	Costo (BsF/pieza)	Peso (kg/pieza)	Costo pieza (BsF/kg)	Costo Total (BsF)
Columnas Esquinas	HE220A	50,5	12	22.000.000	606	36.303,63	62.295.577,56
Columnas Centrales y Secun.	HE240A	60,3	12	26000000	723,6	35.931,45	257.750.690,99
Vigas Laterales	IPE120	10,4	12,1	4.500.000	125,84	35.759,69	35.567.665,29
Correas y Vigas de Amarre	IPE140	12,9	12,1	6.310.965	156,09	40.431,58	499.634.841,60
Vigas de Techo	IPE330	49,1	12,1	24.024.692	594,11	40.438,12	432.516.435,86
Arriostramiento de Techo	BARRA 1"	3,98	12	30.000	47,76	628,14	337.003,77
Arriostramiento Lateral	L75X7	7,94	6	330.000	47,64	6.926,95	4.508.822,42
Total en Bs de Kg de acero:							1.292.611.037,48
% colocación:							3.231.527.593,71
Total en Bs. (Kg + colocación):							4.524.138.631,19

Fuente:

Finalmente, como se observa en la tabla 51, se obtuvieron los resultados de la nave industrial N°8 con valor en BsF de kilogramos de acero de 1.425.282.611,94 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.563.206.529,84 BsF., para un costo total de 4.988.489.141,77 BsF. por el método del ASD. De igual forma, se observa el valor en BsF de kilogramos de acero de 1.292.611.037,48 BsF., y con un costo del porcentaje de colocación de los perfiles de 3.231.527.593,71 BsF, para un costo total de 4.524.138.631,19 BsF. por el método del LRFD.

De lo expuesto anteriormente, se logró los resultados del presente objetivo, y en consecuencia, la densidad estructural en kg/m² los costos totales en BsF. de cada una

de las naves industriales siguiendo los lineamientos de los dos métodos de diseño ASD y LRFD.

4.4 Comparar la densidad estructural y los costos obtenidos de perfilería de acero de las distintas naves industriales diseñadas por los métodos ASD y LRFD.

Con los resultados obtenidos del objetivo anterior, se procedió a comparar dichos resultados en tres diferentes variaciones en las naves industriales, las cuales fueron la variación de la pendiente de techo, variación de altura de las columnas y variación de dimensiones de planta y pendiente de techo. Estas variaciones arrojaron los diferentes porcentajes de variación de densidad estructural y costos, tanto por el mismo método como por ambos métodos de diseño.

En tal sentido, las siguientes tablas muestran los resultados logrados de las comparaciones mencionadas anteriormente:

Tabla 52

VARIACION DE PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 1	7,125	6	12x24	26,43	24,53	1.053.166.885,33	1.010.280.450,40	7,75	4,25
N° 2	9,462	6	12x24	28,68	24,35	1.155.072.591,80	1.003.558.614,79	17,76	15,10
Variación por mismo método (%):				8,51	0,71	9,68	0,67		

Fuente:

En la tabla 52 se muestra que para las naves industriales N°1 y N°2 con pendientes de techo de 7,125 grados y 9,462 grados respectivamente, y con iguales alturas de columna de 6 metros y dimensiones de planta de 12 x 24 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 8,51% y de los costos fue de 9,68% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 0,71% y de los costos de 0,67% por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje

fue de 7,75% y la de los costos de 4,25% para la nave industrial N°1, de igual forma, para la nave industrial N°2 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 17,76% mientras que la de los costos fue de 15,10%.

Tabla 53

VARIACION DE PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 3	7,125	8	12x24	31,04	26,72	1.262.392.641,80	1.117.321.220,13	16,20	12,98
N° 4	9,462	8	12x24	31,15	27,66	1.266.861.316,70	1.138.018.212,33	12,61	11,32
Variación por mismo método (%):				0,36	3,55	0,35	1,85		

Fuente:

Ahora bien, en la tabla 53 se muestra los resultados de las comparaciones realizadas de las naves industriales N°3 y N°4 con pendientes de techo de 7,125 grados y 9,462 grados respectivamente, y con iguales alturas de columna de 8 metros y dimensiones de planta de 12 x 24 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 0,36% y de los costos fue de 0,35% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 3,55% y de los costos de 1,85% por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 16,20% y la de los costos de 12,98% para la nave industrial N°3, de igual forma, para la nave industrial N°4 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 12,61% mientras que la de los costos fue de 11,32%.

Tabla 54

VARIACION DE PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 5	3,576	6	24x48	29,29	25,39	4.493.446.078,56	3.712.368.062,21	15,35	21,04
N° 6	4,764	6	24x48	29,86	27,57	4.565.224.655,12	4.254.123.943,76	8,34	7,31
Variación por mismo método (%):				1,98	8,58	1,60	14,59		

Fuente:

Por otra parte, en la tabla 54 se muestra los resultados de las comparaciones realizadas de las naves industriales N°5 y N°6 con pendientes de techo de 3,576 grados y 4,764 grados respectivamente, y con iguales alturas de columna de 6 metros y dimensiones de planta de 24 x 48 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 1,98% y de los costos fue de 1,60% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 8,58% y de los costos de 14,59% por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 15,35% y la de los costos de 21,04% para la nave industrial N°5, de igual forma, para la nave industrial N°6 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 8,34% mientras que la de los costos fue de 7,31%.

Tabla 55

VARIACION DE PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 7	3,576	8	24x48	32,24	26,96	4.897.116.832,57	3.994.470.409,64	19,57	22,60
N° 8	4,764	8	24x48	32,95	29,62	4.988.489.141,77	4.524.138.631,19	11,24	10,26
Variación por mismo método (%):				2,22	9,88	1,87	13,26		

Fuente:

Finalmente, en las comparaciones de las variaciones de techo, en la tabla 55 se muestra los resultados de las comparaciones realizadas de las naves industriales N°7 y N°8 con pendientes de techo de 3,576 grados y 4,764 grados respectivamente, y con iguales alturas de columna de 8 metros y dimensiones de planta de 24 x 48 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 2,22% y de los costos fue de 1,87% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 9,88% y de los costos de 13,26% por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 19,57% y la de los costos de 22,60% para la nave industrial N°7, de igual forma, para la nave industrial N°8 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 11,24% mientras que la de los costos fue de 10,26%.

Seguidamente se procedió a comparar los resultados de la variación de altura de las columnas, estas variaciones arrojó los diferentes porcentajes de variación de densidad estructural y costos, tanto por el mismo método como por ambos métodos de diseño. En consecuencia, las siguientes tablas muestran los resultados logrados de las comparaciones mencionadas anteriormente:

Tabla 56

VARIACION DE ALTURA DE COLUMNAS									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 1	7,125	6	12x24	26,43	24,53	1.053.166.885,33	1.010.280.450,40	7,75	4,25
N° 3	7,125	8	12x24	31,04	26,72	1.262.392.641,80	1.117.321.220,13	16,20	12,98
		Variación por mismo método (%):		17,46	8,92	19,87	10,60		

Fuente:

En la tabla 56 se muestra que para las naves industriales N°1 y N°3 con pendientes de techo de 7,125 grados y dimensiones de planta de 12 x 24 metros, y con variación de alturas de columna de 6 metros y 8 metros respectivamente, la variación en

porcentaje de la densidad estructural fue de 17,46 % y de los costos fue de 19,87% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 8,92 % y de los costos de 10,60 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 7,75% y la de los costos de 4,25% para la nave industrial N°1, de igual forma, para la nave industrial N°3 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 16,20 % mientras que la de los costos fue de 12,98 %.

Tabla 57

VARIACION DE ALTURA DE COLUMNAS									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 2	9,462	6	12x24	28,68	24,35	1.155.072.591,80	1.003.558.614,79	17,76	15,10
N° 4	9,462	8	12x24	31,15	27,66	1.266.861.316,70	1.138.018.212,33	12,61	11,32
Variación por mismo método (%):				8,64	13,60	9,68	13,40		

Fuente:

Como se observa en la tabla 57, para las naves industriales N°2 y N°4, con pendientes de techo de 9,462 grados y dimensiones de planta de 12 x 24 metros, y con variación de alturas de columna de 6 metros y 8 metros respectivamente, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 8,64 % y de los costos fue de 9,68 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 13,60 % y de los costos de 13,40 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 17,76 % y la de los costos de 15,10 % para la nave industrial N°2, de igual forma, para la nave industrial N°4 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 12,61 % mientras que la de los costos fue de 11,32 %.

Tabla 58

VARIACION DE ALTURA DE COLUMNAS									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 5	3,576	6	24x48	29,29	25,39	4.493.446.078,56	3.712.368.062,21	15,35	21,04
N° 7	3,576	8	24x48	32,24	26,96	4.897.116.832,57	3.994.470.409,64	19,57	22,60
Variación por mismo método (%):				10,07	6,19	8,98	7,60		

Fuente:

Por otro lado, en la tabla 58 se muestra que para las naves industriales N°5 y N°7, con pendientes de techo de 3,576 grados y dimensiones de planta de 24 x 48 metros, y con variación de alturas de columna de 6 metros y 8 metros respectivamente, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 10,07 % y de los costos fue de 8,98 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 6,19 % y de los costos de 7,60 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 15,35 % y la de los costos de 21,04 % para la nave industrial N°5, de igual forma, para la nave industrial N°7 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 19,57 % mientras que la de los costos fue de 22,60 %.

Tabla 59

VARIACION DE ALTURA DE COLUMNAS									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 6	4,764	6	24x48	29,86	27,57	4.565.224.655,12	4.254.123.943,76	8,34	7,31
N° 8	4,764	8	24x48	32,95	29,62	4.988.489.141,77	4.524.138.631,19	11,24	10,26
Variación por mismo método (%):				10,33	7,46	9,27	6,35		

Fuente:

Por último, en la tabla 59 se muestra que para las naves industriales N°6 y N°8 con pendientes de techo de 4,764 grados y dimensiones de planta de 24 x 48 metros, y

con variación de alturas de columna de 6 metros y 8 metros respectivamente, la variación en porcentaje de la densidad estructural fue de 10,33 % y de los costos fue de 9,27 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 7,46 % y de los costos de 6,35 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 8,34 % y la de los costos de 7,31 % para la nave industrial N°6, de igual forma, para la nave industrial N°8 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 11,24 % mientras que la de los costos fue de 10,26 %.

Posteriormente, se procedió a comparar los resultados de la variación de las dimensiones de la planta y pendiente de techo, estas variaciones arrojó los diferentes porcentajes de variación de la densidad estructural y costos, tanto por el mismo método como por ambos métodos de diseño, en este sentido, a continuación se muestran las tablas con los resultados de las comparaciones realizadas:

Tabla 60

VARIACION DE DIMENSION DE PLANTA Y PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensiones de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 1	7,125	6	12x24	26,43	24,53	1.053.166.885,33	1.010.280.450,40	7,75	4,25
N° 5	3,576	6	24x48	29,29	25,39	4.493.446.078,56	3.712.368.062,21	15,35	21,04
Variación por mismo método (%):				10,81	3,51	326,66	267,46		

Fuente:

En la tabla 60 se muestra que para las naves industriales N°1 y N°5 con pendientes de techo de 7,125 grados y 3,576 grados respectivamente, así como las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros respectivamente, y con una altura de columna de 6 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural obtenida fue de 10,81 % y de los costos fue de 326,66% por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 3,51 % y de los costos de 267,46 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la

comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 7,75% y la de los costos de 4,25% para la nave industrial N°1, de igual forma, para la nave industrial N°5 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 15,35 % mientras que la de los costos fue de 21,04 %.

Tabla 61

VARIACION DE DIMENSION DE PLANTA Y PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 2	9,462	6	12x24	28,68	24,35	1.155.072.591,80	1.003.558.614,79	17,76	15,10
N° 6	4,764	6	24x48	29,86	27,57	4.565.224.655,12	4.254.123.943,76	8,34	7,31
			Variación por mismo método (%):	4,14	13,19	295,23	323,90		

Fuente:

Por otra parte, en la tabla 61 se muestra que para las naves industriales N°2 y N°6 con pendientes de techo de 9,462 grados y 4,764 grados respectivamente, así como las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros respectivamente, y con una altura de columna de 6 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural obtenida fue de 4,14 % y de los costos fue de 295,23 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 13,19 % y de los costos de 323,90 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 17,76% y la de los costos de 15,10 % para la nave industrial N°2, de igual forma, para la nave industrial N°6 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 18,34 % mientras que la de los costos fue de 7,31 %.

Tabla 62

VARIACION DE DIMENSION DE PLANTA Y PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 3	7,125	8	12x24	31,04	26,72	1.262.392.641,80	1.117.321.220,13	16,20	12,98
N° 7	3,576	8	24x48	32,24	26,96	4.897.116.832,57	3.994.470.409,64	19,57	22,60
Variación por mismo método (%):				3,84	0,91	287,92	257,50		

Fuente:

Ahora bien, en la tabla 62 se observa que para las naves industriales N°3 y N°7 con pendientes de techo de 7,125 grados y 3,576 grados respectivamente, así como las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros respectivamente, y con una altura de columna de 8 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural obtenida fue de 3,84 % y de los costos fue de 287,92 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 0,91 % y de los costos de 257,50 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 16,20 % y la de los costos de 12,98 % para la nave industrial N°3, de igual forma, para la nave industrial N°7 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 19,57 % mientras que la de los costos fue de 22,60 %.

Tabla 63

VARIACION DE DIMENSION DE PLANTA Y PENDIENTE DE TECHO									
Nave industrial	Pendiente de techo (grados)	Altura de columnas (m)	Dimensión de planta (m)	Densidad Estructural por cada Método de diseño		Costo según Método de Diseño		Variación por cada método (%):	
				ASD (Kg/m ²)	LRFD (Kg/m ²)	ASD (BsF)	LRFD (BsF)	Densidad	Costo
N° 4	9,462	8	12x24	31,15	27,66	1.266.861.316,70	1.138.018.212,33	12,61	11,32
N° 8	4,764	8	24x48	32,95	29,62	4.988.489.141,77	4.524.138.631,19	11,24	10,26
Variación por mismo método (%):				5,76	7,08	293,77	297,55		

Fuente:

Finalmente, en la tabla 63 se observa que para las naves industriales N°4 y N°8 con pendientes de techo de 9,462 grados y 4,764 grados respectivamente, así como las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros respectivamente, y con una altura de columna de 8 metros, la variación en porcentaje de la densidad estructural obtenida fue de 5,76 % y de los costos fue de 293,77 % por el método del ASD; de igual modo, la variación porcentual de la densidad estructural fue de 7,08 % y de los costos de 297,55 % por el método del LRFD. Por otra parte, al realizar la comparación mediante ambos métodos de diseño para cada una de las naves industriales nombradas, la variación de la densidad estructural en porcentaje fue de 12,61 % y la de los costos de 11,32 % para la nave industrial N°4, de igual forma, para la nave industrial N°8 la variación porcentual de la densidad estructural fue de 11,24 % mientras que la de los costos fue de 10,26 %.

Con los resultados previamente mostrados, se obtuvo las diferentes variaciones porcentuales de las comparaciones realizadas de la densidad estructural y de los costos de las naves industriales de acero diseñadas mediante los métodos de diseño del ASD y LRFD.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de los objetivos planteados fueron analizados para obtener las conclusiones y recomendaciones pertinentes, las cuales se presentaran en la parte final del presente trabajo de investigación.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones de la investigación basadas en los resultados obtenidos de los objetivos anteriormente desarrollados en el capítulo cinco del presente trabajo:

1. Respecto a los lineamientos técnicos y filosóficos de cada metodología de diseño estructural, se pudo concluir que en ambos métodos de diseño se estudia el comportamiento de los miembros estructurales de acero cuando están sometidos a las diferentes solicitaciones explicadas, siempre y cuando se considere el estudio de este comportamiento en los límites de capacidad descritos en cada una de las metodologías, siendo para el método del ASD el análisis del comportamiento dentro del rango elástico de los miembros, a diferencia del método del LRFD el cual se analiza el comportamiento de los elementos al alcanzar los estados límites a los que se puede ver sometido dentro del rango inelástico de ellos.

2. Analizado los resultados del diseño estructural de las naves industriales de acero por los métodos del ASD y LRFD, se pudo concluir en primer lugar, que las acciones debidas a las fuerzas del viento son las que más afectan a este tipo de edificación, por lo que se debe realizar el adecuado procedimiento para el cálculo de las mismas, y así garantizar el óptimo diseño estructural de las naves industriales. Por otro parte, al realizar el modelado y diseño estructural mediante el software de cálculo SAP2000, se pudo observar que los perfiles de acero obtenidos de las naves diseñadas por el método del ASD son de mayor dimensión con respecto a los perfiles obtenidos mediante el método del LRFD, esto se debe a la diferencia de rango de estudio de comportamiento de los miembros por cada método, como se mencionó en el punto anterior; de igual forma, se pudo concluir que al obtener el mayor rendimiento de los diferentes elementos, se garantizó el diseño estructural más económico.

3. Con los resultados obtenidos del cálculo de la densidad estructural y los costos de las naves industriales, se pudo concluir que al obtener perfiles estructurales de mayor dimensión mediante el método del ASD, se pudo obtener una densidad

estructural y unos costos mayores a comparación del método del LRFD, sin embargo, las valores de densidades estructurales obtenidas mediante los dos métodos indican un diseño de las naves económico, ya que sus valores se encuentran por debajo de 35 kg/m² (valor que fue consultado con especialistas en el área).

4. Respecto a los resultados arrojados en las diferentes comparaciones de las densidades estructurales y de los costos de las naves industriales de acero, se pudo concluir que:

4.1 Para los resultados obtenidos de la variación de la pendiente del techo de las naves industriales N°1 y N°2 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural y en los costos del 8,51 % y 9,68 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que presento una disminución en densidad estructural y en los costos del 0,71 % y 0,67 % respectivamente, el cual se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para el caso de la nave industrial diseñada con menor pendiente. (7,125 grados).

De igual manera, siguiendo con los resultados obtenidos de la variación de la pendiente de techo, se pudo concluir que para las naves industriales N°3 y N°4 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural del 0,36 % y en los costos del 0,35 %, a comparación del método del LRFD que presento un aumento en densidad estructural de 3,55 % y en los costos del 1,85 %, lo que indica que se genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para el caso de la nave industrial diseñada con mayor pendiente (9,462 grados).

Seguidamente, para las naves industriales N°5 y N°6 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del

1,98 % y 1,60 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del 8,58 % y 14,59 % respectivamente, lo que genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial diseñada con pendiente de 4,764 grados.

Por último, en el caso de las naves industriales N°7 y N°8 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural del 2,22% y en los costos del 1,87 %, a diferencia del método del LRFD que presento un aumento en la densidad estructural del 9,88 % y en los costos del 13,26 %, en consecuencia, se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial diseñada con una pendiente de 4,764 grados.

4.2 En el caso de los resultados obtenidos de la variación de la altura de las columnas de las naves industriales N°1 y N°3 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural y en los costos del 17,46 % y 19,87 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que presento un aumento en densidad estructural y en los costos del 8,92 % y 10,64 % respectivamente, el cual se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para el caso de la nave industrial con menor altura de columna (6 metros).

De igual forma, con los resultados obtenidos de la variación de altura de columnas, se pudo concluir que para las naves industriales N°2 y N°4 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural del 8,64 % y en los

costos del 9,68 %, a diferencia del método del LRFD que presento un aumento en densidad estructural de 13,60 % y en los costos del 13,40 %, por lo tanto se genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial diseñada con altura de columna (8 metros).

Por otra parte, para las naves industriales N°5 y N°7 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del 10,07 % y 8,98 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del 6,19 % y 7,60 % respectivamente, a tal efecto, se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Ahora bien, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial con altura de columna de 6 metros.

Finalmente, en el caso de las naves industriales N°6 y N°8 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural del 10,33% y en los costos del 9,27 %, a diferencia del método del LRFD que presento un aumento en la densidad estructural del 7,46 % y en los costos del 6,35 %, en tal sentido, se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial con altura de columnas de 6 metros.

4.3 Analizado los resultados obtenidos de la variación de las dimensiones de planta y su pendiente de techo de las naves industriales N°1 y N°5 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural y en los costos del 10,81 % y 326,66 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que

presento un aumento en densidad estructural y en los costos del 3,51 % y 267,46 % respectivamente, es por esto que, se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para el caso de la nave industrial con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de 7,125 grados.

De igual manera, con los resultados obtenidos de las dimensiones de planta y su pendiente de techo, se observó que para las naves industriales N°2 y N°6 al ser comparadas por el método del ASD presentó un aumento en la densidad estructural del 4,14 % y en los costos del 295,23 %, a diferencia del método del LRFD que presento un aumento en densidad estructural de 13,19 % y en los costos del 323,90%, en consecuencia, se pudo concluir que se genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de 4,764 grados.

Por otra parte, para las naves industriales N°3 y N°7 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del 3,84 % y 287,92 % respectivamente, a comparación del método del LRFD que presento un aumento en la densidad estructural y en los costos del 0,91 % y 257,50 % respectivamente, lo que indica que se genera una menor variación en el método del LRFD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Ahora bien, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de 7,125 grados.

Finalmente, en el caso de las naves industriales N°4 y N°8 al ser comparadas por el método del ASD presento un aumento en la densidad estructural del 5,76 % y en los costos del 293,77 %, a diferencia del método del LRFD que presento un aumento

en la densidad estructural del 7,08 % y en los costos del 297,55 %, por lo tanto se genera una menor variación en el método del ASD al realizar la comparación del diseño de las dos naves por el mismo método. Por otra parte, al ser comparadas por ambos métodos de diseño se observó que la variación porcentual entre la densidad estructural y los costos es menor para la nave industrial con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de 4,764 grados.

5. De los resultados logrados anteriormente, se pudo demostrar que ambos métodos de diseño pueden presentar menor variación de los costos al realizar las diferentes variaciones de dimensiones de las naves industriales, es por esto que, se demuestra que a pesar de que el método del LRFD es más económico no significa que pueda generar menores costos cuando se varían las dimensiones de las naves industriales a diseñar.

6. En este contexto, una conclusión adicional, que significó un aporte de los autores del presente trabajo, se logró calcular el costo total en BsF/m², así como también, el costo en dólares por metro cuadrado de cada una de las naves industriales, considerando un precio de BsF. por cada dólar de 41.152,81 BsF (valor para la fecha del 25 de octubre del 2017), dichos resultados se muestran en tabla 64 a continuación

Tabla 64

Nave Industrial	Área de planta (m ²)	Altura de columna (m)	Pendiente de techo (en grados)	Costo en BsF./m ² (ASD)	Costo en BsF./m ² (LRFD)	Costo en Dólar/m ² (ASD)	Costo en Dólar/m ² (LRFD)
N° 1	288	6	7,125	3.656.829,46	3.507.918,23	88,86	85,24
N° 2	288	6	9,462	4.010.668,72	3.484.578,52	97,46	84,67
N° 3	288	8	7,125	4.383.307,78	3.879.587,57	106,51	94,27
N° 4	288	8	9,462	4.398.824,02	3.951.452,13	106,89	96,02
N° 5	1152	6	3,576	3.900.560,83	3.222.541,72	94,78	78,31
N° 6	1152	6	4,764	3.962.868,62	3.692.815,92	96,30	89,73
N° 7	1152	8	3,576	4.250.969,47	3.467.422,23	103,30	84,26
N° 8	1152	8	4,764	4.330.285,71	3.927.203,67	105,22	95,43

Fuente:

RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones anteriormente expuestas, se pudo establecer un conjunto de recomendaciones las cuales darán como resultado al objetivo específico N° 5 planteado en el capítulo uno de la presente investigación:

1. Se debe tener un conocimiento de los lineamientos técnicos y filosóficos de los dos métodos del ASD y LRFD a la hora de realizar el diseño de naves industriales mediante programas de cálculo, para conocer el comportamiento que presentará cada miembro estructural, y así detectar cualquier resultado no lógico arrojado por el programa. De igual manera, poder conocer cuál de estos métodos resultará más económico cumpliendo con requerimientos normativos de seguridad y confiabilidad para el diseño estructural de naves industriales de acero.

2. Al momento del diseño estructural de naves industriales de acero se recomienda realizar el adecuado cálculo de las acciones debidas a las fuerzas del viento, ya que estas son las que más afectan a dichas estructuras. Por otra parte, al buscar el diseño más económico se debe llevar al rendimiento máximo los diferentes miembros estructurales que componen la edificación, considerando que estos no sobrepasan el límite máximo de capacidad de los mismos, y en el caso que esto suceda, se recomienda que sean valores muy cercanos a este límite.

3. A la hora de realizar el diseño mediante los dos métodos se debe tener en cuenta que la densidad estructural de la nave industrial no sobrepase los 35 kg/m^2 para lograr un diseño económico, es por esto que se recomienda optimizar lo más posible los elementos estructurales que conforman las naves. De igual forma, se debe considerar a la hora de buscar los costos de cada perfil de acero la variación de los precios en el mercado, esto debido al gran índice de inflación que se presenta actualmente en el país, es por ello que se recomienda tener muy en cuenta este aspecto al momento de calcular los costos en BsF. de kilogramos de acero que conforman una nave industrial.

4. De acuerdo a las conclusiones pertinentes, a continuación se presentan una serie de recomendaciones de los resultados arrojados en las diferentes comparaciones de los costos de las naves industriales de acero:

4.1. Al momento de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y alturas de columnas de 6 metros pero con variación de pendiente de techo de 7,125 grados y 9,462 grados, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la menor pendiente de techo (7,125 grados) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

De igual manera, al momento de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y alturas de columnas de 8 metros pero con variación de pendiente de techo de 7,125 grados y 9,462 grados, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la mayor pendiente de techo (9,462 grados) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

Por otra parte, a la hora de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y alturas de columnas de 6 metros pero con variación de pendiente de techo de 3,576 grados y 4,764 grados, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la mayor pendiente de techo (4,764 grados) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

En el mismo contexto, a la hora de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y alturas de columnas de 8 metros pero con variación de

pendiente de techo de 3,576 grados y 4,764 grados, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la mayor pendiente de techo (4,764 grados) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

4.2. Al momento de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de techo de 7,125 grados pero con variación de alturas de columnas de 6 metros y 8 metros, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la menor altura de columna (6 metros) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

En el mismo orden de ideas, al momento de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de techo de 9,462 grados pero con variación de alturas de columnas de 6 metros y 8 metros, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la mayor altura de columna (8 metros) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

De igual forma, a la hora de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de techo de 3,576 grados pero con variación de alturas de columnas de 6 metros y 8 metros, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la menor altura de columna (6 metros) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

Por otra parte, al momento de diseñar naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de techo de 4,764 grados pero con variación de alturas de columnas de 6 metros y 8 metros, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con la menor altura de columna (6 metros) por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

4.3. Al momento de diseñar naves industriales con alturas de columnas de 6 metros y variación de las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros y pendientes de techo de 7,125 grados y 3,576 respectivamente, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de 7,125 grados por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

En el mismo contexto, al momento de diseñar naves industriales con alturas de columnas de 6 metros y variación de las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros y pendientes de techo de 9,462 grados y 4,764 respectivamente, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de 4,764 grados por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

Por otra parte, a la hora de diseñar naves industriales con alturas de columnas de 8 metros y variación de las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros y pendientes de techo de 7,125 grados y 3,576 respectivamente, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del LRFD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a

través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con dimensiones de planta de 12 x 24 metros y pendiente de 7,125 grados por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

Finalmente, a la hora de diseñar naves industriales con alturas de columnas de 8 metros y variación de las dimensiones de planta de 12 x 24 metros y 24 x 48 metros y pendientes de techo de 9,462 grados y 4,764 respectivamente, se recomienda que al considerar un solo método de diseño se utilice el método del ASD ya que posee una menor variación en los costos de perfilería. Pero a la hora de considerar el diseño a través de los dos métodos, se recomienda diseñar las naves industriales con dimensiones de planta de 24 x 48 metros y pendiente de 4,764 grados por presentar menor variación de los costos entre las dos metodologías de diseño.

5. A pesar de que el método LRFD es el más utilizado actualmente para el diseño estructural, se recomienda que a la hora de diseñar naves industriales económicas y que presente diferentes variaciones de sus dimensiones, se debe tomar en cuenta también el método del ASD para conocer la menor variación de costos posible entre ambas metodologías de diseño.

6. Igualmente se recomienda la actualización de la Norma COVENIN 1618-98 la cual esta al año 1998, esto con el fin de que este en correlación a las normas aplicadas a nivel internacional.

7. El presente trabajo da inicio a una línea de investigación, que consiste en comparar las diferentes variaciones de los costos en el diseño estructural de naves industriales de acero considerando las acciones del sismo que pueden afectarlas, así como también, considerar dichas variaciones para otro tipo de edificaciones estructurales, y que servirá como aporte para otros trabajos de grado de la universidad y otras instituciones educativas en la rama de la ingeniería civil en Venezuela.

REFERENCIAS

- Acciones del viento sobre las construcciones. COVENIN MINDUR 2003-86.
Norma venezolana aprobada el 12 de agosto de 1986
- Arias, F. (2006) . Bogotá, Colombia: Editorial McGraw-Hill.
- Arnal, E., Gutiérrez, A., Montemayor, F. & Achabal, F. (2007)
Caracas, Venezuela: Fondo Editorial SIDETUR
- Bowles, J. (1993). México: Editorial Limusa
- Cabello, J. (2016). (Trabajo de grado).
Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. Disponible en pagina web (www.ptolomeo.unam.mx)
- Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones COVENIN MINDUR 2002-88. Norma venezolana aprobada el 5 de octubre de 1988
- Edificaciones Sismorresistentes. COVENIN 1756-2001 declarada obligatoria de conformidad con los artículos 10 y 14 de la Ley sobre Normas Técnicas y de Control de Calidad el 25 de julio de 2001
- Estructuras de Acero para Edificaciones. Proyecto, Fabricación y Construcción. COVENIN MINDUR 1618-82. Norma venezolana aprobada el 10 de agosto de 1982.

Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites. COVENIN MINDUR 1618-98 declarada obligatoria en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36635 del 3 de febrero de 1999.

Fratelli, M. (1999) Caracas, Venezuela: Ediciones Unive.

Fratelli, M. (2003) Caracas, Venezuela: Ediciones Unive.

Gama, L. (2016) Análisis, diseño y supervisión de estructuras y cimentaciones (ANADISEC) recuperado de <http://www.anadisec.com/disen.html>.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2003). México: McGraw - Hill

Jiménez, M. (2016). (Trabajo de grado). Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. Disponible en página web (<http://bdigital.dgse.uaa.mx>)

Luisar, C. (16 de junio de 2007) Estructuras de acero. Ventajas y Desventajas del Uso de Acero en la Construcción recuperado de <http://estructurasacero.blogspot.com>

Mattos, L. (2006). Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero (ILAFA): Ziguarte.

Meli, R. (2014). México: Editorial Limusa.

Méndez, C. (2005). . Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana Editores.

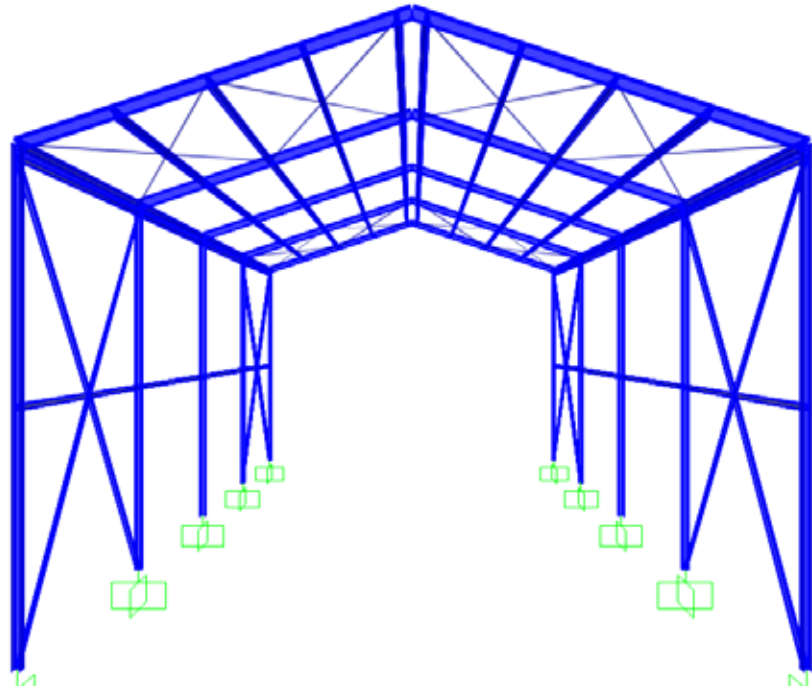
Peña, E. (2015). (Trabajo de grado).
Universidad Rafael Urdaneta de Maracaibo, Venezuela. Disponible en enlace web
(<http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-15-09090.pdf>)

Pérez, A. (2009).
Caracas, Venezuela: FEDUPEL

Programa de investigación de la comisión europea (2008)
Labein - Tecnalía.

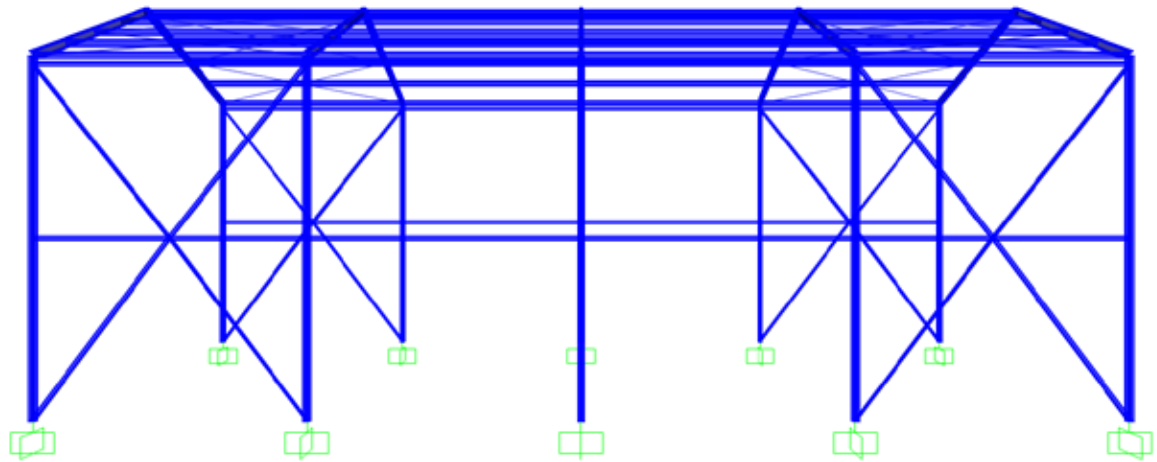
Tamayo, M. (2004) Caracas,
Venezuela: Editorial Limusa.

ANEXOS



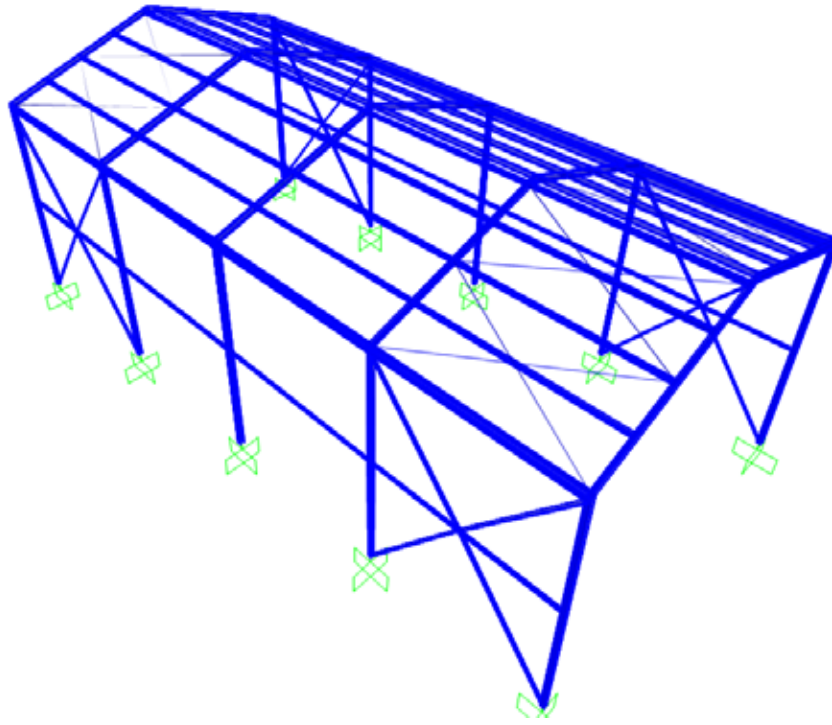
. Vista frontal en 3-D del modelado de la nave industrial N°4

Fuente:



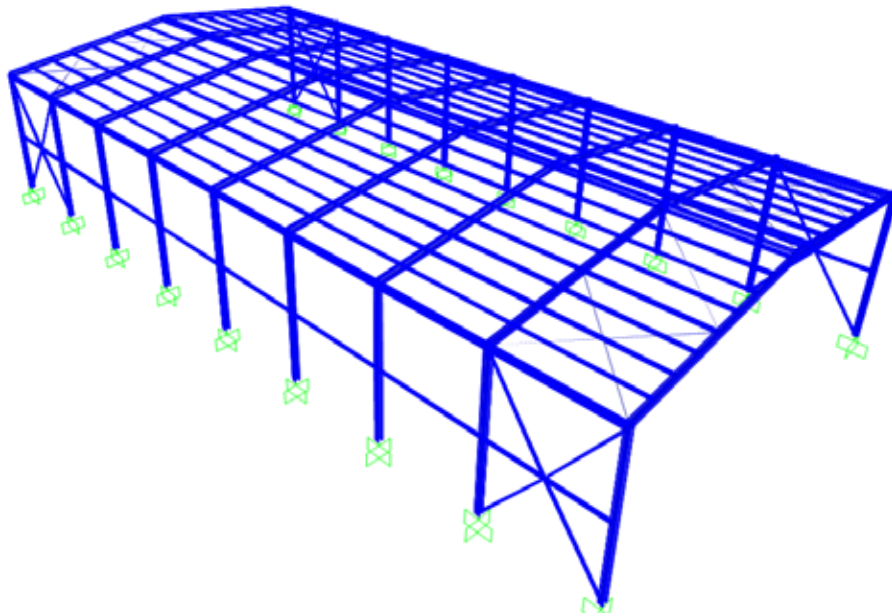
. Vista lateral en 3-D del modelado de la nave industrial N°4

Fuente:



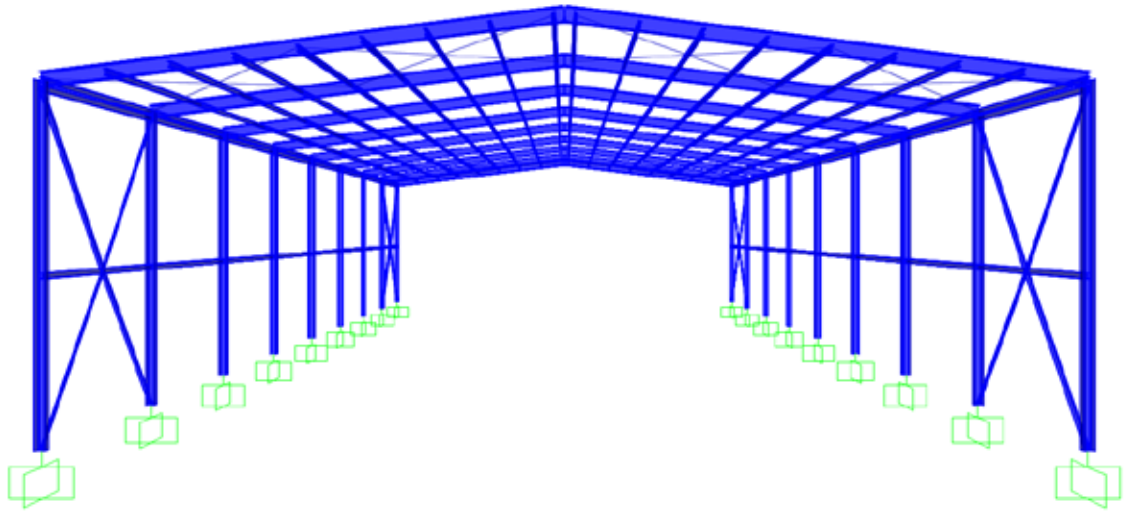
. Vista en 3-D del modelado de la nave industrial N°4

Fuente:



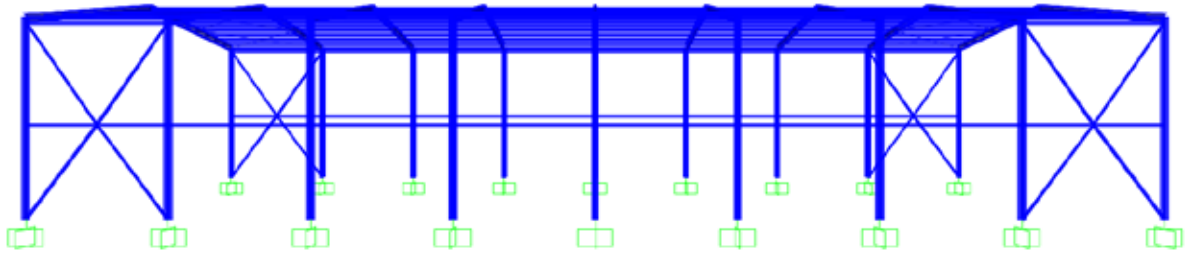
. Vista en 3-D del modelado de la nave industrial N°8

Fuente:



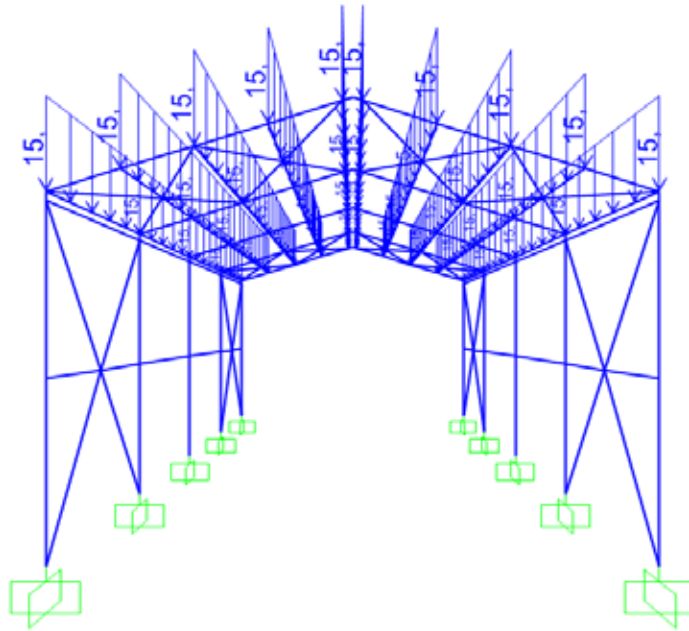
- Vista frontal en 3-D del modelado de la nave industrial N°8

Fuente:



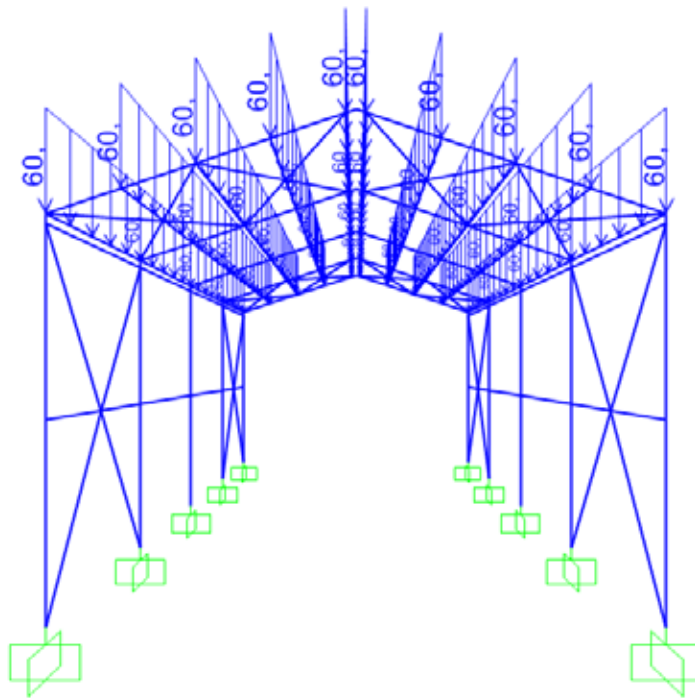
- Vista lateral en 3-D del modelado de la nave industrial N°8

Fuente:



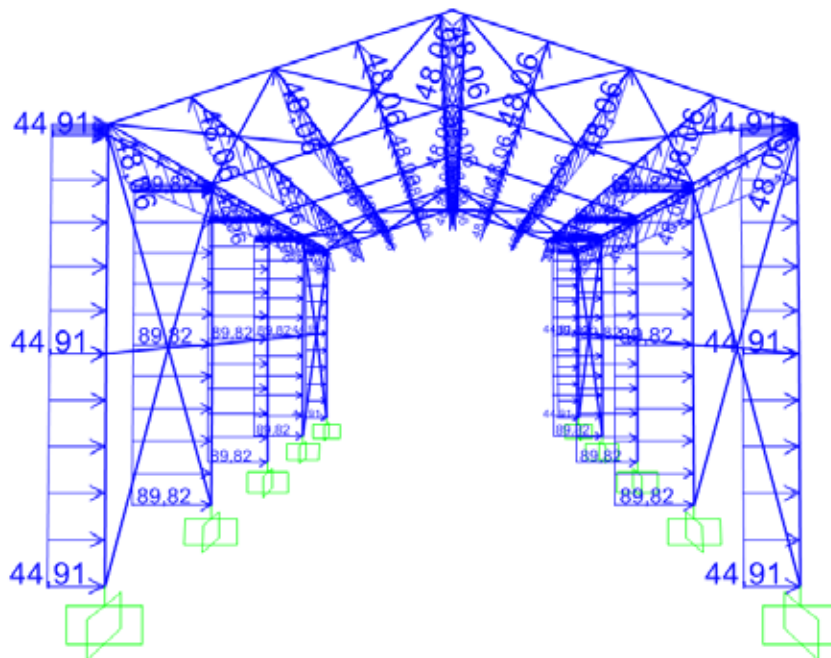
. Nave industrial N°4 con carga distribuida debido las acciones permanentes (CP).

Fuente:



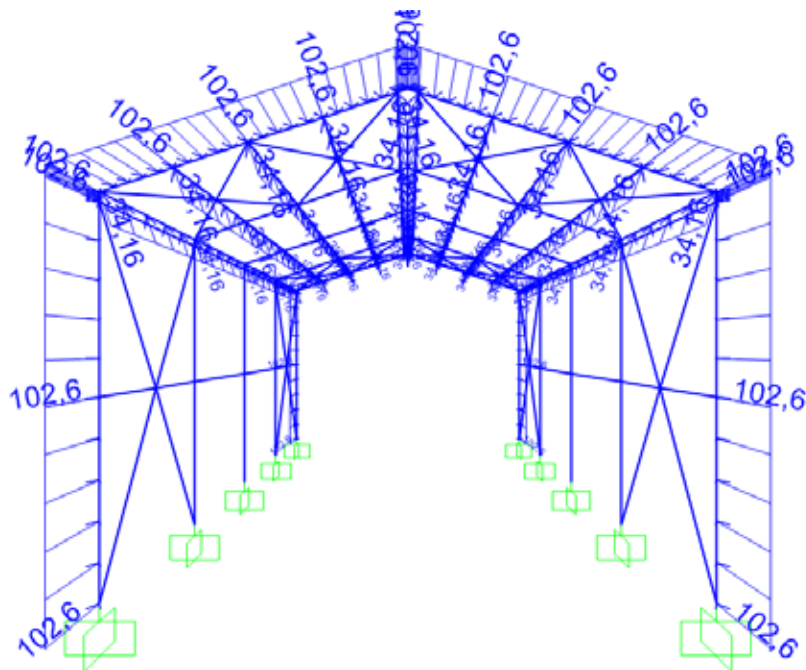
. Nave industrial N°4 con carga distribuida debido las acciones variables de techo (CVt)

Fuente:



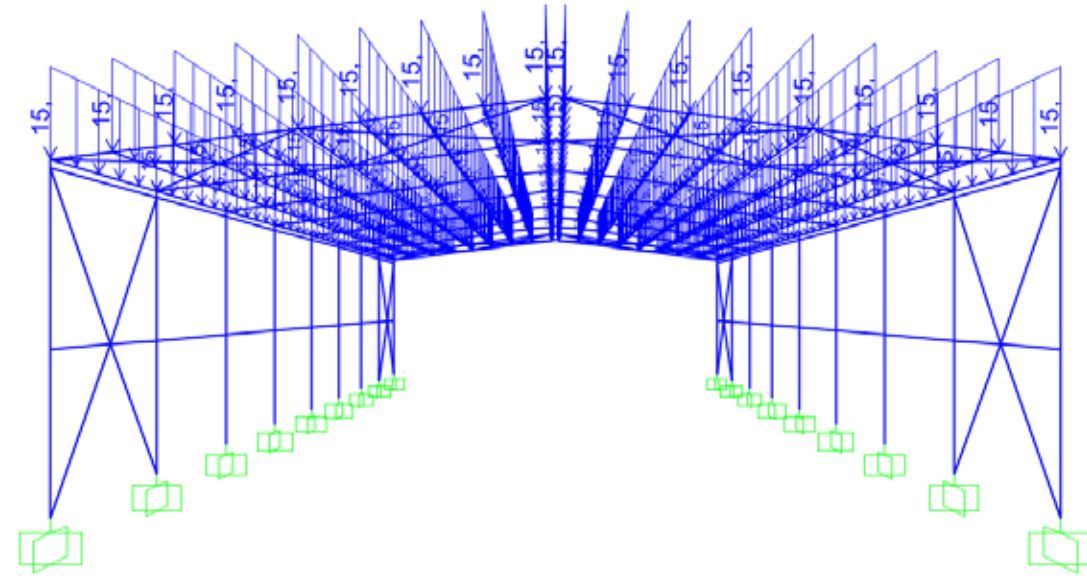
. Nave industrial N°4 con carga distribuida debido las acciones del viento perpendicular a la cumbrera (Wx)

Fuente:



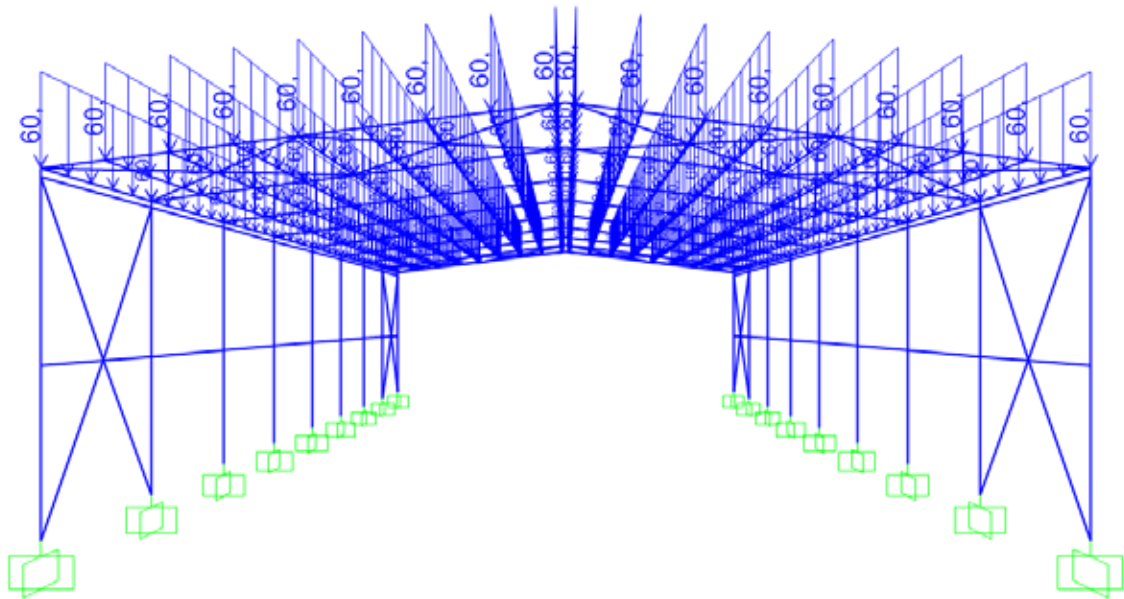
. Nave industrial N°4 con carga distribuida debido las acciones del viento paralelo a la cumbrera (Wy)

Fuente:



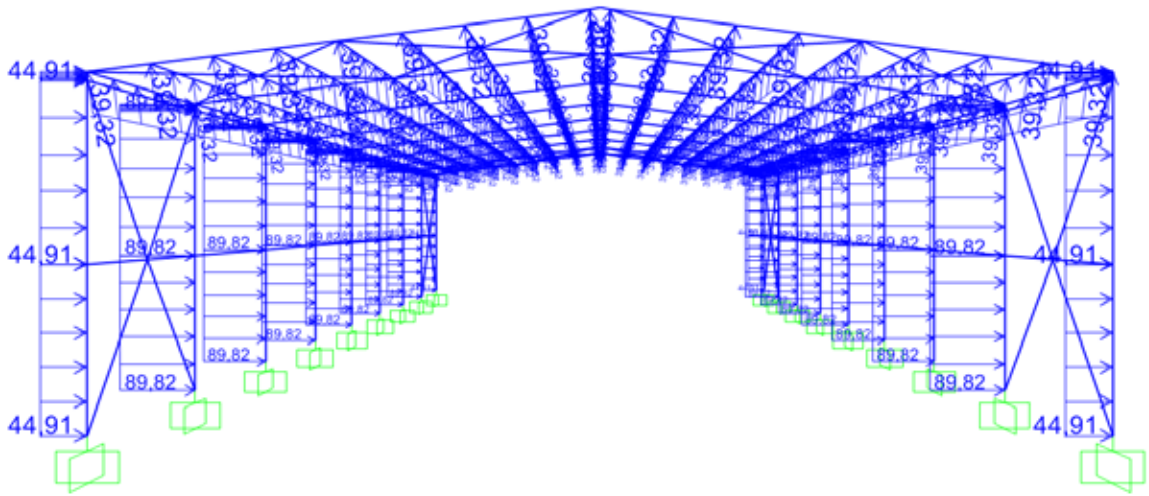
. Nave industrial N°8 con carga distribuida debido las acciones permanentes (CP).

Fuente:



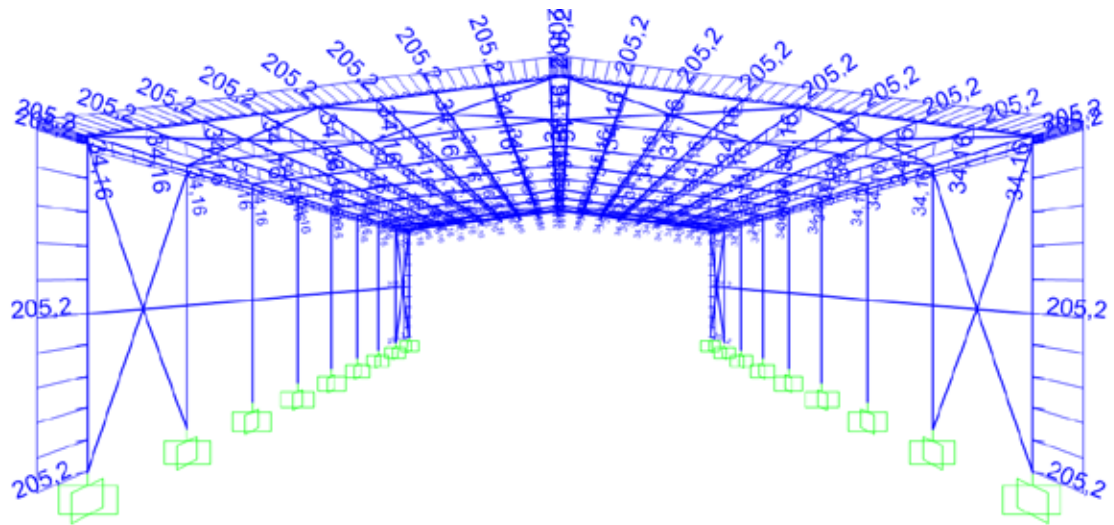
. Nave industrial N°8 con carga distribuida debido las acciones variables de techo (CVt)

Fuente:



. Nave industrial N°8 con carga distribuida debido las acciones del viento perpendicular a la cumbrera (W_x)

Fuente:



. Nave industrial N°8 con carga distribuida debido las acciones del viento paralelo a la cumbrera (W_y)

Fuente: