

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA

DISEÑO DE UN ELEVADOR DESMONTABLE PARA EL ASCENSO DE TUBERÍA DE ACERO NEGRO ASTM A53 DE GLP PARA LA EMPRESA INCOAYAM CÍA. LTDA.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

ANDRES MATEO GONZÁLEZ BOLAÑOS

(teo_1719@hotmail.com)

DIRECTOR: Ing. CARLOS OSWALDO BALDEÓN VALENCIA

(carlos.baldeon@epn.edu.ec)

Quito, Septiembre 2016

DECLARACIÓN

Yo **Andrés Mateo González Bolaños**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**Andrés Mateo González
Bolaños**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Andrés Mateo González Bolaños** bajo mi supervisión.

**Ing. Carlos Oswaldo
Baldeón Valencia**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi querida familia, quienes siempre han estado a mi lado brindándome soporte y ánimo a pesar de las circunstancias.

A mi madre Rocío, la mujer que siempre tuvo las acertadas palabras para darme la fuerza y el estímulo para nunca perder el objetivo.

A mi hermano Daniel por brindarme su cariño incondicional y con su sonrisa alegrar mis días.

A mi padre Víctor, por ser la persona más fuerte, trabajadora y entregada a su familia que conozco.

A mi tío Leonardo por cuidarme, guiarme, aconsejarme y ser un segundo padre para mí.

Al ingeniero Carlos Baldeón, por ser una gran amigo quien siempre ha estado a mi lado brindándome sus consejos, por ser un excelente profesional y compartir parte de sus conocimientos conmigo durante mi etapa estudiantil.

MATEO GONZÁLEZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre y a mi madre, quienes nunca han dudado de mí y han sido los grandes pilares de mi vida.

A mi hermano Daniel quien con sus ocurrencias e inocencia me ha dado una razón adicional para mejorar cada día.

A mi adorada Jessica Molina quien con su amor, dulzura, apoyo y amistad me ha enseñado lo lindo que es compartir la vida con la persona que amas.

MATEO GONZÁLEZ

CONTENIDO

Este proyecto de titulación se compone de 5 capítulos, dentro de los cuales se recopila toda la información, datos y resultados del trabajo efectuado para exponerlo de manera secuencial. De esta manera en el primer capítulo se abarcan generalidades y la razón de la existencia de este proyecto, en el segundo capítulo se expone el marco teórico donde se explica la información usada para llevar a cabo este trabajo, el tercer capítulo está enfocado en el diseño y simulación del elevador desmontable, el cuarto capítulo muestra un análisis de los costos de fabricación, para por último dejar en el quinto capítulo las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

El primer capítulo del proyecto muestra las generalidades de los sistemas de gas centralizado, las normas que se usan en el diseño, el tipo de trabajo que se realiza durante el montaje de la tubería de carga y una breve reseña de seguridad industrial.

En el segundo capítulo se expone el marco teórico donde se muestran conceptos de mecánica de materiales, tipos de estructuras, miembros que conforman una estructura, tipos de cables de acero, para finalmente enfocarse en el diseño a tensión, compresión y flexión de miembros estructurales así como de las conexiones analizando los principales estados límite bajo la norma AISC 360-10.

El tercer capítulo se refiere al cálculo estructural basado en la norma expuesta en el párrafo anterior y la simulación del modelo en SAP2000. En este capítulo se muestra en detalle toda la información referente al cálculo y la simulación.

El cuarto capítulo muestra el análisis de costos de materiales, rendimientos de los operadores, costos de producción y elaboración de precios unitarios de cada uno de los elementos usado en la elaboración del elevador.

Por último en el capítulo cinco se presentan las conclusiones las cuales están relacionadas con los objetivos de partida del proyecto, los resultados obtenidos, y se establecen unas recomendaciones que sirven para el óptimo funcionamiento de la máquina.

RESUMEN

El presente proyecto comprende el diseño de un elevador desmontable para el ascenso de tubería ASTM A 53B para la tubería de carga de GLP. El dispositivo se ha elaborado en función de las necesidades de la compañía Incoyam Cía. Ltda. para optimizar los tiempos de montaje durante la construcción de la línea de carga desde la toma desfasada hasta el tanque estacionario de almacenamiento del gas licuado en edificios que cuenten con un sistema de gas centralizado. Los elementos del dispositivo han sido calculados en base a la especificación AISC 360-10 para construcciones de acero de manera que satisfagan los requerimientos indicados por la norma, además se ha priorizado el uso de conexiones empernadas de manera que se facilite su montaje, desmontaje, y traslado al lugar en donde se realizara el trabajo. Se complementa el diseño con una simulación del comportamiento del dispositivo en el programa SAP2000 y con el análisis de precios unitarios para cada uno de los elementos que intervienen en la construcción del elevador.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
CONTENIDO	v
RESUMEN	vi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xvi
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. SISTEMAS DE GAS CENTRALIZADO.....	1
1.2. NORMATIVAS PARA SISTEMAS DE GAS CENTRALIZADO.....	1
1.3. MATERIALES USADOS EN TUBERÍAS DE GAS CENTRALIZADO.....	3
1.3.1. TUBERÍAS METÁLICAS	3
1.3.2. TUBERÍAS PLÁSTICAS	4
1.3.3. OTROS TIPOS DE TUBERÍA.....	4
1.4. PROCESO DE MONTAJE TUBERÍA DE CARGA.....	5
1.4.1. RECEPCIÓN DE LA TUBERÍA EN EL PROYECTO	5
1.4.2. PROCESO DE PINTURA	5
1.4.3. ELEVACIÓN DE LA TUBERÍA A LA TERRAZA DEL EDIFICIO.....	5

1.4.4. ELABORACIÓN DE JUNTAS	5
1.4.5. DESCENSO DE LA TUBERÍA	6
1.4.6. SOLDADURA DE TUBERÍA NORMAL AL EJE VERTICAL	7
1.4.7. ANCLAJE DE LA TUBERÍA	8
1.5. TRABAJO EN ALTURA.....	9
1.5.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA EL MONTAJE	9
1.6. CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	11
1.6.1. RIESGO.....	11
1.6.2. AMENAZA	11
1.6.3. EXPOSICIÓN	12
1.6.4. PELIGRO.....	12
1.6.5. INCIDENTE	12
1.6.6. ACCIDENTE	12
1.6.7. CONDICIÓN SUBESTANDAR.....	12
1.6.8. ACCIÓN SUBESTANDAR	12
CAPÍTULO 2.....	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. INTRODUCCIÓN	13
2.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS	13
2.2.1. RESISTENCIA.....	13
2.2.2. RIGIDEZ.....	14

2.2.3. ESTABILIDAD	14
2.3. TIPOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	14
2.3.1. ESTRUCTURAS TIPO CASCARÓN.....	14
2.3.2. ESTRUCTURAS RETICULARES	15
2.4. MIEMBROS ESTRUCTURALES	16
2.4.1. VIGAS.....	16
2.4.2. COLUMNAS	19
2.4.3. CABLES	21
2.4.4. ARRIOSTRAMIENTOS.....	28
2.5. FUERZA Y ESFUERZO	29
2.5.1. FUERZA	29
2.5.2. ESFUERZO	29
2.5.3. FLEXIÓN	31
2.5.4. CORTE.....	32
2.5.5. TORSIÓN	32
2.6. CARGAS.....	33
2.7. MATERIALES USADOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS	35
2.7.1. ACERO.....	35
2.7.2. ALUMINIO	37
2.7.3. TITANIO	40

2.8. DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES BAJO NORMA AISC 360-10 .	
.....	41
2.8.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA.....	41
2.8.2. BASE DE DISEÑO.....	42
CAPÍTULO 3.....	62
CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROYECTO	62
3.1. CONSIDERACIONES PARA LOS CALCULOS DEL DISEÑO	62
3.2. CONSIDERACIONES FISICAS PARA EL DISEÑO	62
3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL	63
3.4. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE CARGA	64
3.5. CASOS DE ANÁLISIS PARA LOS CÁLCULOS	65
3.6. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO	65
3.6.1. GEOMETRÍA DEL DISPOSITIVO.....	65
3.6.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA VIVA.....	66
3.6.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS MUERTAS PARA EL DISPOSITIVO	68
3.6.4. DISTANCIAS DE APOYOS Y CARGAS PARA EL DISPOSITIVO	70
3.6.5. CÁLCULO DE LAS REACCIONES	71
3.6.6. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS BAJO AISC 360-10.....	72
3.6.7. SIMULACIÓN DEL MODELO USANDO SAP-2000	78
3.6.8. DISEÑO DE CONEXIONES	89

3.6.9. SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL ASCENSO DE LA TUBERÍA. ...	108
3.6.10. SELECCIÓN DE POLEAS.....	109
3.6.11. PLANOS DE FABRICACIÓN.....	109
CAPÍTULO 4	110
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE COSTOS.....	110
4.1. ANÁLISIS FINANCIERO	110
4.1.1. COSTOS DIRECTOS	110
4.1.2. COSTOS INDIRECTOS.....	110
4.1.3. RUBRO.....	110
4.1.4. RENDIMIENTO.....	111
4.1.5. JORNAL / HR	111
4.1.6. UTILIDAD	111
4.1.7. PRECIOS UNITARIOS	111
4.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	111
4.2.1. PRECIOS DE MATERIALES	111
4.2.2. PRECIOS DE MANO DE OBRA.	116
4.2.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS DE EXPANSIÓN ½"x3"	118
4.2.4. SUMINISTRO RECIPIENTE CONTENEDOR PLÁSTICO 1m3.....	119
4.2.5. SUMINISTRO DE POLEAS Q>650Kg	120
4.2.6. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR 2HP/220V/1380 RPM/ 100m CABLE DE ACERO.....	121

4.2.7. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A325 d=1/2".....	122
4.2.8. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A325 d=3/4".....	123
4.2.9. SOLDADURA DE ELEMENTOS.....	124
4.2.10. BASE DEL CONTRAPESO.....	125
4.2.11. PROVISIÓN DE PLACA BASE.....	126
4.2.12. PROVISIÓN DE PLACA 176x149x4.....	127
4.2.13. PROVISIÓN DE PLACA 131x88x4.....	128
4.2.14. PROVISIÓN DE PLACA 112x76x6.....	129
4.2.15. SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES.....	130
4.2.16. COSTO TOTAL DEL ELEVADOR DESMONTABLE.....	131
4.4.- CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN.....	131
CAPÍTULO 5.....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1.- Tubería de acero negro	3
Figura 1-2.-Tubería de polietileno	4
Figura 1-3.-Tubería Pe-Al-Pe (Polietileno-Aluminio-Polietileno)	4
Figura 1-4.- Apoyos para soldar tubería en azotea	6
Figura 1-5.- Nudo tipo "serpiente"	6
Figura 1-6.- Posicionamiento de la tubería de carga	7
Figura 1-7.- Colocación de equipo de seguridad	7
Figura 1-8.- Fijación de la línea de vida.....	8
Figura 1-9.- Personal técnico en trabajo de altura	8
Figura 1-10.- Personal técnico colocando anclajes.	9
Figura 1-11.- Conjunto de seguridad para trabajo en altura.	10
Figura 1-12.- Arnés de cuerpo completo para trabajo en altura.....	10
Figura 1-13.- Estrobos y amortiguadores para detención de caídas.....	11
Figura 1-14.- Dispositivo anti caídas deslizables.....	11
Figura 2-1.- Silo de almacenamiento.....	14
Figura 2-2.- Sección del fuselaje del avión cseries.....	15
Figura 2-3.- Estructura reticular edificio.....	15
Figura 2-4.- Pirámide de Louvre-París.	16
Figura 2-5.- Viga en estructura metálica Cayambe-Ecuador.	16
Figura 2-6.- Viga simplemente apoyada.....	17

Figura 2-7.- Viga empotrada.	17
Figura 2-8.- Viga en voladizo.	18
Figura 2-9.- Viga continua.	18
Figura 2-10.- Detalle de columna y cimentación.....	19
Figura 2-11.- Falla por pandeo en una columna larga.	21
Figura 2-12.- Cable de acero	21
Figura 2-13.- Constitución de los torones de acero.	22
Figura 2-14.- Sección transversal torón de capa simple de 7 alambres	23
Figura 2-15.- Sección transversal torón seale 19 alambres.....	23
Figura 2-16.- Sección transversal torón tipo filler 25 alambres.	24
Figura 2-17.- Sección transversal torón tipo warrington 19 alambres.	24
Figura 2-18.- Sección transversal torón tipo warrington-seale 36 alambres.	25
Figura 2-19.- Sección transversal de un cable con alma de fibra sintética.	25
Figura 2-20.- Sección transversal de un cable con alma de acero.	26
Figura 2-21.- Proceso de fabricación de un cable con alma de acero.	27
Figura 2-22.- Ejemplo de designación de cables.....	27
Figura 2-23.- Arriostramientos ubicados en el conjunto.....	28
Figura 2-24.- Fuerzas ejercidas sobre la caja.....	29
Figura 2-25.- Tipos de esfuerzos.....	30
Figura 2-26.- Probeta sometida a un ensayo de tracción.	30
Figura 2-27.- Cilindro soportando esfuerzos de compresión.	31

Figura 2-28.- Elemento sometido a esfuerzos de flexión.	31
Figura 2-29.- Diferencial del elemento sometido a esfuerzos de flexión.	32
Figura 2-30.- Elemento sometido a esfuerzos de corte.	32
Figura 2-31.- Elemento sometido a esfuerzos de torsión	33
Figura 2-32.- Presión ejercida sobre un elemento.	34
Figura 2-33.- Falla de bloque por cortante.	51
Figura 2-34.- Falla por aplastamiento.	52
Figura 2-35.- Falla por corte de los pernos.	52
Figura 2-36.- Ruptura por tensión de los pernos.	53
Figura 2-37.- Arrugamiento del alma.	54
Figura 2-38.- Pandeo local del alma.	54
Figura 2-39.- Flexión local de los patines.	54
Figura 2-40.- Fluencia por cortante.	55
Figura 2-41.- Fractura por cortante.	55
Figura 2-42.- Fractura por tensión.	56
Figura 2-43.- Corte en la soldadura.	57
Figura 2-44.- Casos de carga en placas base.	58
Figura 2-45.- Placa base cargada axialmente.	58
Figura 2-46.- Secciones críticas en la placa base.	60
Figura 2-47.- Sección crítica trabajando en cantilever.	60
Figura 3-1.- Distancias mínimas requeridas (vista lateral)	65

Figura 3-2.- Esquema 3D del dispositivo considerando distancias mínimas.	66
Figura 3-3.- Ubicación de las cargas que actúan sobre el dispositivo	70
Figura 3-4.- Esquema de disposición de la viga de carga	72
Figura 3-5.- Diagrama de esfuerzo cortante para la viga de carga.	73
Figura 3-6.- Diagrama de momento flector para la viga de carga.	73
Figura 3-7.- Selección del mallado.	78
Figura 3-8.- Determinación del espaciamiento del mallado.	79
Figura 3-9.- Selección del material.	79
Figura 3-10.- Selección del perfil.	80
Figura 3-11.- Creación de un nuevo perfil	80
Figura 3-12.- Propiedades de la sección creada.	81
Figura 3-13.- Esquema de los elementos del dispositivo.....	81
Figura 3-14.- Apoyos del dispositivo.	82
Figura 3-15.- Patrones de carga.....	83
Figura 3-16.- Carga del contrapeso.....	83
Figura 3-17.- Carga de la tubería.	83
Figura 3-18.- Definir combinaciones de carga.	84
Figura 3-19.- Factores para combinación de carga Udstl2.	84
Figura 3-20.- Casos de carga para el análisis del modelo.	85
Figura 3-21.- Reacciones en el dispositivo para combinación de carga Udstl2	86
Figura 3-22.- Diagramas de fuerzas normales en la columna posterior.....	86

Figura 3-23.- Diagramas de fuerzas normales en la columna frontal.....	87
Figura 3-24.- Diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga.....	88
Figura 3-25.- Verificación de las secciones de los perfiles.	88
Figura 3-26.- Verificación de las relaciones de trabajo de los elementos.	89
Figura 3-27.- Fuerzas axiales actuantes sobre la columna posterior.....	90
Figura 3-28.- Dimensiones de la placa para conexión viga de carga-columna posterior.....	92
Figura 3-29.- Posición de la placa para conexión viga de carga-columna posterior.	92
Figura 3-30.- Dimensiones en el posicionamiento de la placa de conexión.....	93
Figura 3-31.- Dimensiones disponibles entre la viga de carga y la columna frontal.	96
Figura 3-32.- Dimensiones mínimas para la conexión.....	97
Figura 3-33.- Alternativa de placas de conexión.....	99
Figura 3-34.- Espacio disponible en el patín de la columna posterior.....	99
Figura 3-35.- Dimensiones para la placa de conexión columna-soporte contrapeso.	101
Figura 3-36.- Conexión columna posterior-soporte del contrapeso.	101
Figura 3-37.- Dimensión de la placa base y distancias de agujeros.	108
Figura 4-1.- Oferta de transporte de carga.	113
Figura 4-2.- Valores incluidos en costo de destino.	113
Figura 4-3.- Consulta de subpartida arancelaria.....	114
Figura 4-4.- Consulta de tributos fijos de mercancías.....	114

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1.- Propiedades mecánicas Astm A36.....	36
Tabla 2-2.- Propiedades mecánicas Astm A588.....	36
Tabla 2-3.- Propiedades mecánicas Astm A572.....	36
Tabla 2-4.- Propiedades físicas del hierro.	37
Tabla 2-5.- Designación componente principal del aluminio.....	38
Tabla 2-6.- Propiedades físicas del aluminio.....	39
Tabla 2-7.- Propiedades mecánicas del aluminio.	40
Tabla 2-8.- Propiedades físicas del titanio.....	41
Tabla 3-1.- Alternativas de selección	63
Tabla 3-2.- Criterios de selección.....	63
Tabla 3-3.- Ponderación de criterios de selección.....	63
Tabla 3-4.- Evaluación de alternativas.	64
Tabla 3-5.- Peso lineal de la tubería cédula 80 en función del diámetro.....	67
Tabla 3-6.- Pesos de tubería en función de la longitud.....	67
Tabla 3-7.- Volumen de agua requerido para el contrapeso.....	68
Tabla 3-8.- Dimensiones y pesos perfiles IPE.....	69
Tabla 3-9.- Dimensiones y peso tubería rectangular	69
Tabla 3-10.- Propiedades geométricas de los perfiles.....	91
Tabla 4-1.- Lista de materiales para el elevador.....	112
Tabla 4-2.- Lista de precios de materiales.....	115

Tabla 4-3.- Lista de procesos para la fabricación.	116
Tabla 4-4.- Rendimientos y valores de jornada.	117
Tabla 4-5.-Costo final del elevador desmontable.	131

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. SISTEMAS DE GAS CENTRALIZADO

Los sistemas de gas centralizado se han usado como una alternativa eficiente, rápida y cómoda frente a los cilindros de gas de 15 y 45 Kg, para satisfacer la necesidad de las personas a nivel residencial, comercial e industrial, la gran acogida mostrada por las constructoras en relación a este producto ha generado un crecimiento del negocio a nivel nacional durante los últimos 10 años, debido a que estas priorizan la comodidad de sus usuarios puesto que los sistemas se diseñan con una autonomía que asegura la continua dotación del producto añadiendo un tiempo prudente para que la compañía encargada de la comercialización pueda realizar la carga del tanque de almacenamiento.

Para la dotación de este producto a los distintos puntos de uso se realizan líneas de distribución a lo largo de las edificaciones tomando en cuenta las normativas expuestas en la Norma Técnica Ecuatoriana para instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. (INEN-2260, 2010)

Una vez realizada la instalación de tuberías, equipos y accesorios que hacen viable el funcionamiento del sistema elaborado se hacen las pruebas pertinentes para garantizar la seguridad de sus ocupantes en base a la normativa expuesta en el párrafo anterior.

1.2. NORMATIVAS PARA SISTEMAS DE GAS CENTRALIZADO

Las instalaciones de gases combustibles están regidas bajo la norma INEN 2260:2010, la cual establece los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínimas que deben cumplirse al diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones receptoras de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial; así como las exigencias mínimas de los sitios donde se ubiquen los equipos y artefactos que consumen gases combustibles, las

condiciones técnicas de su conexión, ensayos de comprobación y su puesta en marcha.

Esta norma aplica a las instalaciones receptoras (conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la válvula de acometida, excluida esta, y las válvulas de conexión al aparato incluidas estas) que utilizan gases combustibles suministrados desde tanques, cilindros portátiles, redes de distribución, que corresponden a los diferentes tipos de gases de primera, segunda y tercera familias, cuya presión de servicio máximo sea inferior o igual a 500KPa, esta normativa también se aplica para instalaciones de GLP, líquido en empresas industriales cuya aplicación se utilice en su propio proceso productivo interno.

Se excluye del alcance de esta norma, el montaje de artefactos que estén alimentados por un único cilindro de gas combustible, de contenido unitario igual o inferior a 15 Kg, conectado por una tubería flexible hasta una distancia de 2 m o acoplado directamente.

Para las acometidas, canalizaciones, gasoductos, sistemas de regulación deben cumplir con la NTE INEN 2494. (INEN-2494, 2009)

Para los colores de identificación de tuberías se aplica la NTE INEN440

Para colores, señales y símbolos de seguridad NTE ISO 3864-1

Para los tanques de almacenamientos ASME sección VII, división 1

Para reguladores de presión y otros accesorios UL/NFPA 58/ANSI /ASME B1.20.1

Para accesorios y equipos roscados ANSI/ ASME B1.20.1

Para accesorios soldables ASTM A105-GII / ANSI B16.5-1968

Para soldadura fuerte por capilaridad ANSI/AWS 5.8

Para almacenamiento, red, accesorios, tubería y seguridad ESTANDARES REPSOL GAS.

1.3. MATERIALES USADOS EN TUBERÍAS DE GAS CENTRALIZADO

1.3.1. TUBERÍAS METÁLICAS

Las tuberías deben ser de acero al carbono, acero inoxidable o cobre, cuya composición química no sea afectada por el gas combustible, ni por el medio exterior con el que se encuentre en contacto. Para la conducción del combustible en ningún caso se debe usar utilizar tubería de hierro fundido.

Los tipos de tubería metálica que pueden ser usados en las instalaciones de suministro de gas son:

Tubería de acero al carbono, mínimo cedula 40 según norma ASTM A53 (grado A y B) o ISO 65 (serie Heavy), negro o galvanizada por inmersión en caliente.

Tubería de cobre, rígida o flexible, sin costura según normas ISO 1640 o ASTM B 88 de tipo K o L. (INEN-2260, 2010)



Figura 1-1.- Tubería de acero negro

(Fuente: Dipac, 2016)

1.3.2. TUBERÍAS PLÁSTICAS

Tuberías plásticas de polietileno (PE) de calidad PE 2406 (PE 80) o PE 3408 (PE 100), deben cumplir con lo establecido en la norma ISO 4437 o ASTM D2513. (INEN-2260, 2010)



Figura 1-2.-Tubería de polietileno

(Fuente: Ingeniería hidráulica Nicaragua, 2015)

1.3.3. OTROS TIPOS DE TUBERÍA

Tuberías de polietileno-aluminio-polietileno, PE-AL-PE deben cumplir con la norma AS-4176 o la norma ISO 17484-1. (INEN-2260, 2010)



Figura 1-3.-Tubería PE-AL-PE (Polietileno-aluminio-polietileno)

(Fuente: Ingeniería hidráulica Nicaragua, 2015)

1.4. PROCESO DE MONTAJE TUBERÍA DE CARGA

1.4.1. RECEPCIÓN DE LA TUBERÍA EN EL PROYECTO

La tubería que será montada en la línea de carga es recibida por parte del supervisor encargado del proyecto asegurando el buen estado, calidad, cantidad y especificaciones requeridas en el contrato entre el proveedor y la compañía INCOAYAM para poder empezar el proceso de instalación.

1.4.2. PROCESO DE PINTURA

Después de la recepción de tubería en el lugar de instalación el personal técnico calificado realiza la aplicación de una capa de pintura de esmalte para proteger la tubería de procesos como la oxidación y corrosión ocasionadas debido al clima y otros elementos para de esta manera ampliar su tiempo de vida útil.

1.4.3 ELEVACIÓN DE LA TUBERÍA A LA TERRAZA DEL EDIFICIO

Una vez pintadas se procede a subir las tuberías hasta el nivel requerido mediante sogas atadas a los extremos de las mismas procurando balancear su peso para evitar incidentes, este proceso lo realizan 2 técnicos ayudándose de las barras de sujeción ubicadas en la azotea.

1.4.4 ELABORACIÓN DE JUNTAS

La preparación de las juntas es realizada en la parte superior del edificio, los tipos de juntad usados son roscadas tipo NPT y soldadas mediante un proceso SMAW con un electrodo E6010 de 1/8" en posición 5G.

Dependiendo de la altura del edificio en el cual se vaya a colocar la tubería se planificarán los tramos necesarios para alcanzar la longitud deseada, considerando que cada tubería presenta una longitud de fábrica de 6 metros y teniendo como limitante de unión del tramo la longitud de la azotea en donde se realizaran los trabajos.



Figura 1-4.- Apoyos para soldar tubería en azotea

(Fuente: Propia)

1.4.5. DESCENSO DE LA TUBERÍA

El descenso de la tubería se la realiza mediante sogas utilizando un nudo tipo "serpiente" el cual se adapta a la carga del elemento ajustándose más a medida que el peso incrementa, se ubica un extremo como pivote para que el otro extremo vaya descendiendo poco a poco hasta conseguir la posición vertical deseada.

Se procede de la misma manera con los siguientes tramos de la tubería para que se pueda realizar la soldadura entre tramos por parte del personal calificado hasta alcanzar la longitud total.

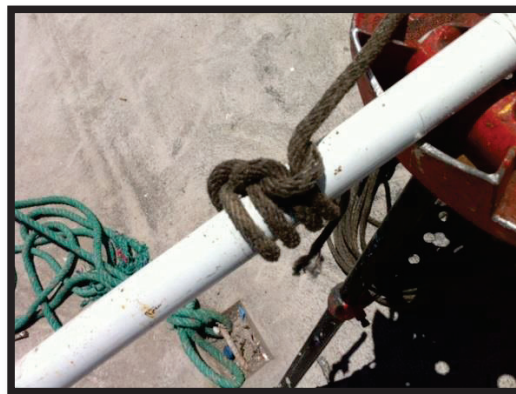


Figura 1-5.- Nudo tipo "serpiente"

(Fuente: Propia)



Figura 1-6.- Posicionamiento de la tubería de carga
(Fuente: Propia)

1.4.6. SOLDADURA DE TUBERÍA NORMAL AL EJE VERTICAL

Una vez conseguida la ubicación de la tubería en la posición correcta, el personal técnico de la empresa procede a colocarse los elementos respectivos para garantizar su seguridad durante el proceso de montaje (Fig. 1.7, Fig. 1.8), se realiza la unión de los tramos mediante el proceso de soldadura tipo SMAW con electrodo E6010 de 1/8" en posición 2G.



Figura 1-7.- Colocación de equipo de seguridad
(Fuente: Propia)



Figura 1-8.- Fijación de la línea de vida
(Fuente: Propia)



Figura 1-9.- Personal técnico en trabajo de altura
(Fuente: Propia)

1.4.7. ANCLAJE DE LA TUBERÍA

Conseguida la longitud deseada a través de la unión de tramos de tuberías por el proceso de soldadura, se procede a realizar el anclaje definitivo de esta en el edificio mediante soportes metálicos asegurados con tornillos de 1" ubicados a una de distancia máxima de 3 m cada uno.



Figura 1-10.- Personal técnico colocando anclajes.

(Fuente: Propia)

1.5. TRABAJO EN ALTURA

De acuerdo a la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional estadounidense (OSHA), el trabajo en altura es todo trabajo que se realice a una altura de 1,80 m por encima o debajo del nivel del piso. Además, se considerará los 1,80 metros que indican normas nacionales como el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393) y el Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas, como la medida mínima que se debe tomar para los procedimientos de seguridad; y también desde 1,80 metros para cualquier tipo de trabajo que se desarrolle bajo nivel del suelo, como son: pozos, ingreso a tanques enterrados, excavaciones de profundidad y situaciones similares. También puede ser considerado como trabajo en altura, todo aquel trabajo que se desarrolle en un lugar donde debajo de este, existan equipos en movimiento, equipos o instalaciones que comprometan el área, pisos abiertos, o algún otro tipo de riesgos; y que obliguen a tomar medidas de índole similar a los de los trabajos en alturas. (Ministerio de Relaciones Laborales, 2013)

1.5.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA EL MONTAJE

Todos los EPP para trabajo de altura deben cumplir con normas técnicas nacionales e internacionales que garanticen el perfecto funcionamiento y la

protección necesaria. Proporcionando el máximo confort y su peso debe ser el mínimo posible manteniendo la eficiencia en su funcionamiento.

Mientras más liviano es el equipo mejor movilidad tendrán los trabajadores para prevenir un accidente y sobre todo no debe restringir los movimientos del trabajador en general. (Ministerio de Relaciones Laborales, 2013)

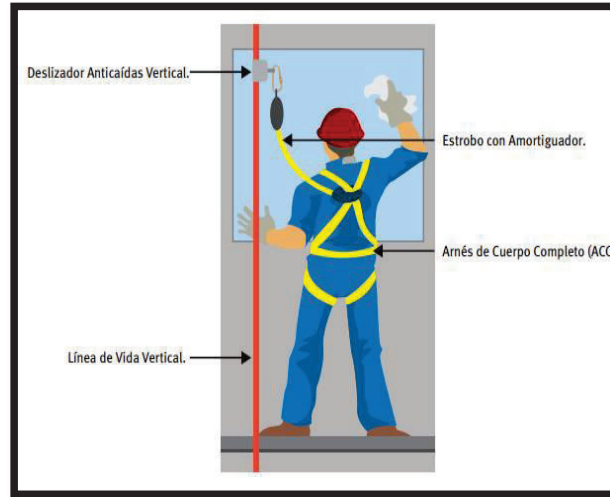


Figura 1-11.- Conjunto de seguridad para trabajo en altura.

(Fuente: ACHS, 2012)

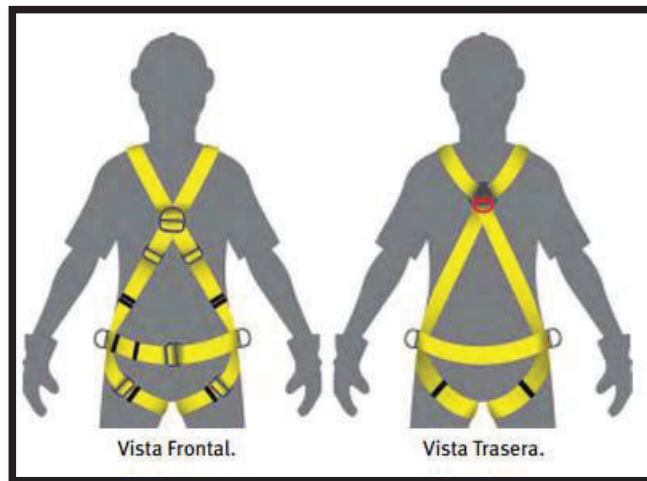


Figura 1-12.- Arnés de cuerpo completo para trabajo en altura.

(Fuente: ACHS, 2012)



Figura 1-13.- Estrobo y amortiguadores para detención de caídas.

(Fuente: ACHS, 2012)

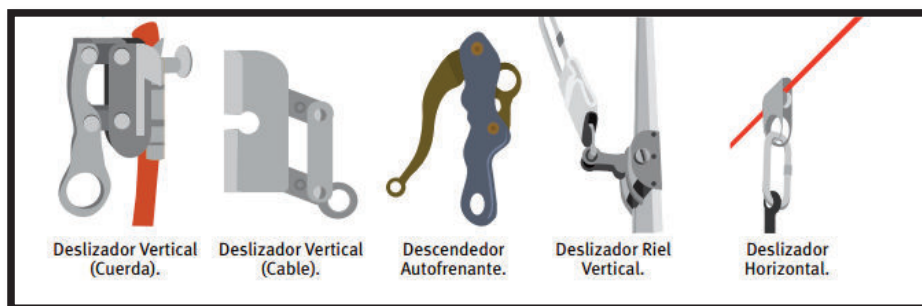


Figura 1-14.- Dispositivo anti caídas deslizables.

(Fuente: ACHS, 2012)

1.6. CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

1.6.1. RIESGO

Se define como la combinación, de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. (ISDR, 2009)

1.6.2. AMENAZA

Es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales. (ISDR, 2009)

1.6.3. EXPOSICIÓN

Es la condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo. (ISDR, 2009)

1.6.4. PELIGRO

Propiedad o actitud intrínseca de “algo” (equipos, métodos, prácticas laborales) que pueda ocasionar daño. (Adolfo, 1988)

1.6.5 INCIDENTE

Es la ocurrencia o manifestación de un evento no deseado que no provoca daño o lesión, también es denominado cuasi-accidente. (Adolfo, 1988)

1.6.6. ACCIDENTE

Todo accidente es una combinación de riesgo físico y error humano, se puede definir también como un hecho en el cual ocurre un evento no deseado que provoca daño o lesión, contaminación, destrucción, pérdidas. (ISDR, 2009)

1.6.7. CONDICIÓN SUBESTANDAR

Condición del lugar o sitio del trabajo por debajo del nivel que podemos considerar normal para q no aparezcan pérdidas, tal que puede generar un incidente o accidente.

1.6.8. ACCIÓN SUBESTANDAR

Acciones que las personas realizan sin tener en cuenta su seguridad o la de las personas a su alrededor, pueden llegar a ser incidentes o accidentes. (ISDR, 2009)

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Como se pudo constatar en la descripción del proceso, el personal técnico de la empresa adopta las medidas de seguridad necesarias para realizar la instalación, sin embargo, nunca se encuentra exento de tener algún tipo de accidente debido a la naturaleza del trabajo que se realiza, la posibilidad de generar una condición subestándar y una acción subestándar es realmente elevada.

Por tal motivo se busca generar una alternativa para evitar dichas acciones y condiciones implementando un dispositivo mecánico tal que facilite, estandarice y acelere el proceso de montaje de la tubería priorizando la seguridad ocupacional.

2.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se denomina estructura metálica a un conjunto de elementos unidos entre sí que forman un cuerpo, destinadas a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre el mismo. Las estructuras metálicas son aquellas en las que la mayor parte de elementos constitutivos (85%) son de metal, generalmente acero.

Las estructuras metálicas se utilizan ampliamente en los sectores inmobiliario e industrial debido a sus excelentes características de resistencia, costo y facilidades de construcción, este tipo de conjuntos deben poseer características específicas de tal manera que cumplan con los requerimientos para los cuales fueron diseñadas. Las características básicas que deben satisfacer las estructuras son:

2.2.1. RESISTENCIA

Es la capacidad de una estructura, de sus partes y elementos de contrarrestar una carga determinada sin descomponerse. (Pisarenko, 1985)

2.2.2. RIGIDEZ

Es la propiedad de una estructura o de sus elementos de oponerse a las cargas exteriores en lo que se refiere a deformaciones. Las deformaciones no deben exceder cuando las cargas son determinadas de acuerdo a ciertos valores fijados correspondientes a las exigencias de la estructura. (Pisarenko, 1985)

2.2.3. ESTABILIDAD

Capacidad de una estructura o de sus elementos de conservar una forma inicial determinada de equilibrio elástico. (Pisarenko, 1985)

2.3. TIPOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

2.3.1. ESTRUCTURAS TIPO CASCARÓN

Aquellas en las que los elementos estructurales principales son del tipo planar, donde dos de sus tres dimensiones son mucho mayores que la tercera, es decir que el largo y el ancho son mucho mayores que el espesor. Estas estructuras son capaces de transmitir sus cargas en más de dos direcciones hacia los apoyos, así mismo el cascaron debe satisfacer que los esfuerzos cortantes perpendiculares a la superficie media del cascaron sean despreciables.



Figura 2-1.- Silo de almacenamiento.

(Fuente: Talleres E. Tolosa Davia, 2010)



Figura 2-2.- Sección del fuselaje del avión CSeries.

(Fuente: AVION REVUE, 2009)

2.3.2. ESTRUCTURAS RETICULARES

Son un tipo de estructuras formadas por una serie de vigas entrecruzadas y conectadas entre sí por medio de nudos rígidos, encargados de transmitir las cargas aplicadas en dos direcciones.

En este tipo de estructuras los elementos principales son del tipo lineal, donde el largo es superior al espesor y ancho.



Figura 2-3.- Estructura reticular edificio.

(Fuente: SOLIMEF, 2010)



Figura 2-4.- Pirámide de Louvre-París.

(Fuente: Wikipedia, 2014)

2.4. MIEMBROS ESTRUCTURALES

2.4.1. VIGAS

“Se denomina de esta manera a un cuerpo que posee una dimensión (longitud) mucho mayor que las otras dos dimensiones transversales” (Pisarenko, 1985), se considera que las vigas poseen área de sección transversal constante, estos miembros son diseñados para soportar cargas perpendiculares a su eje longitudinal de tal manera que trabajan a condiciones de flexión, éstos transmiten los esfuerzos a las columnas o a otras vigas dependiendo la disposición del elemento, generalmente se ubican de manera horizontal.

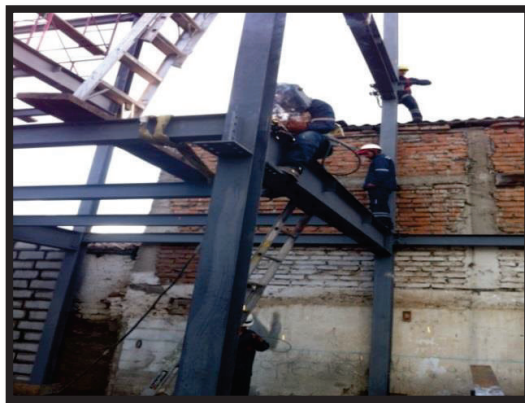


Figura 2-5.- Viga en estructura metálica Cayambe-Ecuador.

(Fuente: Propia)

2.4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS VIGAS

Comúnmente estas se clasifican con respecto a cómo se encuentran soportadas. Partiendo de esto las vigas se pueden clasificar en:

2.4.1.1.1. VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

Es aquella que posee una articulación en un extremo y está soportada por un rodillo en el otro.

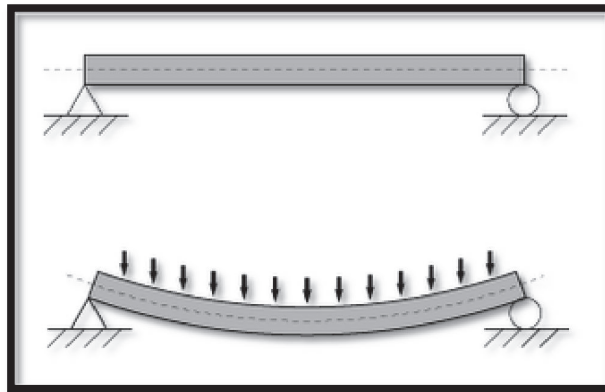


Figura 2-6.- Viga simplemente apoyada.

(Fuente: Starchevich, 2010)

2.4.1.1.2. VIGA EMPOTRADA

Es aquella que posee un extremo fijo o empotrado y un extremo libre.

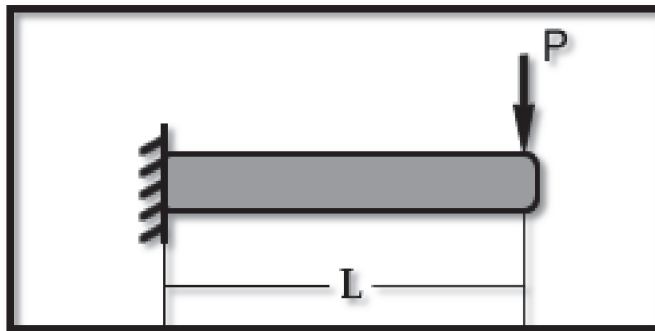


Figura 2-7.- Viga empotrada.

(Fuente: Starchevich, 2010)

2.4.1.1.3. VIGA EN VOLADIZO

Es aquella en la cual una o ambos extremos de la viga sobresalen de los apoyos.

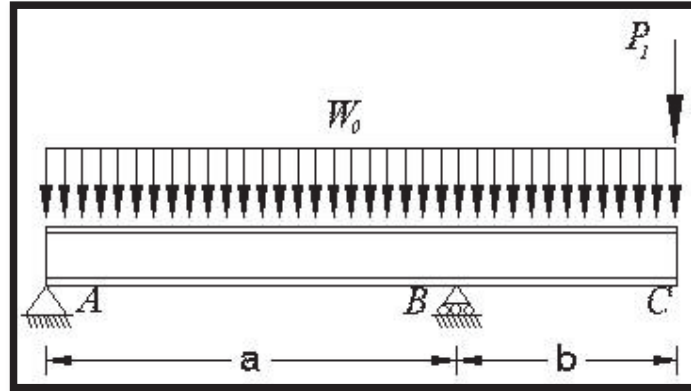


Figura 2-8.- Viga en voladizo.

(Fuente: Wikipedia, 2011)

2.4.1.1.4. VIGA CONTINUA

Se llaman continuas a las vigas que descansan sobre más de dos apoyos (Fig.2.9.), el número de vínculos superfluos en una viga continua y, por consiguiente reacciones superfluas es igual al número de apoyos intermedios. En este caso el grado de hiperestaticidad aumenta en uno. (Pisarenko, 1985)

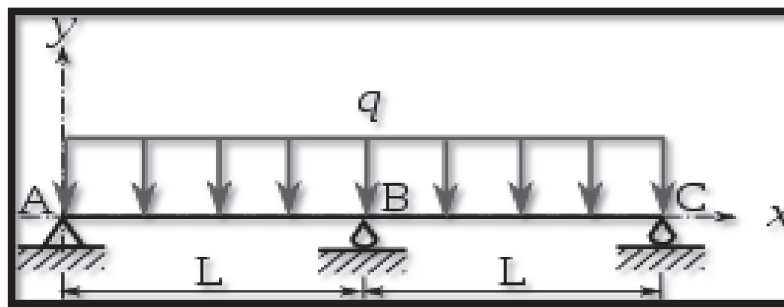


Figura 2-9.- Viga continua.

(Fuente: Wikipedia, 2011)

2.4.2. COLUMNAS

Son elementos estructurales generalmente posicionados de manera vertical, son los encargados de sostener las cargas de la edificación y transmitirlos hacia las cimentaciones. Estos miembros están sometidos principalmente a compresión y también a flexión, poseen una gran importancia dentro del conjunto y sus propiedades de resistencia pueden variar considerablemente dependiendo de su geometría.

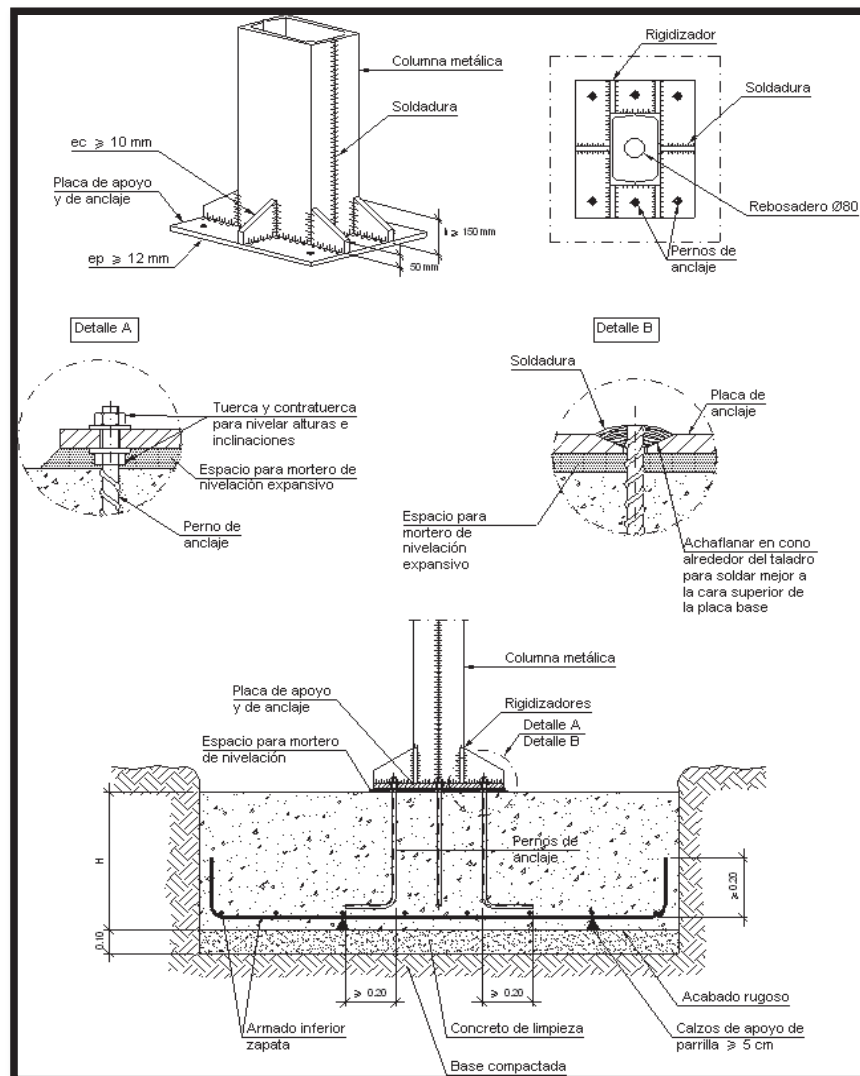


Figura 2-10.- Detalle de columna y cimentación.

(Fuente: CYPE Ingenieros, 2011)

2.4.2.1.1. **ESBELTEZ**

La esbeltez se puede definir como la relación entre la rigidez de la sección transversal de un elemento y su longitud total, es decir que la esbeltez va relacionada directamente con la geometría. Esta relación en lugar de la longitud al de la columna, se usará para clasificar las columnas de acuerdo a las categorías de longitud. (Shigley & Mischke, 2002)

2.4.2.1.2. **CLASIFICACIÓN DE LAS COLUMNAS EN FUNCIÓN DE SU LONGITUD**

Con esta clasificación de las columnas es posible desarrollar métodos de análisis y diseño específico para cada categoría. (Shigley & Mischke, 2002)

Además de reflejar si selecciono o no la categoría adecuada para un problema particular, tal clasificación queda definida por:

- Columnas largas con carga central
- Columnas de longitud intermedia con carga central
- Columnas con carga excéntrica
- Puntales o columnas cortas con carga excéntrica

2.4.2.1.3. **TIPOS DE FALLA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE COLUMNA**

Se ha enfatizado mucho en la importancia que tiene la geometría de las columnas en relación a las fallas que estas pueden presentar, puesto que una columna tiende a pandearse respecto al eje para el cual el radio de giro y el momento de inercia son mínimos, por lo tanto para una columna larga el fallo se dará por pandeo (Fig.2.11), si la columna es corta puede presentar falla por aplastamiento y si la columna presenta una longitud intermedia el fallo puede ser una combinación entre pandeo y aplastamiento.

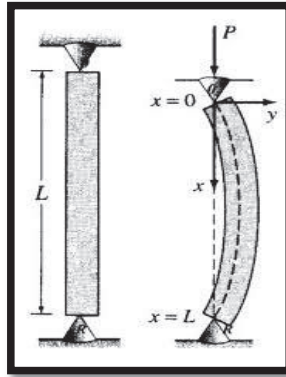


Figura 2-11.- Falla por pandeo en una columna larga.

(Fuente: Universidad Politécnica de Madrid, 2015)

2.4.3. CABLES

Son elementos flexibles que debido a sus dimensiones transversales pequeñas en función de su longitud trabajan solo a tensión por lo que se dice que es un tensor puro. La carga de tensión se divide por igual entre los hilos del cable permitiendo que cada hilo quede sometido a la misma tensión admisible. Los cables son más flexibles cuanto mayor sea la cantidad de alambres que tiene, por tal motivo se puede realizar una clasificación dependiendo este factor en: Cables Flexibles, cables semiflexibles, cables semirrígidos, cables rígidos. Los tres componentes constitutivos de los cables de acero son: Alambre, Torón y el alma del cable la cual puede ser de fibra o de acero.

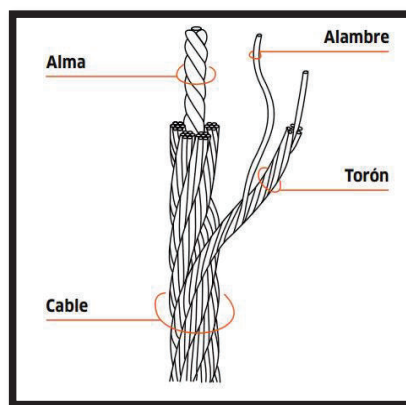


Figura 2-12.- Cable de acero

(Fuente: Secretaria de Gobernación, 2013)

2.4.3.1. ALAMBRE

El alambre es la unidad básica de este elemento, estos se fabrican mediante un proceso de trefilado para obtener el producto final con las medidas deseadas pudiendo estas variar entre 0.19mm hasta 5mm de sección transversal circular dependiendo del fabricante, las propiedades del alambre dependen básicamente de su composición química, microestructura, nivel de inclusiones, tamaño de grano, segregaciones y condiciones del proceso. Todos los alambres deben cumplir con cualquiera de las siguientes normas internacionales: ASTM A 1007, JIS G 3525, API Standard 9A, ISO 2232.

Los alambres se enrollan helicoidalmente alrededor de otro cuerpo en una o más capas de tal manera que se forma otro cuerpo de dimensiones mayores llamado torón (Fig. 2.13).

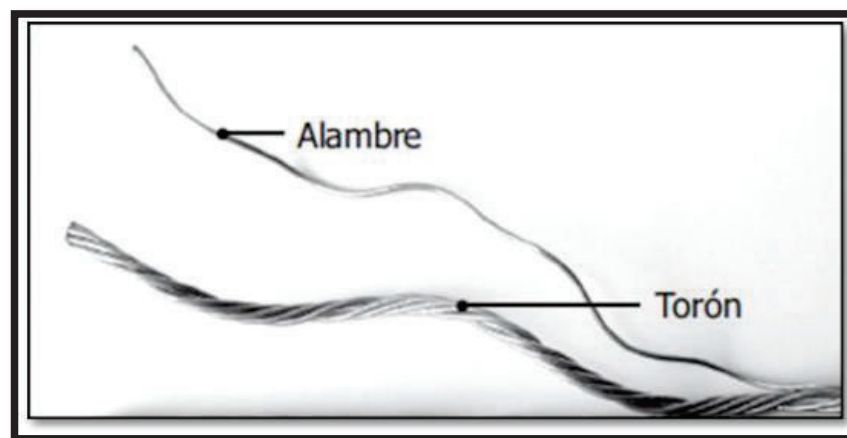


Figura 2-13.- Constitución de los torones de acero.

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.2. TORONES

Las características como resistencia a la abrasión y resistencia a la fatiga, están directamente afectadas por el diseño de los torones. Como regla general, un cable que tiene torones hechos con poca cantidad de alambres, va a ser más resistente a la abrasión y menos resistente a la fatiga, en cambio un cable del mismo diámetro, pero construido con muchos torones y este a su vez con muchos

alambres pequeños será menos resistente a la abrasión, pero más resistente a la fatiga. Todos los torones del mismo tamaño, grado y alma poseen la misma resistencia a la ruptura y peso por metro.

Los torones pueden ser de los siguientes tipos:

2.4.3.2.1. Torón común de capa simple

El ejemplo más común de construcción de capa simple es el de siete alambres. Tiene un alambre central y seis alambres del mismo diámetro enrollados helicoidalmente. La composición más común es $1+6=7$. (Fig.2.14)

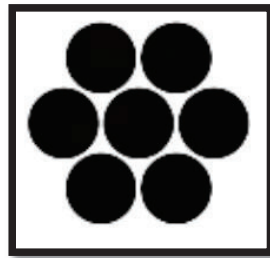


Figura 2-14.- Sección transversal torón de capa simple de 7 alambres

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.2.2. Torón Seale

Es aquel en que su última capa presenta alambres de gran diámetro y por tal razón posee una resistencia a la abrasión elevada. La configuración más común es $1+9+9=19$.

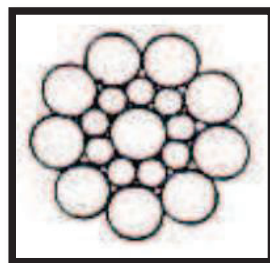


Figura 2-15.- Sección transversal torón Seale 19 alambres

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.2.3. *Torón Filler*

Su principal diferencia es poseer entre 2 capas de alambres otros hilos más finos rellenando los espacios existentes entre las mismas. Este tipo de torón se utiliza cuando se requieren cables de mayor sección y con una buena resistencia al aplastamiento. La composición más común es: $1+6/6+12=25$.

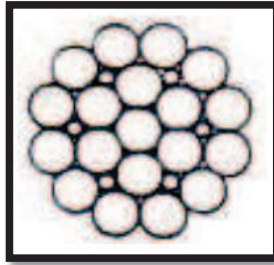


Figura 2-16.- Sección transversal torón tipo filler 25 alambres.

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.2.4. *Torón Warrington*

Su característica principal es que su capa exterior está formada por alambres de diámetros diferentes, alternando su colocación dentro de la corona. El tipo más común es: $1+6+6/6=19$.

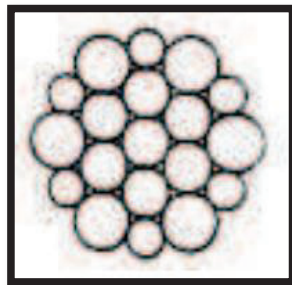


Figura 2-17.- Sección transversal torón tipo Warrington 19 alambres.

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.2.5. *Torón Warrington Seale*

Es la combinación de los últimos dos tipos enunciados, de tal manera que los hilos finos entre capas aportan mayor resistencia al aplastamiento y flexibilidad,

mientras que los hilos exteriores gruesos brindan una alta resistencia a la abrasión. La combinación más usual es: $1+7+7/7+14=36$

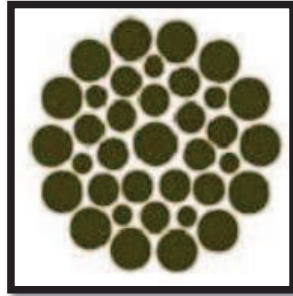


Figura 2-18.- Sección transversal torón tipo Warrington-Seale 36 alambres.

(Fuente: Emcocables, 2016)

2.4.3.3. ALMAS DE LOS CABLES

Su principal propósito es dotar de apoyo a los torones de tal manera que el cable se mantenga redondo y los torones correctamente ubicados durante la operación. La elección del tipo correcto de alma es crucial puesto que el rendimiento de nuestro elemento depende de esto, las almas más comunes son de fibra y de acero.

Existen 2 tipos de almas de fibra:

1. Almas de fibra sintéticas (polipropileno). (Fig. 2.19)
2. Almas de fibras naturales (sisal).

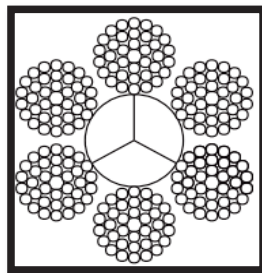


Figura 2-19.- Sección transversal de un cable con alma de fibra sintética.

(Fuente: Emcocables, 2016)

Cuando este tipo de alma es lubricada correctamente durante el proceso de fabricación, esta puede aportar al cable protección contra el ataque de agentes corrosivos y una lubricación adecuada para evitar el desgaste ocasionado por el rozamiento interno.

Cuando se generan grandes presiones durante la operación, es conveniente seleccionar un alma metálica para evitar las deformaciones por aplastamiento así como también cuando este elemento trabaja a elevadas temperaturas puesto que un alma de fibra sintética puede presentar deterioros y perder sus propiedades iniciales.

Existen 2 tipos de almas de acero:

1. Almas de acero de un cordón.
2. Almas de acero de cable independiente. (Fig. 2.20)

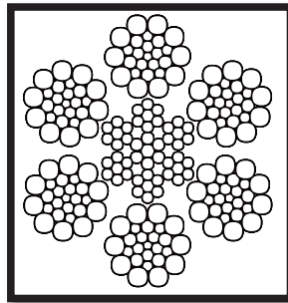


Figura 2-20.- Sección transversal de un cable con alma de acero.

(Fuente: Emcocables, 2016)

El alma de un cordón de acero es solamente usada en cables con un diámetro máximo de hasta 6 mm y en cables antigiratorios, el alma de acero de cable independiente como la mostrada en la figura 2.20, es literalmente un cable independiente que funciona como alma del cable principal. La mayoría de los cables denominados “con alma de acero” presentan esta configuración.



Figura 2-21.- Proceso de fabricación de un cable con alma de acero.

(Fuente: DEACERO, 2013)

2.4.3.4. NOMENCLATURA DE LOS CABLES DE ACERO

Los cables de acero se identifican mediante una nomenclatura que denota:

- La cantidad de torones.
- La cantidad exacta (nominal) de alambres en cada torón.
- Una letra o palabra descriptiva mostrando su tipo de construcción.
- Una designación de alma cualitativa o cuantitativa.

Como ejemplo ilustrativo tenemos la sección transversal del cable en la figura mostrada a continuación (Fig. 2.22) de manera que la designación quedaría de la siguiente forma:

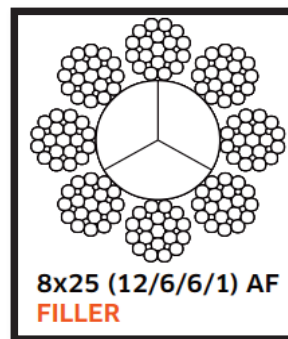


Figura 2-22.- Ejemplo de designación de cables.

(Fuente: DEACERO, 2013)

Dónde:

- El número (8) representa la cantidad de torones de los que está conformado el cable.
- El número (25) representa la cantidad de alambres usados para conformar el torón.
- La palabra (Filler) es el tipo del torón.
- Las letras (AF) representan el tipo de alma que presenta el cable, en este caso Alma de fibra.

2.4.4. ARRIOSTRAMIENTOS

Estos elementos se han considerado generalmente como secundarios dentro de las estructuras, sin embargo, no es conveniente prescindir de ellos para que el comportamiento del conjunto estructural sea el adecuado.

Además de los arriostramientos transversales usados en las vigas para reducir las longitudes del pandeo lateral, su principal función en los edificios industriales, es absorber los empujes longitudinales provocados por el viento debido a su presión sobre las paredes.



Figura 2-23.- Arriostramientos ubicados en el conjunto.

(Fuente: Propia, 2012)

2.5. FUERZA Y ESFUERZO

Se considera importante definir fuerza y esfuerzo para una correcta comprensión de los términos empleados en el actual trabajo.

2.5.1. FUERZA

Se denomina fuerza a la acción de un cuerpo ejercida sobre otro, de tal manera que el objeto tiende a ser desplazado en la dirección sobre la cual actúa dicha fuerza. Las fuerzas se caracterizan por su módulo, dirección y sentido puesto que son magnitudes vectoriales.

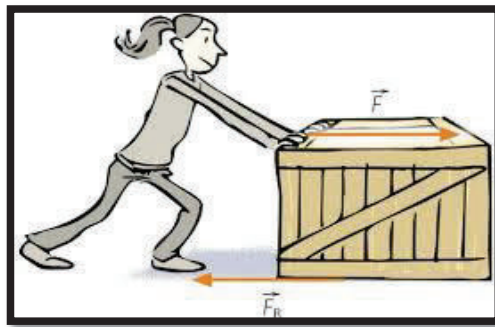


Figura 2-24.- Fuerzas ejercidas sobre la caja.

(Fuente: Propia)

2.5.2. ESFUERZO

Se puede definir como esfuerzo a la oposición que presenta el área unitaria de un elemento del material del cual está hecho un elemento a una fuerza externa aplicada sobre este.

Es importante considerar al esfuerzo a nivel de un punto, debido a que este puede variar en función del tipo de sollicitación, un claro ejemplo es un elemento sometido a flexión, simplemente apoyado, en el cual se aplica una fuerza en el punto medio y los esfuerzos se incrementaran a medida que se acerquen a este, por tal motivo el esfuerzo generado en cada punto será diferente; no así con una condición de tracción en el cual la fuerza aplicada se reparte uniformemente en la

totalidad de la sección transversal del miembro. Los tipos de esfuerzos están mostrados en la figura (Fig. 2.25)

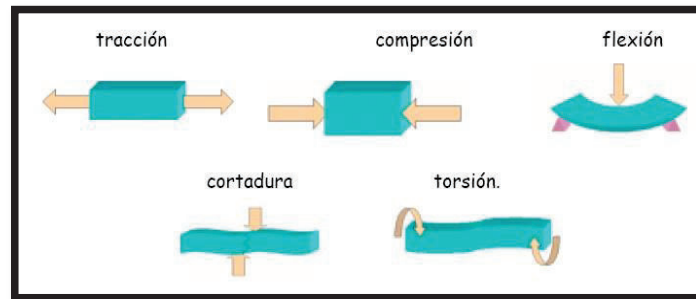


Figura 2-25.- Tipos de esfuerzos.

(Fuente: Montañez, 2014)

2.5.2.1. TRACCIÓN

El esfuerzo de tracción es aquel generado por dos fuerzas que actúan en sentido opuesto a través del mismo eje en dirección normal a la sección transversal del elemento al cual se le está aplicando dicha fuerza y tienden a estirarlo.

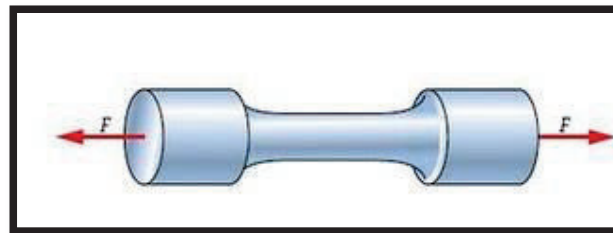


Figura 2-26.- Probeta sometida a un ensayo de tracción.

(Fuente: Flores, 2015)

2.5.2.2.COMPRESIÓN

El esfuerzo de compresión es aquel generado por dos fuerzas que actúan en sentido opuesto a través del mismo eje en dirección normal a la sección transversal del elemento al cual se le está aplicando dicha fuerza y tienden a aplastarlo.



Figura 2-27.- Cilindro soportando esfuerzos de compresión.

(Fuente: Flores, 2015)

2.5.3. FLEXIÓN

Al aplicar una fuerza con una dirección diferente al eje longitudinal del elemento, generamos un esfuerzo de flexión a través de la componente perpendicular a dicho eje de tal manera que se crea un momento flector y este provoca que la superficie superior del miembro se doble hacia abajo, debido a la curvatura, la sección superior al eje neutro de nuestro elemento queda sometida a un esfuerzo de compresión y la parte inferior a tracción tal como se muestra en la Figura 2.27

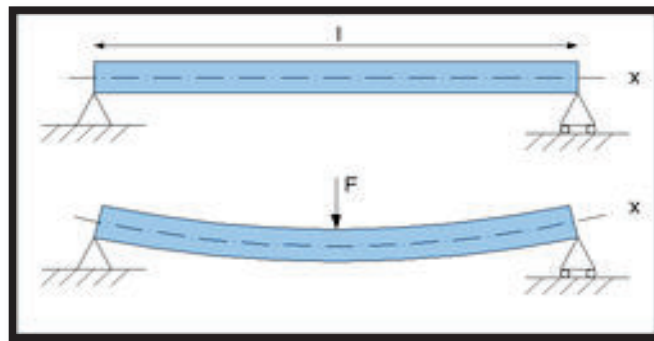


Figura 2-28.- Elemento sometido a esfuerzos de flexión.

(Fuente: Todo Ingeniería Industrial, 2012)

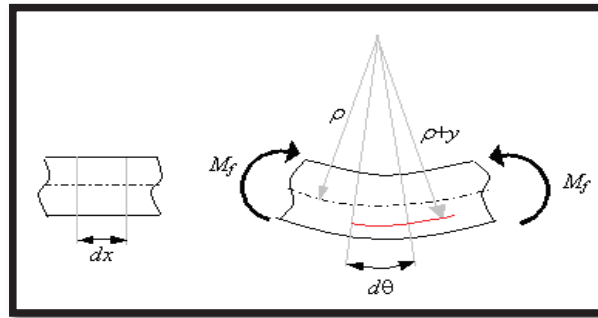


Figura 2-29.- Diferencial del elemento sometido a esfuerzos de flexión.

(Fuente: Todo Ingeniería Industrial, 2012)

2.5.4. CORTE

La consideración principal para definir un esfuerzo de corte, es que las fuerzas actuantes sobre el elemento, presenten diferentes direcciones y opuestas entre sí, es decir que para que se genere un efecto de tales características siempre debe existir una distancia entre la una fuerza y la otra.

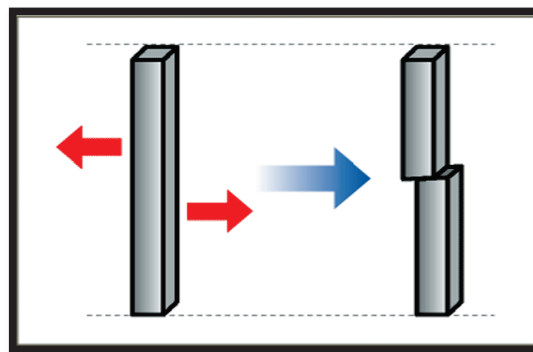


Figura 2-30.- Elemento sometido a esfuerzos de corte.

(Fuente: Todo Ingeniería Industrial, 2012)

2.5.5. TORSIÓN

En el estado en donde se generan esfuerzos de torsión es caracterizado por la presencia en la barra del momento torsional, es decir, el momento que actúa en el plano de la sección transversal de la barra.

Se ha establecido experimentalmente que cuando un elemento está sujeto a la acción de dos momentos torsionales opuestos aplicados a sus extremos, este ha de experimentar torcedura, es decir que unas secciones del eje han de girar con respecto a otras, mientras que la longitud se mantiene invariable. Observando la figura 2.28 se puede apreciar que cuando mayor sea la longitud y el momento torsional, mayor será el ángulo de giro.

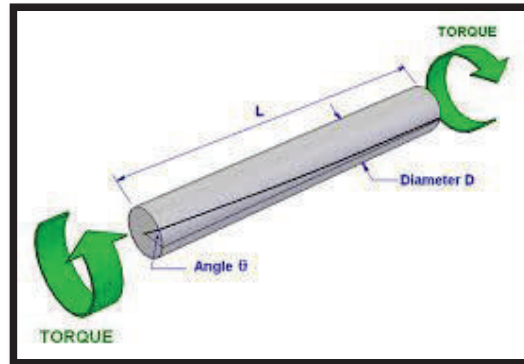


Figura 2-31.- Elemento sometido a esfuerzos de torsión

(Fuente: Todo Ingeniería Industrial, 2012)

2.6. CARGAS

Se da el nombre de cargas a las fuerzas de interacción entre el elemento examinado de la estructura y los elementos relacionados con este, si las fuerzas exteriores son el resultado de una interacción directa, por contacto de dicho cuerpo con otros cuerpos, entonces estas están aplicadas solamente a los puntos de la superficie del cuerpo en el lugar de contacto y se denomina fuerzas superficiales. Estas pueden estar distribuidas continuamente sobre toda la superficie del elemento o solo a una parte de este, la carga distribuida sobre la superficie (Fig.2.29 a) y reducida al plano principal de trabajo (Fig.2.29 b) se llama carga lineal. La resultante de la carga distribuida es igual numéricamente al área del diagrama y esta aplicada en su centro de gravedad, si la carga está distribuida sobre una pequeña superficie del cuerpo, siempre se sustituye por la fuerza resultante llamada fuerza puntual.

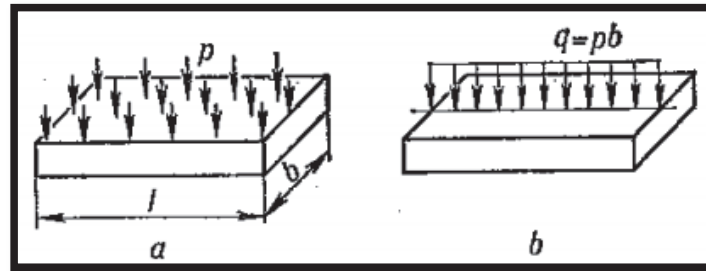


Figura 2-32.- Presión ejercida sobre un elemento.

(Fuente: Pisarenko, 1985)

Las fuerzas que no son el resultado del contacto de dos cuerpos, si no aplicadas a cada punto del volumen ocupado por el cuerpo (peso muerto, fuerzas de inercia) se llaman fuerzas volumétricas o de masa.

Según el carácter de aplicación de las fuerzas en función del tiempo, se distinguen las cargas estáticas y las cargas dinámicas. La carga se considera estática si crece relativamente lenta y suavemente desde cero hasta su valor final, y luego se mantiene constante. Bajo esta condición se puede prescindir de las aceleraciones de las masas deformadas y, por consiguiente, de las fuerzas de inercia.

Las cargas dinámicas van acompañadas de aceleraciones considerables, tanto del cuerpo deformado como de los cuerpos que interactúan con él, en este caso ya no se pueden prescindir de las fuerzas de inercia que aparecen. Las cargas dinámicas a su vez se pueden dividir en: aplicadas momentáneamente, de impacto y cíclicas. (Pisarenko, 1985)

Las cargas aplicadas momentáneamente crecen desde cero hasta valor máximo en fracciones de segundo.

Las cargas de impacto consisten en que el cuerpo que provoca dicha carga posee cierta cantidad de energía cinética en el momento de su aplicación.

Las cargas cíclicas se caracterizan por su periodicidad continua, claros ejemplos de miembros sometidos a estas cargas son los árboles, ejes de vagones ferroviarios y elementos oscilatorios.

2.7. MATERIALES USADOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

De acuerdo a la aplicación y requerimientos del conjunto es muy importante seleccionar el correcto material del que estará conformado en función de sus características, físicas y químicas para que pueda satisfacer las necesidades de diseño sin que se presenten deformaciones o variación de sus propiedades durante su operación.

A través de la historia las construcciones y equipos usados han sido sometidos a condiciones cada vez más exigentes por lo cual las propiedades de los materiales de los elementos constitutivos de estas han debido mejorar a la par, actualmente existe una gama muy extensa de la cual podemos elegir dependiendo los parámetros de diseño, en este trabajo en particular se ha considerado pertinente la ampliación de las propiedades de materiales como el acero, aluminio y titanio debido a la cantidad de usos industriales que estos presentan.

2.7.1. ACERO

El término acero se usa para definir la aleación del hierro-carbono, de tal manera que este último contribuya con el incremento de las propiedades mecánicas del hierro. Se considera acero a la aleación Fe-C desde un porcentaje de 0.008% C hasta el 2.1%C, al superar esta cantidad de carbono se conocen como fundiciones con un punto máximo de concentración de 6.67%C en el cual se tiene cementita, con el incremento gradual del carbono en la aleación se consigue una dureza mayor sin embargo el material se torna más frágil, algo desfavorable teniendo en cuenta que la característica principal del acero estructural es la ductilidad, es decir el porcentaje de deformación máxima que puede sufrir un material hasta antes de su fractura, cuando se trabaja con el acero siempre es conveniente trabajar con un valor de esfuerzo inferior a su esfuerzo de fluencia y dentro su zona elástica, de manera que al dejar de aplicar las cargas externas este vuelva a su condicional inicial sin presentar una deformación permanente.

Debido a que las propiedades mecánicas del acero dependen del porcentaje de carbono y los elementos presentes en la aleación, es conveniente elegir un tipo de acero comercial particular de manera que sus propiedades estén definidas,

para este caso específico seleccionaremos los aceros ASTM A36, ASTM A588 y ASTM A572 grado 50.

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO ASTM A36	
Resistencia a la tracción	58-80 KSI
Mínimo punto de fluencia	36 KSI
% Elongación	20-23
% de Carbono	0.25-0.29

Tabla 2-1.- Propiedades mecánicas ASTM A36.

(Fuente: Metaza, 2013)

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO ASTM A588	
Resistencia a la tracción	70 KSI
Mínimo punto de fluencia	50 KSI
% Elongación	18-21
% de Carbono	0.17-0.19

Tabla 2-2.- Propiedades mecánicas ASTM A588

(Fuente: Metaza, 2013)

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO ASTM A572 grado 50	
Resistencia a la tracción	60 KSI
Mínimo punto de fluencia	50 KSI
% Elongación	18-21
% de Carbono	0.21-0.26

Tabla 2-3.- Propiedades mecánicas ASTM A572

(Fuente: Metaza, 2013)

Es conveniente recalcar que sus propiedades físicas son muy parecidas a las del hierro y varían en un pequeño margen de acuerdo a los elementos presentes.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL HIERRO	
Símbolo químico	Fe
Número atómico	26
Grupo	8
Periodo	4
Aspecto	Metálico brillante
Bloque	d
Densidad	7874 Kg/m ³
Masa atómica	55.845 u
Radio medio	140 pm
Radio covalente	126 pm
Configuración electrónica	[Ar]3d ⁶ 4s ²
Estructura cristalina	BCC
Estado	Sólido
Punto de fusión	1808 K
Punto de ebullición	3023 K
Calor de fusión	13.8 KJ/mol
Presión de vapor	7.05 Pa @ 1808 K
Volumen molar	--
Electronegatividad	1.83
Calor específico	440 J/(K.Kg)
Conductividad eléctrica	9.93 x 10 ⁶ S/m
Conductividad térmica	80.2 W/(K.m)

Tabla 2-4.- Propiedades físicas del hierro.

(Fuente: elementos.org.es, 2013)

2.7.2. ALUMINIO

Este es el elemento metálico más abundante en la tierra, su principal característica es la ligereza que este presenta adicionando su buen comportamiento en cuanto resistencia mecánica se refiere. El aluminio puro prácticamente no tiene aplicación, debido a que se trata de un material con poca resistencia mecánica y blando, sin embargo, al formar aleaciones con otros elementos permite aumentar su resistencia y conseguir otras características

dependiendo de la naturaleza de los aleante usados. Los elementos más usados para conseguir aleaciones son el cobre, el silicio, el magnesio, el zinc y manganeso. De acuerdo a la *Aluminum Association* el aluminio se designa con un número de 4 dígitos (YXXX), tal que el primer dígito (Y) indica el tipo de aleación de acuerdo con el elemento aleante principal según la siguiente tabla:

COMPONENTE PRINCIPAL	# GRUPO DE ALEACIÓN
Aluminio sin alear 99%	1
Cu	2
Mn	3
Si	4
Mg	5
Mg, Si	6
Zn	7
Otros	8

Tabla 2-5.- Designación componente principal del aluminio

(Fuente: elementos.org.es, 2013)

Las propiedades físicas del aluminio se muestran en la siguiente tabla, dichas propiedades son del aluminio en estado puro.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALUMINIO	
Símbolo químico	Al
Numero atómico	13
Grupo	13
Periodo	3
Aspecto	Plateado
Bloque	p
Densidad	2698.4 Kg/m ³
Masa atómica	26.9815 U
Radio medio	125 pm
Radio covalente	118 pm
Configuración electrónica	[Ne]3s ² 3p ¹

Estructura cristalina	FCC
Estado	Solido
Punto de fusión	933.47 K
Punto de ebullición	2792 K
Calor de fusión	10.79 KJ/mol
Presión de vapor	2.42×10^{-6} Pa@577K
Volumen molar	10×10^{-6} m ³ /mol
Electronegatividad	1.61
Calor específico	900 J/(K.Kg)
Conductividad eléctrica	37.7×10^6 S/m
Conductividad térmica	237 W/(K.m)

Tabla 2-6.- Propiedades físicas del aluminio

(Fuente: elementos.org.es, 2013)

Las características mecánicas de este elemento varían considerablemente dependiendo del tipo de aleación y el aleante presente, tal como se indica en la tabla 2.7.

ALEACION	CARGA DE ROTURA (KSI)	LIMITE ELASTICO (KSI)	DUREZA BRINELL
7075-T7	63.80	52.20	140
7075-T6	68.15	58.00	130
2024-T6	18.13	45.68	125
7020-T6	50.75	42.05	120
2024-T3	58.00	39.15	120
2007-T3	49.30	31.90	115
2014-T4	62.35	39.88	110
2007-T4	47.85	30.45	110
2017-T4	55.10	37.70	105
2011-T3	55.10	42.78	100
6061-T6	21.75	15.95	95
6062-T6	42.78	36.25	95
2030-T4	47.85	30.45	95
6060-T6	27.55	21.75	85

5052-H34	28.28	13.05	70
5083-0/H111	39.15	15.95	70
5086-0/H111	34.80	13.78	65
6063-T5	25.38	18.85	60
5154-0/H111	31.18	12.33	55
5754-0/H111	27.55	11.60	55
5251-0/H111	23.20	8.70	45
1200-H13	18.13	21.75	45
3003-H14	18.85	15.95	45
5005-H24	21.03	15.95	45
1050-H18	23.93	21.75	43

Tabla 2-7.- Propiedades mecánicas del aluminio.

(Fuente: Ingemecánica, 2014)

2.7.3. TITANIO

Este elemento es un metal de transición de color gris plata el cual posee numerosas aplicaciones técnicas debido a su alta resistencia a la corrosión, gran resistencia mecánica, puntos de fusión y ebullición elevados así como su excelente capacidad de conducir electricidad y calor, es más ligero que el acero en una relación (4.5/7.8) haciéndolo más conveniente en aquellos usos en donde se necesite menor peso, sin embargo es mucho más costoso que el mismo lo cual limita sus usos industriales. Se usa principalmente en áreas aeroespaciales, para los intercambiadores de calor en las plantas de desalinización, implantes dentales y reemplazos articulares. Las características físicas de este elemento están mostradas en la tabla 2.8.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL TITANIO	
SÍMBOLO QUIMICO	Ti
NÚMERO ATOMICO	22
GRUPO	4
PERIODO	4
ASPECTO	Plateado

BLOQUE	d
DENSIDAD	4507 Kg/m ³
MAS ATOMICA	47.867 U
RADIO MEDIO	140 pm
RADIO COVALENTE	176 pm
CONFIGURACION ELECTRONICA	[Ar]3d ² 4s ²
ESTRUCTURA CRISTALINA	HCP
ESTADO	Solido
PUNTO DE FUSION	1941 k
PUNTO DE EBULLICION	3560 k
CALOR DE FUSION	15.45 KJ/mol
PRESION DE VAPOR	0.49 Pa @ 1933K
VOLUMEN MOLAR	--
ELECTRONEGATIVIDAD	1.54
CALOR ESPECIFICO	520 J/(K.Kg)
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	2.38 x 10 ⁶ S/m
CONDUCTIVIDAD TERMICA	21.9 W/(K.m)

Tabla 2-8.- Propiedades físicas del titanio.

(Fuente: elementos.org.es, 2013)

2.8. DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES BAJO NORMA AISC 360-10

Según la norma mencionada, el diseño de miembros y conexiones debe ser consistente con el comportamiento que se espera tenga el sistema estructural y las hipótesis elaboradas durante el análisis. (American Institute of Steel Construction, 2010)

2.8.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA

Deben ser especificadas por el código de construcción aplicable, en ausencia de un código de construcción, las cargas y combinaciones estarán definidas por las ASCE/SEI 7, para el uso de esta norma en base a (LRFD) se usará la sección 2.3

y en base a (ASD) se usará la sección 2.4. (American Institute of Steel Construction, 2010)

2.8.2. BASE DE DISEÑO

El diseño se lo realizara de acuerdo con las disposiciones del método Diseño en Base a Factores de carga y resistencia o a las disposiciones del método en Base a Resistencias Admisibles.

2.8.2.1. RESISTENCIA REQUERIDA

Será determinada mediante un análisis estructural para las combinaciones de carga apropiadas definidas en base al punto 2.8.1.

Se aceptará el diseño mediante análisis elástico, inelástico o plástico.

2.8.2.2. ESTADOS LÍMITES

Cuando la estructura es sometida a las combinaciones de cargas apropiadas, ningún estado límite aplicable, resistente o de servicio será excedido.

Los estados límites para conexiones basados en deformaciones límites o fluencia de los componentes de la conexión no necesitan ser considerados para cumplir los requerimientos.

2.8.2.3. DISEÑO POR RESISTENCIA USANDO DISEÑO EN BASE A FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (LRFD)

Este tipo de diseño satisface los requisitos de esta especificación en donde la resistencia de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo a las combinaciones de carga LRFD. El diseño se lo realizara de acuerdo con la ecuación:

$$R_u \leq \phi * R_n \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

R_u: Resistencia requerida.

R_n : Resistencia nominal.

ϕ : Factor de resistencia.

$\phi * R_n$: Resistencia de diseño

2.8.2.4. DISEÑO POR RESISTENCIA USANDO DISEÑO EN BASE A RESISTENCIAS ADMISIBLES (ASD)

Satisface los requisitos de esta especificación cuando la resistencia admisible de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga ASD. El diseño se lo realizara de acuerdo con la ecuación:

$$Ra \leq \frac{Rn}{\Omega} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

R_a : Resistencia requerida ASD.

R_n : Resistencia nominal.

Ω : Factor de seguridad

R_n/Ω : Resistencia admisible.

2.8.2.4.1.- Diseño de miembros a tracción

2.8.2.4.1.1. Limitaciones de esbeltez

No hay un límite de esbeltez para miembros que trabajan a tracción, pero es recomendable que se cumpla la siguiente condición:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right) \leq 300$$

Tal que:

L: Longitud

r_{min}: radio de giro mínimo

2.8.2.4.1.2. Resistencia a la tensión

La resistencia admisible a la tensión $\frac{P_n}{\Omega}$, tiene que ser el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de tensión de fluencia en el área bruta y tensión ruptura en el área neta:

a) Para tensión de fluencia en la sección bruta:

$$P_n = F_y A_g \quad (\text{Ec.3})$$

$$\Omega_t = 1.67(\text{ASD})$$

b) Para tensión de fractura en la sección neta:

$$P_n = F_u A_e \quad (\text{Ec.4})$$

$$\Omega_t = 2.00(\text{ASD})$$

Tal que:

A_e = Área neta efectiva [in²]

A_g = Área bruta del miembro [in²]

F_y = Tensión mínima de fluencia [ksi]

F_u = Esfuerzo mínimo de tensión [ksi]

2.8.2.4.1.3. Área neta efectiva

El área efectiva de un miembro a tracción está determinada por la siguiente expresión:

$$A_e = A_n U \quad (\text{Ec.5})$$

Tal que:

$$A_e = \text{Área neta efectiva [in}^2\text{]}$$

$$A_n = \text{Área neta [in}^2\text{]}$$

$U = \text{Factor de arrastre (American Institute of Steel Construction, 2010, págs. 16.1-28, Tabla D3.1)}$

2.8.2.4.2. DISEÑO DE MIEMBROS A COMPRESIÓN

2.8.2.4.2.1. Parámetros generales

La resistencia de compresión nominal P_n , debe ser el menor valor obtenido dentro de los límites de pandeo flexional, pandeo torsional y pandeo flexo-torsional.

$$\Omega_c = 1.67(ASD)$$

2.8.2.4.2.2. Longitud efectiva

Para diseño de miembros a compresión, se recomienda trabajar con una esbeltez efectiva que cumpla con la siguiente condición:

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Tal que:

- L : Longitud lateral (no arriostrada) del miembro. [in]
- r : Radio de giro [in]
- K : Factor de longitud efectiva (American Institute of Steel Construction, 2010, págs. 16.1-511, Tabla C-A 7.1)

2.8.2.4.2.3. Pandeo flexional de elementos no esbeltos

La resistencia de compresión nominal P_n , debe ser determinada basándose en el estado límite de pandeo flexional.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (\text{Ec.6})$$

El esfuerzo crítico F_{cr} , es determinado por:

a) *Cuando:*

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{Ec.7})$$

$$\rightarrow F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \times F_y \quad (\text{Ec.8})$$

b) *Cuando:*

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{Ec.9})$$

$$\rightarrow F_{cr} = 0.877 F_e \quad (\text{Ec.10})$$

Tal que:

F_e : *Esfuerzo elástico de pandeo.*

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{Ec.11})$$

2.8.2.4.3. DISEÑO DE MIEMBROS A FLEXIÓN

2.8.2.4.3.1. Parámetros generales

El diseño de la resistencia admisible de flexión, M_n/Ω_b , será determinado a partir de los siguientes parámetros:

a) Para todos los requerimientos:

$$\Omega_b = 1.67 \text{ (ASD)}$$

- b) En el diseño se asume que los puntos de soporte para las vigas están restringidos para su rotación con respecto a su eje longitudinal.
- c) Para miembros simétricos simples y doblemente simétricos:

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (\text{Ec.12})$$

Donde:

M_{max} : Valor absoluto del momento máximo en el segmento no arriostrado. *(kip – in / N – mm)*

M_A : Valor absoluto del momento ubicado en la cuarta parte del segmento no arriostrado. *(kip – in / N – mm)*

M_B : Valor absoluto del momento ubicado en la mitad del segmento no arriostrado. *(kip – in / N – mm)*

M_C : Valor absoluto del momento ubicado en las tres cuartas partes del segmento no arriostrado. *(kip – in / N – mm)*

Para elementos en cantilever o sobresalientes se considera un factor $C_b = 1$

2.8.2.4.3.2. Perfiles I compactos con simetría doble y canales que flexionan alrededor de su eje mayor.

Estos requerimientos son aplicables para perfiles I con doble simetría y canales que flexionan sobre su eje mayor, estos deben cumplir las condiciones de alma y patines compactos especificados en la sección B4.1 para flexión. (American Institute of Steel Construction, 2010, págs. 17, Tabla 4.1b)

La resistencia admisible para flexión M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo lateral torsional.

- a) Fluencia:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (\text{Ec.13})$$

$F_y =$ Esfuerzo mínimo de fluencia del material (Ksi)

$Z_x =$ Módulo de sección plástico alrededor del eje X (in^3)

b) Pandeo lateral torsional:

1. Cuando $L_b \leq L_p$, el estado límite de pandeo lateral torsional no aplica.
2. Cuando $L_b < L_p \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{Ec.14})$$

3. Cuando $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (\text{Ec.15})$$

Donde:

L_b : Longitud entre puntos no arriostrados contra el desplazamiento lateral del patín de compresión o arriostrado contra torsión de la sección transversal.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (\text{Ec.16})$$

Y donde:

E : Módulo de elasticidad del acero 29000 (Ksi)

J : Constante torsional (in^4)

S_x : Módulo de sección elástico alrededor del eje x. (in^3)

h_o : Distancia entre los centroides de los patines (in)

Las longitudes límite de los elementos L_b y L_r son determinadas como se muestra a continuación:

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{Ec.17})$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}} \quad (\text{Ec.18})$$

Donde:

$$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{I_y C_w}{S_x}} \quad (\text{Ec.19})$$

Y el coeficiente c es determinado de la siguiente manera:

a) Para perfiles I con doble simetría: $c = 1$

b) Para canales: $c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$

Para perfiles I con simetría doble con patines rectangulares el valor C_w se puede calcular como: $C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$

2.8.2.5. DISEÑO DE CONEXIONES

Las fuerzas y deformaciones de diseño deben ser consistentes con el diseño esperado en la unión y las hipótesis del análisis estructural. Se presentan dos principales tipos de conexiones los cuales son detallados a continuación:

a) Conexiones simples

Este tipo de conexiones transmite momentos de magnitud despreciable, se puede asumir que las conexiones simples permiten la rotación relativa de los miembros que se conectan, esta poseerá una capacidad de rotación suficiente para acomodar las rotaciones determinadas por el análisis de la estructura.

Las conexiones simples de vigas, viguetas y entramados deben ser diseñadas como flexibles de manera que se permiten reacciones de cortante únicamente.

b) Conexiones de momento

Dentro de este tipo se permiten dos tipos de conexiones de momento:

b.1) *Conexiones de momento totalmente restringidas (FR)*

Transmite momento con una rotación despreciable entre los miembros conectados, así como durante el análisis se considera que la conexión no permite rotación relativa, una conexión de esta naturaleza debe tener suficiente resistencia y rigidez para mantener el ángulo entre los miembros conectados en los estados límites resistentes.

b.2) *Conexiones de momento parcialmente restringidas (PR)*

Transmite momentos sin embargo la rotación entre los miembros no es despreciable. Las curvas características de las conexiones PR deben ser documentadas. Los elementos componentes de este tipo de conexión deben poseer suficiente, resistencia, rigidez y capacidad de deformación en los estados límites de resistencia.

2.8.2.5.1. Estados límite para conexiones

Los miembros estructurales deben ser provistos con suficiente resistencia para resistir las cargas aplicables de diseño. Adicional a la resistencia que este tipo de elementos deben poseer, un adecuado nivel de rigidez debe ser otorgado para satisfacer los requerimientos de servicio. (American Institute of Steel Construction, 1985)

Cuando las cargas superan la resistencia de diseño o requerimientos de servicio, se alcanza un estado límite, se denomina así a la condición donde la estructura o miembro de la estructura es funcionalmente inadecuado.

Los elementos estructurales pueden poseer varios estados límites, los cuales pueden estar basados en resistencia y otros basados en el servicio de la estructura. Cada estado límite posee una trayectoria particular de falla a través o a lo largo del elemento en donde el material se deforma o se rompe.

Una conexión puede tener muchos o pocos estados límite de manera que el estado límite que gobierna el diseño es el que presenta una menor resistencia para la carga de diseño considerada.

2.8.2.5.1.1. Fractura de bloque por cortante

Es un estado límite en donde la trayectoria de falla incluye un área que estuvo sujeta a cortante y un área que estuvo sujeta a tensión.

Este estado límite posee ese nombre puesto que la trayectoria de falla desprende un “bloque” de material tal como se muestra en la figura 2.33, este tipo de falla se puede producir en placas soldadas o emperradas, la única diferencia para este estado es que al ser soldada no existen los agujeros para los pernos de manera que el área bruta es la misma que el área neta.



Figura 2-33.- Falla de bloque por cortante.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.2. Aplastamiento

Este estado límite se enfoca en la deformación del material en el borde de los agujeros de los pernos, la resistencia de esta conexión depende de la cercanía del perno al borde. La AISC presenta 2 ecuaciones de diseño, la primera es basada en la resistencia cuando la deformación alrededor de los agujeros no es una consideración y la otra basada en el servicio en donde la deformación de los agujeros alrededor de los agujeros es una consideración de diseño.

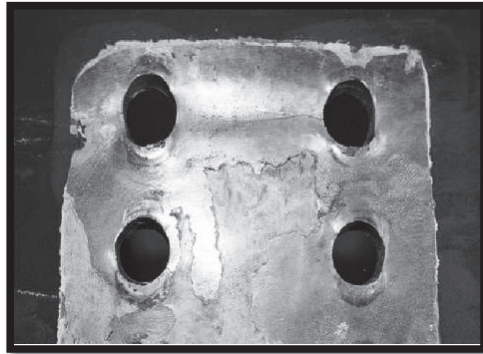


Figura 2-34.- Falla por aplastamiento.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.3. Corte de los pernos

El corte de los pernos es aplicado a cada una de las conexiones que se encuentren sometidas a cortante, la resistencia a corte de un perno es directamente proporcional al número de superficies en contacto a través de las cuales se encuentra colocado el mismo. El corte simple se genera cuando una fuerza individual de corte es transmitida a través de dos placas en contacto las cuales se encuentran unidas mediante pernos de manera que se genera un plano de corte, con este precedente y basándonos en la afirmación expuesta en el párrafo anterior si tomamos como ejemplo un perno que une a tres superficies en contacto, se generaran dos planos de corte de manera que el perno se encuentra sometido en una condición de doble cortante y efectivamente presentara el doble de resistencia que un cortante simple.

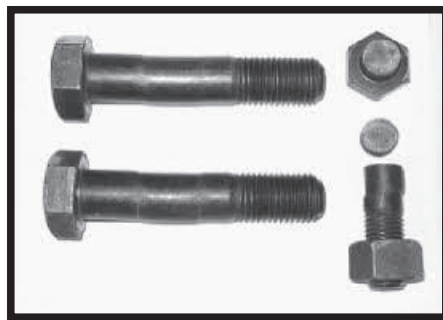


Figura 2-35.- Falla por corte de los pernos.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.4. Ruptura por tensión de los pernos

Cuando los pernos se encuentran cargados a través de su longitud, estos se encuentran sometidos a tensión.

Cuando uno de estos elementos falla lo hará en la parte roscada, específicamente en la raíz del roscado puesto que es donde presenta su menor área transversal.

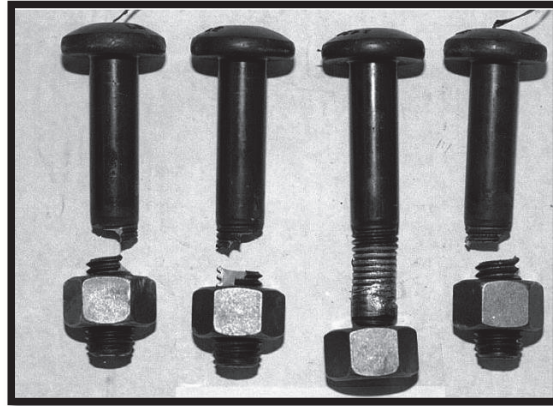


Figura 2-36.- Ruptura por tensión de los pernos.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.5. Fuerzas concentradas

En ocasiones las fuerzas que son transferidas de un miembro a otro son capaces de crear deformaciones localizadas o pandeo. Los estados límite que se presentaran dependen de la geometría de la conexión, generalmente estos estados límite se generan en conexiones de momento y en conexiones de asiento. Ya que la mayoría de conexiones de momento otorgan continuidad entre los miembros de soporte y lo miembros soportados, los patines de los miembros soportados transfieren fuerzas de tensión y compresión al miembro de soporte. La flexión local del patín (fig. 2.39), pandeo por compresión del alma, arrugamiento del alma (fig. 2.37), deformación local del alma y pandeo local del alma (fig. 2.38) deben ser analizados.

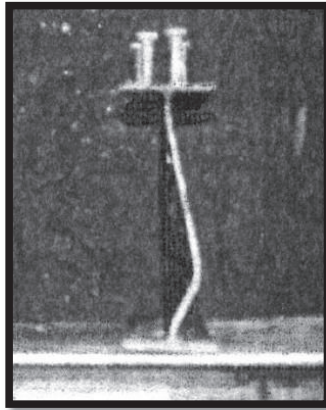


Figura 2-37.- Arrugamiento del alma.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

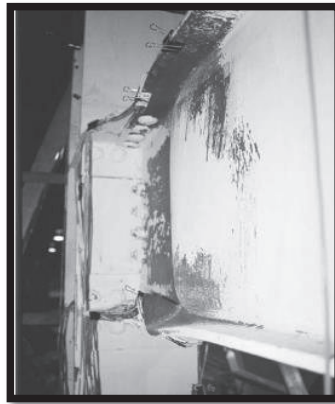


Figura 2-38.- Pandeo local del alma.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

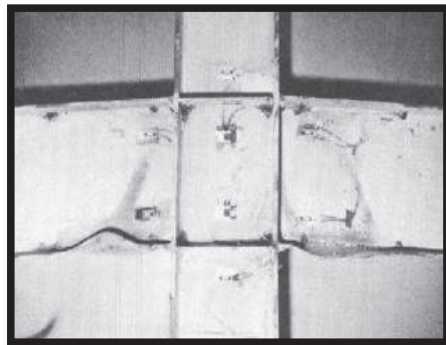


Figura 2-39.- Flexión local de los patines.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.6. Fluencia por cortante y fractura por cortante.

Muchas conexiones están sujetas a una carga de cortante, incluso las condiciones de momento deben presentar medidas para transferencia de cortante.

De esta manera los elementos de la conexión que estén sujetos a cargas de cortante deben ser analizados para fluencia y fractura generada por el cortante. Ambos métodos son independientes del tipo de conexión, sea esta empernada o soldada. Cuando se posee una conexión soldada el estado de fluencia por cortante generalmente es el q domina sobre la fractura dentro de la conexión que estamos elaborando. Si tenemos una proporción entre el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo último a la tensión menor a 1.2 la fractura por cortante será quien gobierne en el diseño.

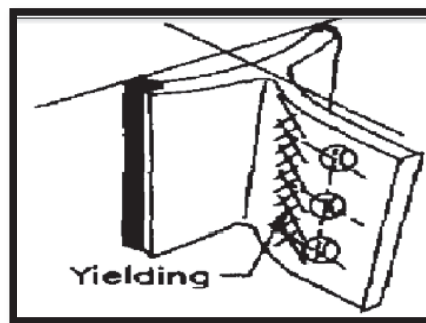


Figura 2-40.- Fluencia por cortante.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

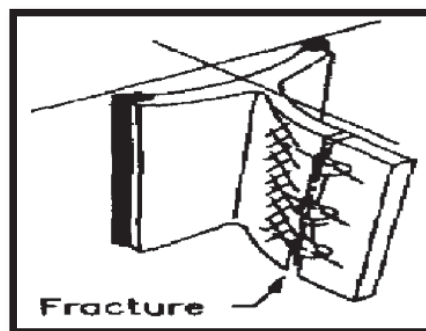


Figura 2-41.- Fractura por cortante.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.7. Fluencia por tensión y fractura por tensión.

La principal diferencia entre la tensión y la fractura (fig. 2.42) generadas por el esfuerzo de tensión radica en que para una condición de fluencia depende del área bruta del elemento, mientras que para la tensión de fractura se debe analizar el área neta efectiva del miembro.

El área neta de un miembro, es el área bruta del mismo considerando las reducciones de su área debido a las perforaciones de los agujeros

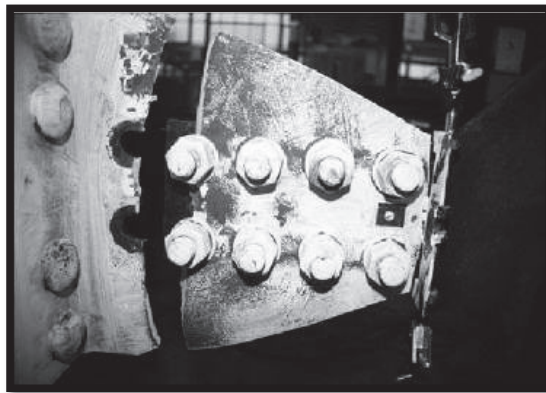


Figura 2-42.- Fractura por tensión.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.5.1.8. Corte en la soldadura.

El corte en la soldadura es aplicable a cada placa o cada elemento soldado, este modo de falla en los filetes de la soldadura es siempre asumido como una falla de corte en la garganta efectiva de la soldadura.

Tal y como se considera en el corte de los pernos, cuando la trayectoria de la carga no atraviesa el centro de gravedad de un grupo de soldaduras se debe considerar la existencia de excentricidad, de manera que el momento generado por la carga excéntrica tiende a generar un esfuerzo cortante adicional o una combinación entre corte y tensión.

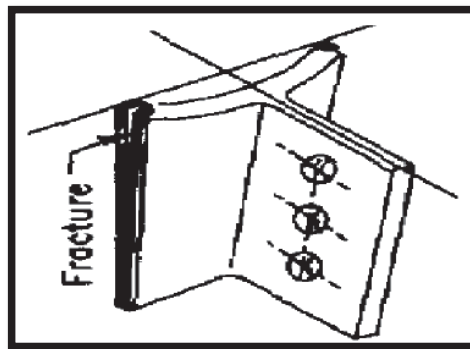


Figura 2-43.- Corte en la soldadura.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 1985)

2.8.2.6. PLACAS BASE

Debido a la configuración que se ha pensado proponer, se han de considerar en el diseño las placas base entre las columnas y el área de concreto dentro de la cual se apoyara el dispositivo.

Existen tres casos para los que se realiza el análisis, cada uno de estos engloban diferentes tipos de cargas. El primer caso es la columna axialmente carga tal como se muestra en la figura 2.44-a, de manera que la carga que se ejerce sobre la placa base es perpendicular a la misma pasando por el centroide de la columna, este tipo de placa es usado cuando se considera que la base de la columna se encuentra articulada. (American Institute of Steel Construction, 2003)

El segundo caso es el mostrado en la figura 2.44-b, en donde se incluye una carga axial y un momento. Este tipo de conexión es usada cuando una resistencia a un momento es requerida o cuando la carga es aplicada con una excentricidad y se genera un momento debido a la naturaleza de la aplicación de la carga.

El tercer caso se muestra en la figura 2.44-c, en donde se muestra una placa base sometida a carga axial y una carga de corte horizontal. Esto ocurre generalmente en marcos rígidos, en donde a menudo la componente de cortante es pequeña en relación a la fricción generada.

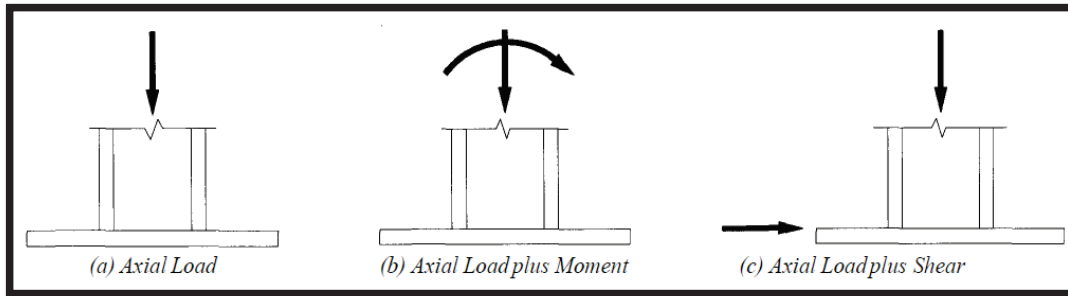


Figura 2-44.- Casos de carga en placas base.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 2003)

2.8.2.6.1. *PLACA BASE CARGADA AXIALMENTE*

Las placas base cargadas axialmente, en donde la carga es aplicada por una columna al centro de la placa son diseñadas de acuerdo con el método ASD del manual de construcción de acero (AISC 1989^a).

Este método se basa en un esfuerzo de aplastamiento admisible definido en la especificación citada anteriormente, en donde este es una función del esfuerzo de compresión del concreto además de la relación de las áreas de concreto con el área de las placas.

Las placas base con cargas grandes requieren más de una placa simple de manera que se puede derivar en el uso de una doble placa, un sistema de rejillas o el uso de rigidizadores para de esta manera reducir el espesor de la placa base.

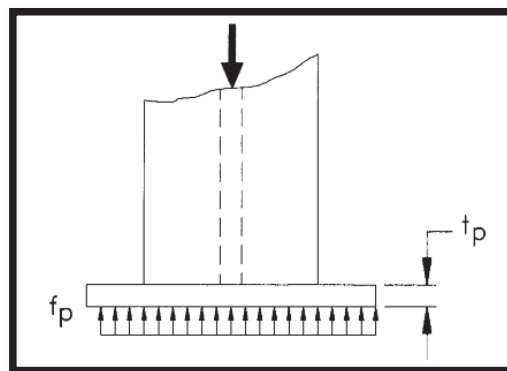


Figura 2-45.- Placa base cargada axialmente.

(Fuente: American Institute of Steel Construction, 2003)

2.8.2.6.2. DISEÑO DE PLACAS BASE CARGADAS AXIALMENTE.

Debido a la consideración en que la carga de la columna hacia la placa será transmitida de manera axial y se considerará como un apoyo articulado se profundizará en el diseño de las placas base cargadas axialmente.

Como se había mencionado anteriormente el esfuerzo de aplastamiento admisible es una función de la resistencia del concreto y el área de las placas tal como se muestra a continuación:

$$F_p = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.7 f'_c \quad (\text{Ec.20})$$

Donde:

f'_c : Resistencia del concreto a compresión

A_1 : Área de la placa base

A_2 : Área del concreto

El incremento del esfuerzo de aplastamiento cuando el área del concreto es mayor que el área de la placa presenta un efecto positivo de confinamiento.

El valor más alto se produce cuando la relación entre las áreas es igual o superior a 4 y esto tiene como resultado el uso de placas más pequeñas.

Bajo el diseño ASD se debe satisfacer la siguiente desigualdad:

$$P_u = \frac{P_p}{\Omega} = \frac{0.85 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}{\Omega} \leq \frac{1.7 f'_c A_1}{\Omega} \quad (\text{Ec.21})$$

Para calcular el espesor de la placa base, esta sera diseñada para que se comporte como una placa rigida. Se supone que la placa flexionara en sus secciones criticas tal como si fuera una viga en cantilever cargada con una carga distribuida.

Las secciones críticas de la placa son las más próximas a los ejes de la columna tal como se muestra en la figura 2.46 y el diseño considerando la placa como una viga en cantilever como se observa en la figura 2.45.

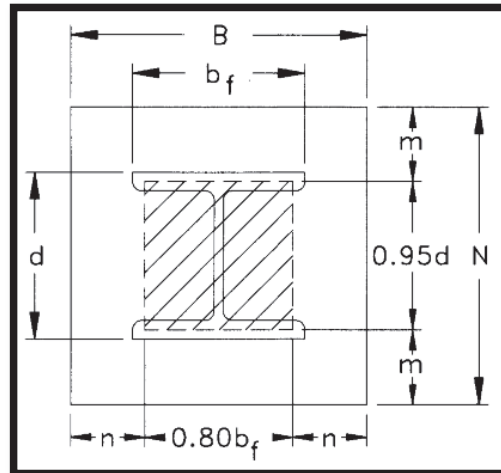


Figura 2-46.- Secciones críticas en la placa base.
(Fuente: American Institute of Steel Construction, 2003)

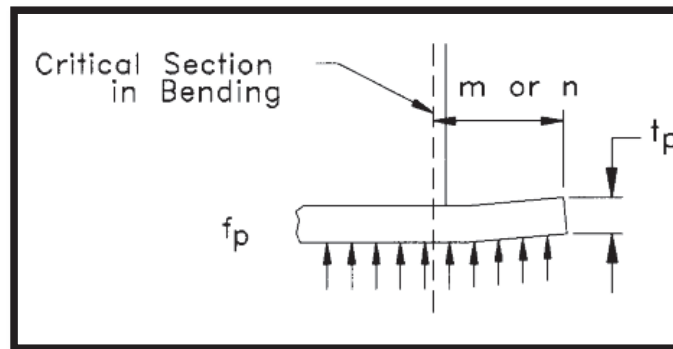


Figura 2-47.- Sección crítica trabajando en cantilever.
(Fuente: American Institute of Steel Construction, 2003)

A continuación, se detallará el procedimiento ASD mostrado en el libro Diseño de Placas Base para Columnas. (American Institute of Steel Construction, 2003)

1. El esfuerzo admisible de aplastamiento F_p es:

$$F_p = 0.70 f'_c$$

(Ec.22)

2. El área requerida para la placa A_1 es:

$$A_1 = \frac{P}{F_p} \quad (\text{Ec.23})$$

Donde P es la carga axial.

3. Las dimensiones de la placa B y N deben ser determinadas, de manera que m y n son aproximadamente igual a:

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta \quad (\text{Ec.24})$$

Donde Δ es: $(0.95d - 0.8 b_f)$

Entonces:

$$B = \frac{A_1}{N} \quad (\text{Ec.25})$$

4. Ahora se determinará la actual presión de aplastamiento:

$$f_p = \frac{P}{NB} \quad (\text{Ec.26})$$

5. Se determinan los valores de m y n
6. Se determinará el espesor requerido t_p , en función del valor más grande entre m y n .
7. Se determinará el valor mínimo del área de concreto bajo la placa quedando definido por:

$$A_2 = 4NB \quad (\text{Ec.27})$$

CAPÍTULO 3

CÁLCULO Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. CONSIDERACIONES PARA LOS CALCULOS DEL DISEÑO

- Todos los elementos que conforman la estructura tales como vigas, columnas, pernos y placas serán diseñados considerando solamente cargas estáticas para el peso máximo de la tubería debido a que no variará en el tiempo.
- El material del que están constituidos los elementos poseen características homogéneas a lo largo de su sección transversal.
- La resistencia admisible de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga.
- Cuando la estructura es sometida a las combinaciones de carga para las cuales fue diseñada, ningún estado límite aplicable, resistente o de servicio será excedido.

3.2. CONSIDERACIONES FISICAS PARA EL DISEÑO

- Los elementos principales de los cuales está formada la estructura (vigas y columnas) no podrán exceder los 2500 mm de longitud debido a la dificultad que generaría su transporte.
- Los elementos principales no deben exceder el peso de 35 Kg ya que se ha considerado esta como carga máxima para que un instalador los pueda transportar.
- Las conexiones entre elementos deben ser empernadas y con esto facilitar el montaje y desmontaje del dispositivo.
- Se deben diseñar placas para el apoyo de las columnas y así asegurar que la distribución del peso a través del área transversal de la placa sea uniforme y no se exceda los límites de resistencia del hormigón.

3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Los materiales mostrados en la sección anterior son usados ampliamente dentro de la industria. Sin embargo, para la selección del más conveniente se evaluará en función de los criterios mostrados en la tabla 2.10.

Alternativas	
A	ACERO
B	ALUMINIO
C	TITANIO

Tabla 3-1.- Alternativas de selección

(Fuente: Propia)

Criterios de Selección	
I	DISPONIBILIDAD
II	COSTO
III	FACILIDAD DE TRABAJO
IV	PESO
V	RESISTENCIA

Tabla 3-2.- Criterios de selección.

(Fuente: Propia)

Criterios de Selección	DISPONIBILIDAD	COSTO	FACILIDAD DE TRABAJO	PESO	RESISTENCIA	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativas							
DISPONIBILIDAD		1	1	1	1	5	0.333
COSTO	0		1	1	1	4	0.267
FACILIDAD DE TRABAJO	0	0		1	1	3	0.200
PESO	0	0	0		1	2	0.133
RESISTENCIA	0	0	0	0		1	0.067
Σ						15	1

Tabla 3-3.- Ponderación de criterios de selección

(Fuente: Propia)

Criterios de Selección Alternativas	ACERO	ALUMINIO	TITANIO	IDEAL
	DISPONIBILIDAD	90	85	60
COSTO	80	85	60	100
FACILIDAD DE TRABAJO	80	70	50	90
PESO	40	70	60	80
RESISTENCIA	65	40	70	80
Factor de comparación	0.789	0.778	0.667	1

Tabla 3-4.- Evaluación de alternativas.

(Fuente: Propia)

De acuerdo con los criterios mostrados el material más apto para la elaboración del dispositivo fue el acero. Además, se trabajará con un acero A572 Gr 50 para aprovechar al máximo la resistencia que este presenta dentro de condiciones elásticas.

3.4. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE CARGA

Se deben tener en consideración los tipos de carga que actúan en la estructura del sistema de elevación de la carga.

- Carga de viento: Al ser los elementos de la estructura de pequeña área, el viento no ejerce una fuerza considerable sobre esta.
- Carga de sismo: Debido a que el dispositivo no estará fijo sobre ninguna superficie se consideran despreciables los efectos que producirían los sismos sobre la estructura.
- Carga muerta: El peso propio que presentan los miembros de los que está constituida la estructura es de mucha importancia debido a que otorgan estabilidad al sistema y reducen la cantidad del contrapeso.
- Cargas vivas: Son las cargas externas que tendrá que soportar el sistema durante la elevación de la tubería.

Las únicas cargas que se tomaran en cuenta para el diseño son las cargas vivas y muertas debido a que los otros 2 tipos son despreciables.

3.5. CASOS DE ANÁLISIS PARA LOS CÁLCULOS

Debido a la naturaleza que presentan las fuerzas que actúan sobre el sistema los casos para los que se puede realizar el análisis pueden ser, dinámico si la fuerza varía y se repite en determinados periodos de tiempo y estático si se mantiene constante en magnitud, dirección y sentido durante el periodo de aplicación. Para nuestro caso particular se realizará un análisis en base a cargas estáticas debido a las consideraciones de diseño expresadas en el punto 3.1.

3.6. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO

3.6.1. GEOMETRÍA DEL DISPOSITIVO

Para poder trabajar de una manera adecuada durante el proceso de soldadura de la tubería de carga, el dispositivo debe poseer 500 mm excedentes a la pared del edificio, además de una distancia mínima de seguridad de 1000 mm para la colocación de su primer apoyo.

Se consideró una altura de 2 metros para que se facilite el izaje de la tubería y su anclaje en el extremo de la losa. De manera que estaría definido de la siguiente manera:

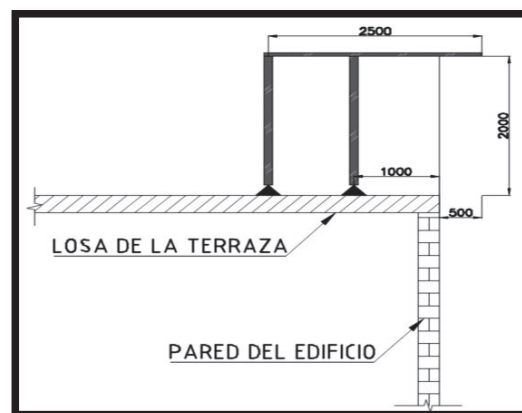


Figura 3-1.- Distancias mínimas requeridas (vista lateral)

(Fuente: Propia)

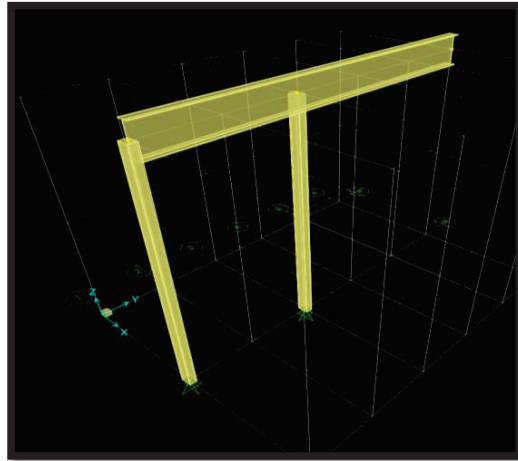


Figura 3-2.- Esquema 3D del dispositivo considerando distancias Fig. 3.1.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA VIVA

Las cargas externas a las cuales estará sometido el dispositivo son cargas puntuales en el extremo de aplicación, se generan directamente por la tubería a elevar y poseen una magnitud directamente proporcional a la longitud de la misma; Se ha considerado para el actual diseño tubería de cedula 80 de 1 ½" de diámetro debido a que para longitudes mayores a los 80m se debe asegurar la permanencia en estado líquido del GLP impidiendo la vaporización del producto. Se muestra a continuación una tabla de pesos para tubería ASTM A53-SCH80.

DIAMETRO (pulgadas)	ESPEJOR (pulgadas)	DIAMETRO EXTERIOR (pulgadas)	PESO (Kg/m)
1/4	0.11	0.37	0.8
3/8	0.12	0.54	1.1
1/2	0.14	0.84	1.62
3/4	0.15	1.05	2.19
1	0.17	1.31	3.23
1 1/4	0.19	1.66	4.47
1 1/2	0.2	1.9	5.41
2	0.21	2.37	7.48

2 1/2	0.27	2.87	11.41
3	0.3	3.5	15.27
4	0.33	4.5	22.31

Tabla 3-5.- Peso lineal de la tubería cédula 80 en función del diámetro.

(Fuente: Dipac, 2016)

Debido a que el peso de la tubería es proporcional a su longitud se ha elaborado una tabla mostrando diferentes longitudes con sus respectivos pesos en función del peso lineal de la tubería de diámetro 1 1/2" tomando los datos de la TABLA3.5. Se ha considerado una longitud máxima de tubería de 120m puesto que en el país no existen edificios en los que se sobrepase esta altura.

LONGITUD DE LA TUBERIA SCH-80 (m)	PESO DE LA TUBERIA (Kg)
10	54
20	108
30	162
40	216
50	270
60	324
70	378
80	432
90	486
100	540
110	594
120	648

Tabla 3-6.- Pesos de tubería en función de la longitud.

(Fuente: Propia)

Según la tabla 3.2 la carga máxima generada por el peso de la tubería para una longitud de 120m sería de 648 Kg, por lo tanto, asumiremos este como valor de diseño.

3.6.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS MUERTAS PARA EL DISPOSITIVO

Las cargas muertas a considerar serán las del peso propio de todos los elementos que conforman el dispositivo más una carga de contrapeso que de igual manera proporcional al peso de tubería que se elevara.

El contrapeso a colocar debe ser un material ampliamente disponible en las construcciones, tales como sacos de cemento o agua, en este caso particular se ha tomado al último en consideración puesto que disponemos de datos como su densidad y podemos realizar una suposición en base al volumen del contenedor que se utilizara, se muestra en la tabla 3.7 el volumen de agua requerida para ejercer el contrapeso durante la operación del dispositivo en función de la longitud de la tubería a montar en el proyecto y con 3 opciones disponibles como contenedores los cuales son, galones, botellones agua purificada, recipiente 1m³.

LONGITUD DE TUBERIA SCH-80 (m)	PESO DE LA TUBERIA (Kg)	PESO DEL AGUA	# GALONES (4.54 lt)	# BOTELLONES DE AGUA (20 lt)	Altura de agua en Recipiente de 1m ³ (m)
10	54	54	11.9	2.7	0.05
20	108	108	23.8	5.4	0.11
30	162	162	35.7	8.1	0.16
40	216	216	47.6	10.8	0.22
50	270	270	59.5	13.5	0.27
60	324	324	71.4	16.2	0.32
70	378	378	83.3	18.9	0.38
80	432	432	95.2	21.6	0.43
90	486	486	107.0	24.3	0.49
100	540	540	118.9	27	0.54
110	594	594	130.8	29.7	0.59
120	648	648	142.7	32.4	0.65

Tabla 3-7.- Volumen de agua requerido para el contrapeso.

(Fuente: Propia)

Debido a que el diseño es un proceso iterativo se considerara un tipo arbitrario de elementos para poder establecer el peso propio del dispositivo, sin embargo, estos elementos deberán comprobarse en base a los cálculos para saber si están sobredimensionados o subdimensionados para las necesidades requeridas.

ELEMENTO	AREA (cm ²)	ALTURA (mm)	ESPESOR ALMA (mm)	PATIN (mm)	ESPESOR PATIN (mm)	PESO (Kg/m)	LONGITUD (m)
IPE 140	16.4	140	4.70	73	6.9	12.87	2.45
IPE 100	10.30	100	4.1	55	5.7	8.09	2

Tabla 3-8.- Dimensiones y pesos perfiles IPE

(Fuente: IPAC, 2016)

ELEMENTO	AREA (cm ²)	ALTURA (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (Kg/m)	LONGITUD (m)
TR 100x50x4	10.95	100	50	4	8.92	1.86

Tabla 3-9.- Dimensiones y peso tubería rectangular

(Fuente: IPAC, 2016)

Por lo tanto, el peso del elemento será calculado de la siguiente manera:

- VIGA:

$$P = W * L$$

$$P = 12.87 \frac{Kg}{m} * 2.45 m$$

$$P = 31.53 Kg$$

- COLUMNA a:

$$P = W * L$$

$$P = 8.1 \frac{Kg}{m} * 2 \text{ m}$$

$$P = 16.2 \text{ Kg}$$

- COLUMNA b:

$$P = W * L$$

$$P = 8.92 \frac{Kg}{m} * 1.86 \text{ m}$$

$$P = 16.59 \text{ Kg}$$

P : Peso total del elemento (Kg)

W : Peso característico del perfil (Kg/m)

L : Longitud total del elemento (m)

3.6.4. DISTANCIAS DE APOYOS Y CARGAS PARA EL DISPOSITIVO

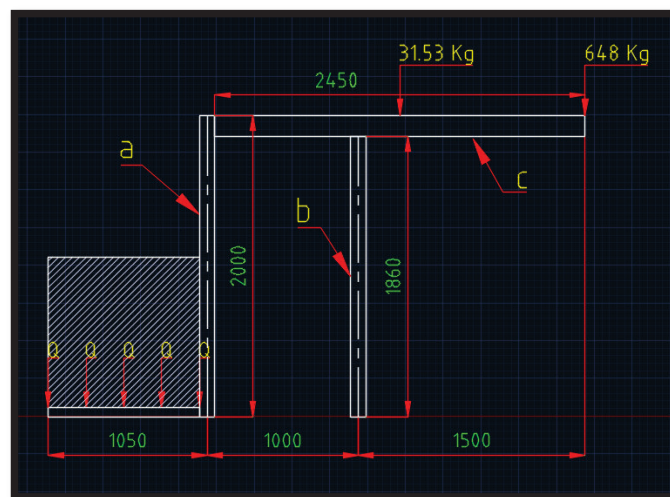


Figura 3-3.- Ubicación de las cargas que actúan sobre el dispositivo

(Fuente: Propia)

Debido a la geometría del dispositivo a construir, se requiere apoyar la viga principal (c) sobre dos columnas (a, b), las conexiones entre la viga y columnas

serán de marco semi-rígido (PR) de manera que puedan proporcionar una restricción rotacional superior al 20% y menor al 90%, en la figura 3.3 se muestra la ubicación de la carga de peso propio de la viga del dispositivo más la carga viva correspondiente al valor máximo de la tubería.

3.6.5. CÁLCULO DE LAS REACCIONES

A partir de la geometría del dispositivo, el tipo de apoyos y los pesos de los elementos considerados podemos calcular las reacciones que se generan usando la combinación de carga: $W_t = L_L + D_L$, por ser la combinación más exigente que afrontará el sistema, tal que los pesos de la tubería y de los elementos quedan definidos por:

Para el peso de la tubería:

$$P_t = 648 \text{ (Kg)}$$

Para el peso de la viga:

$$P_t = 31.53 \text{ (Kg)}$$

Para el peso de la columna a:

$$P_t = 16.2 \text{ (Kg)}$$

Para el peso de la columna b:

$$P_t = 16.59 \text{ (Kg)}$$

Por lo tanto:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$(V_2 * 1) = (31.53 * 1.225) + (648 * 2.5) + (16.59 * 1)$$

$$V_2 = 1674.44 \text{ Kg} = 3.68 \text{ Kips}$$

$$V_2 + V_1 = 648 + 16.2 + 16.59 + 31.53$$

$$V1 = 1674.44 - 712.32$$

$$V1 = -962.12 = 2.116 \text{ Kips}$$

3.6.6. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS BAJO AISC 360-10

En primera instancia se deben determinar las sollicitaciones bajo las cuales se encuentran trabajando los elementos del dispositivo para poder aplicar los estándares definidos en la norma antes mencionada. (American Institute of Steel Construction, 2010)

3.6.6.1. DISEÑO DE LA VIGA DE CARGA

Debido a que las fuerzas actuantes sobre este elemento se encuentran trabajando de manera perpendicular a su eje longitudinal se generara una sollicitación a flexión tal como se muestra en la figura 3.4.

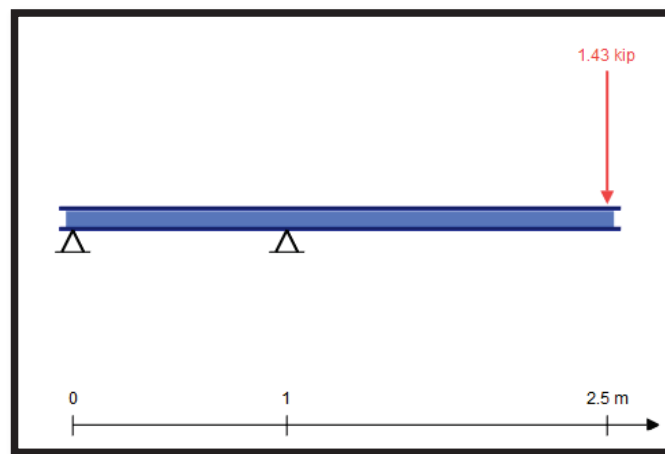


Figura 3-4.- Esquema de disposición de la viga de carga

(Fuente: Propia)

Partiendo de las reacciones calculadas anteriormente se realizan los diagramas de esfuerzo cortante (figura 3.5) y momento flector (figura 3.6).



Figura 3-5.- Diagrama de esfuerzo cortante para la viga de carga.

(Fuente: Propia)

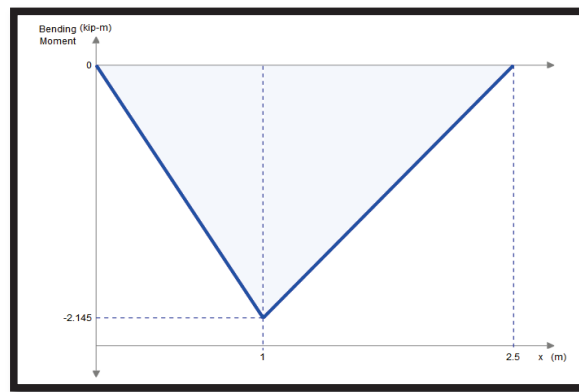


Figura 3-6.- Diagrama de momento flector para la viga de carga.

(Fuente: Propia)

Con el valor máximo del momento flector obtenido en la figura 3.6 se partirá para el diseño de nuestro elemento bajo el capítulo F de la AISC 360, tal que:

$$A_1 = M_{M\acute{A}X} = 2.145 \times 39.36$$

$$M_{M\acute{A}X} = 84.42 [klb - in]$$

$$M_{M\acute{A}X} = 84.42 + M_{pp} = 85.62 [klb - in]$$

Propiedades del perfil IPE 140

$$S_y = 50 \text{ KSI}$$

$$L = 98.425 [in]$$

$$A = 2.542 [in^2]$$

$$H = 5.5118 \text{ [in]}$$

$$bf = 2.874 \text{ [in]}$$

$$tf = 0.2717 \text{ [in]}$$

$$r_{yy} = 0.6496 \text{ [in]}$$

$$r_{xx} = 2.2612 \text{ [in]}$$

$$I_{xx} = 12.99 \text{ [in}^4\text{]}$$

$$I_{yy} = 1.079 \text{ [in}^4\text{]}$$

$$J = 0.0577 \text{ [in}^4\text{]}$$

$$C_b = 1$$

$$S_{xx} = 4.71 \text{ [in}^3\text{]}$$

$$S_{yy} = 0.7507 \text{ [in}^3\text{]}$$

$$Z_{xx} = 5.388 \text{ [in}^3\text{]}$$

$$Z_{yy} = 1.17 \text{ [in}^3\text{]}$$

$$\Omega = 1.67$$

3.6.6.1.1. FLUENCIA

$$Mn_{xx} = M_p = 161.317 \text{ [klb - in]}$$

$$I = \frac{85.62}{161.329}$$

$$I = 0.5307$$

3.6.6.1.2. PANDEO LATERAL TORSIONAL

$$L_B = 98.425 \text{ [in]}$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 27.53 \text{ [in]}$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

$$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{I_y C_w}{S_x}}$$

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}$$

$$C_w = 7.404 \text{ [in}^6\text{]}$$

$$r_{ts} = 0.7741$$

$$L_r = 96.18 \text{ [in]}$$

De manera que nuestra viga se ajusta al tercer caso tal que $L_b > L_r$:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 17.704$$

$$M_n = 83.38 \leq 161.317$$

Se encuentra satisfecha la inequación de manera que el estado limite que lo gobierna será la fluencia.

3.6.6.2. DISEÑO DE LA COLUMNA POSTERIOR

Debido a que las fuerzas actuantes sobre este elemento se encuentran trabajando de manera paralela a su eje longitudinal se generara una sollicitación a tracción debido a la fuerza ejercida por el contrapeso en dirección de la gravedad y la fuerza ejercida por la viga de carga en dirección contraria a la gravedad de manera que usaremos el capítulo D de la AISC 360 para el diseño de este elemento, tal que:

Columna 1: (Trabaja a tracción)

$$F = 2.145 \text{ [klb]}$$

$$P_n = \frac{F_y \times A_g}{\Omega}$$

$$A_g = \frac{P_n \times \Omega}{F_y} = \frac{2.145 \times 1.67}{50}$$

$$A_g \geq 0.071 \text{ [in}^2\text{]}$$

IPE – 100

$A = 1.596 \text{ [in}^2\text{]} \gg 0.071 \quad \therefore \quad A_n \rightarrow \text{Reducción del área neta despreciable}$

$$P_n = F_y \times A_g$$

$$P_n = 1.596 \times 50 = 79.8 \text{ [klb]}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = 47.78$$

$$\frac{Pr}{P_c} = \frac{2.145}{47.78} = 0.0448$$

Debido a que la relación obtenida es menor a 0.2 se usara la Ecuación (H1-1b) (American Institute of Steel Construction, 2010, pág. 73)

$$\rightarrow \frac{Pr}{2P_c} + \left(\frac{Mr_x}{Mc_x} + \frac{Mr_y}{Mc_y} \right)$$

$$I_{final} = 0.02244$$

3.6.6.3. DISEÑO DE LA COLUMNA FRONTAL

Debido a que las fuerzas actuantes sobre este elemento se encuentran trabajando de manera paralela a su eje longitudinal se generara una sollicitación a compresión debido a la fuerza ejercida por la viga de carga en dirección de la gravedad y la fuerza ejercida por el piso en dirección contraria a la gravedad de manera que usaremos el capítulo E de la AISC 360 para el diseño de este elemento, tal que:

Columna 2: (Trabaja a compresión)

Determinar con r_{yy} mínimo:

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} \quad \therefore \text{Se usa } \lambda_{m\acute{a}x}$$

$$r = \frac{1 \times 73.21}{200} \quad (K \rightarrow \text{Pág 5.125; AISC; 8va Edición})$$

$$r_{yy} = 0.3660 \text{ (mínimo)}$$

Perfil Seleccionado \Rightarrow Tubo cuadrado $100 \times 50 \times 4$

$$r_{yy} = 0.8039[in]$$

$$A = 1.7608[in^2]$$

$$\therefore \frac{K \times L}{r} = 97.94 < \left(4.71 \times \sqrt{\frac{E}{S_y}} \right) = 118$$

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \times L}{r} \right)^2}$$

$$F_{cr} = 24.125 \text{ [klb]} \rightarrow P_u = 24.125 \times 1.7608 = 42.48 \text{ [klb]}$$

$$\frac{P_u}{\Omega} = 25.44$$

$$\frac{Pr}{P_c} = \frac{3.69}{25.44} = 0.1454$$

Debido a que la relación obtenida es menor a 0.2 se usara la Ecuación (H1-1b).
(American Institute of Steel Construction, 2010, pág. 73)

$$\rightarrow \frac{Pr}{2P_c} + \left(\frac{Mr_x}{Mc_x} + \frac{Mr_y}{Mc_y} \right)$$

$$I_{final} = 0.0727$$

3.6.7. SIMULACIÓN DEL MODELO USANDO SAP-2000

3.6.7.1. DEFINICIÓN DEL ESPACIAMIENTO.

Partir de una malla y determinar las distancias requeridas para los elementos del modelo.

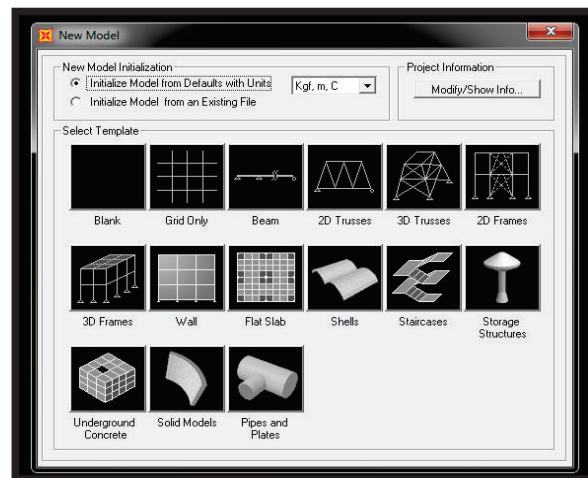


Figura 3-7.- Selección del mallado.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

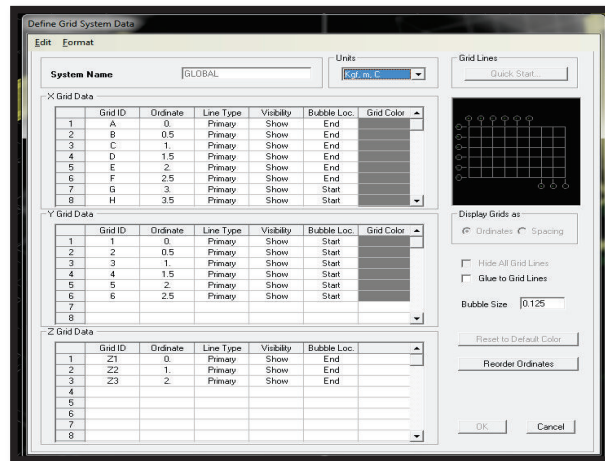


Figura 3-8.- Determinación del espaciamiento del mallado.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES Y PERFILES.

En este caso usaremos acero A572 Gr50, como perfiles los IPE 140, IPE 100 y tubo rectangular 100x50x4, para la viga y para las columnas respectivamente.

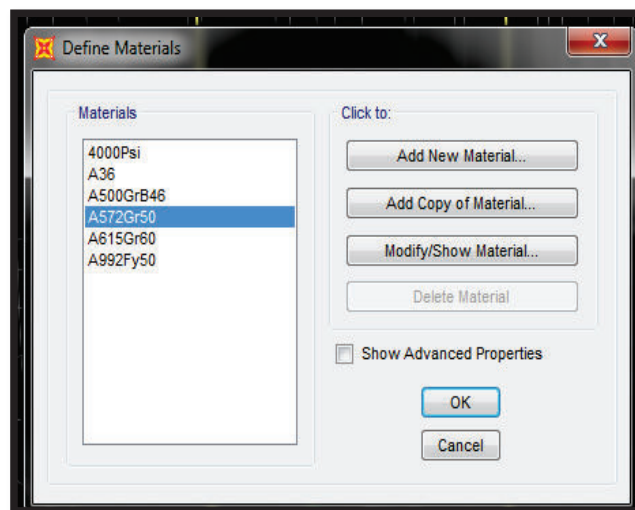


Figura 3-9.- Selección del material.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

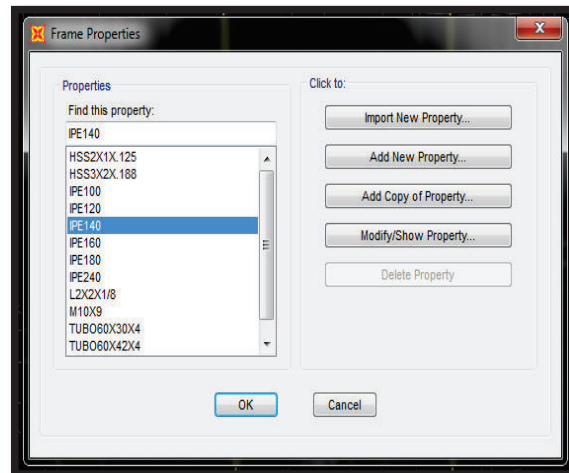


Figura 3-10.- Selección del perfil.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

Debido a que los perfiles usados deben estar disponibles en el mercado y dentro de la lista de perfiles predeterminada no encontramos el tubo rectangular 100x50x4 lo adicionaremos a nuestra lista, tal como se muestra en la figura 3.11.

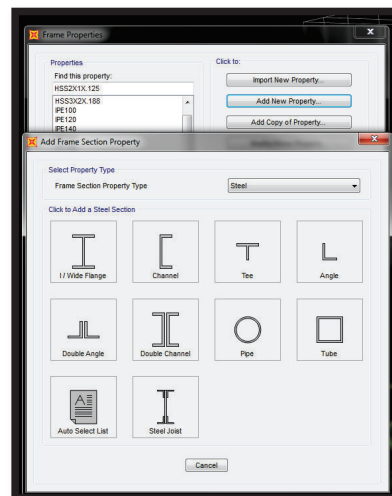


Figura 3-11.- Creación de un nuevo perfil

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

Se selecciona la opción tubo rectangular, y se introducirán las características de la sección y material, tomados del catálogo de una empresa comercializadora en este caso IPAC.

El programa automáticamente calculará las propiedades tales como: área transversal, inercia en el eje X y eje Y, radio de giro, módulo de sección plástico y elástico a partir de las características ingresadas en el paso anterior, de manera que quedará definido como se muestra en la figura 3.12.

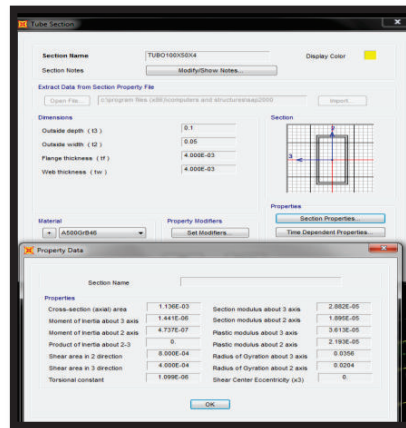


Figura 3-12.- Propiedades de la sección creada.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.3. GRAFICAR LOS ELEMENTOS

Se dibuja los elementos del dispositivo a partir de las dimensiones mostradas (figura 3.3), el material y perfil descritos anteriormente, además adicionar los elementos que servirán como base para el contrapeso de la estructura.

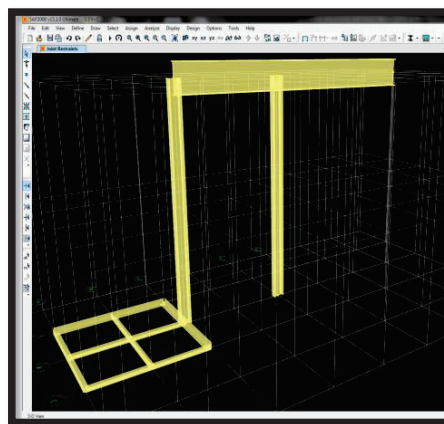


Figura 3-13.- Esquema de los elementos del dispositivo.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.4. DEFINIR LOS APOYOS

Ubicar los apoyos respectivos en los puntos de contacto entre el dispositivo y la superficie de la losa, se usará un empotramiento en la columna ubicada en la parte frontal puesto que ira sujeta con pernos de anclaje y 9 apoyos de rodillo en los nodos en donde se conectan los elementos que conforman la base para el contrapeso.

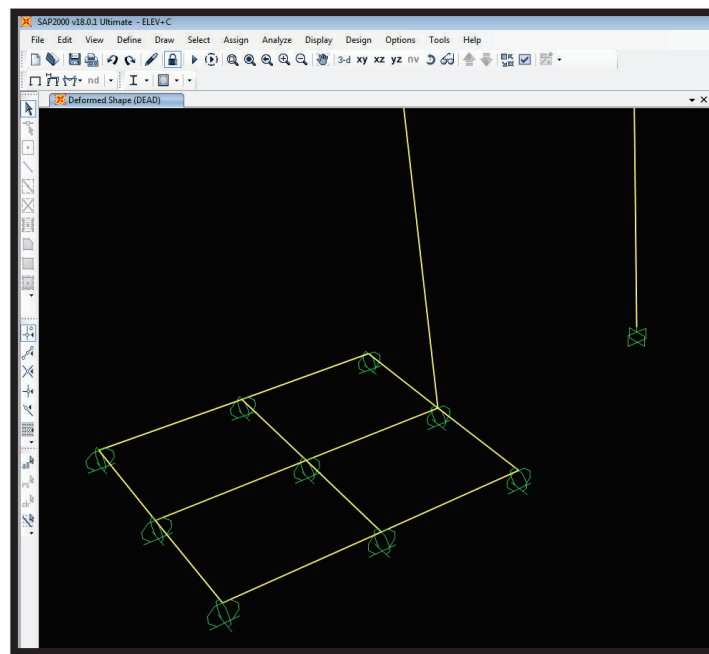


Figura 3-14.- Apoyos del dispositivo.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.5. DEFINIR LOS PATRONES DE CARGA

Se requiere crear nuevos patrones para posteriormente asignar las cargas externas que actuarán sobre el dispositivo, en este caso contaremos con la carga puntual generada por la tubería ubicada en el extremo de la viga con el valor máximo de la tabla 3.2 y la carga generada por el contrapeso que se aplicara sobre la base del mismo, con el valor máximo de la tabla 3.3, distribuida uniformemente sobre los 6 elementos que conforman la base.

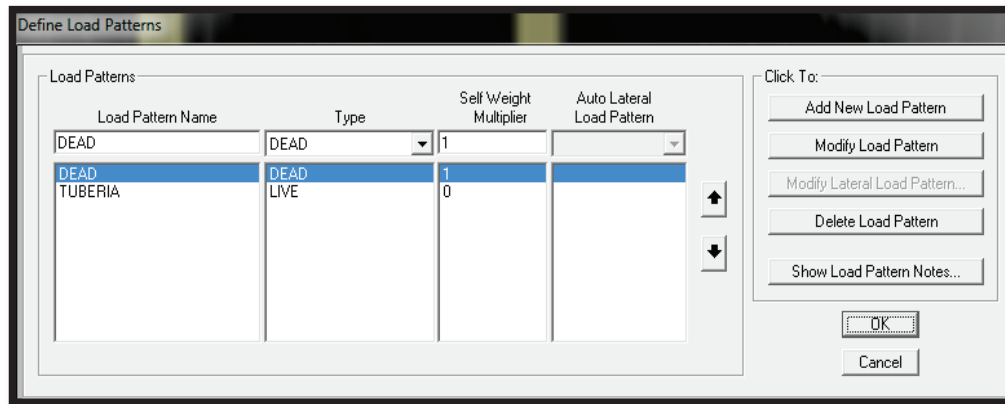


Figura 3-15.- Patrones de carga.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

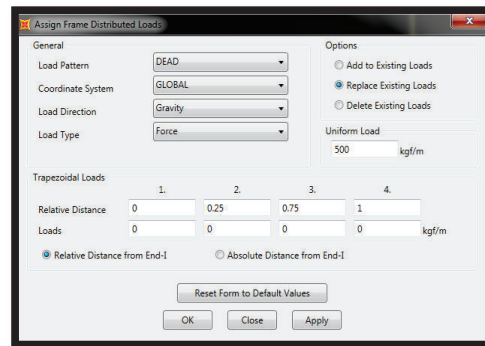


Figura 3-16.- Carga del contrapeso

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

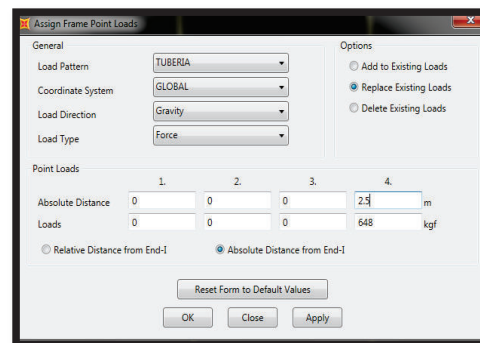


Figura 3-17.- Carga de la tubería.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.6. DEFINIR COMBINACIONES DE CARGA

Una vez colocados los valores de las cargas actuantes sobre el dispositivo se procede a definir las combinaciones preestablecidas de carga según el método ASD que ofrece el SAP para un diseño de acero.

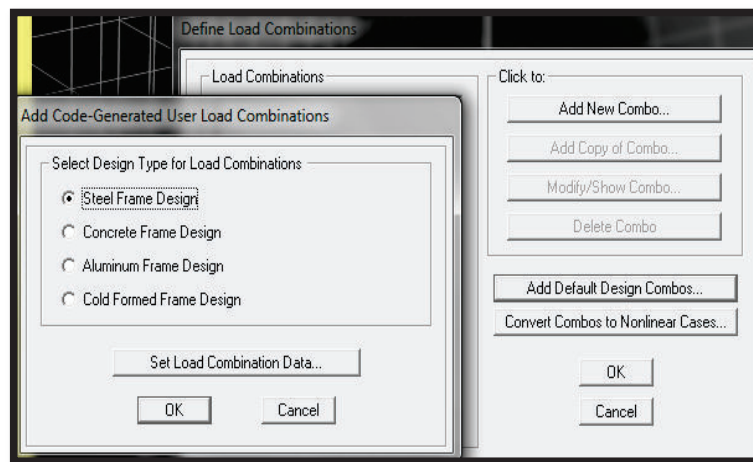


Figura 3-18.- Definir combinaciones de carga.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

Podemos visualizar las combinaciones generadas por el programa visualizando la opción “Modify/show combo”.

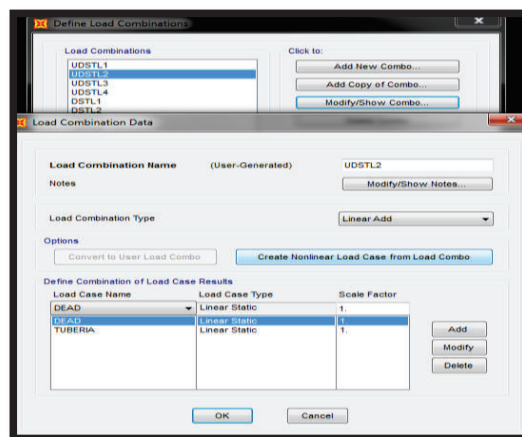


Figura 3-19.- Factores para combinación de carga UDSTL2.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.7. EJECUCIÓN DEL MODELO

Una vez definidos todos los parametros anteriores podemos correr el modelo seleccionando los casos correspondientes de carga tal como se muestra en la figura 3.20 exceptuando la carga modal del mismo.

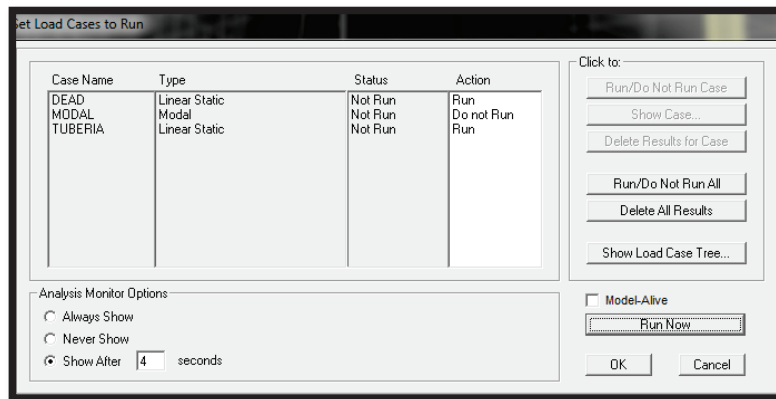


Figura 3-20.- Casos de carga para el análisis del modelo.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.8. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

A partir de la ejecución del modelo el programa despliega varios resultados, entre ellos las reacciones, los diagramas, el análisis de la resistencia de los elementos y la verificación de las secciones consideradas, se puede visualizar cada uno de ellos en detalle en el Anexo 1 o de manera general como se muestra a continuación:

3.6.7.8.1. Reacciones en los apoyos

El programa ha calculado dichos valores en función de la combinación de carga mostrada anteriormente y de acuerdo con la geometría del dispositivo. De manera que se obtienen los siguientes resultados.

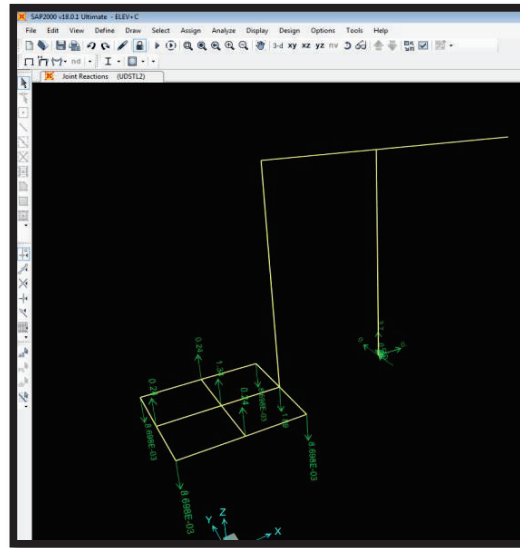


Figura 3-21.- Reacciones en el dispositivo para combinación de carga UDSTL2

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.8.2. Diagrama de fuerzas axiales en la columna (a)

Como podemos apreciar en el cuadro de dialogo desplegado, tenemos un valor máximo de tracción de 2.161 Kip para la columna posterior. Por lo tanto, este será nuestro valor de diseño a considerar.

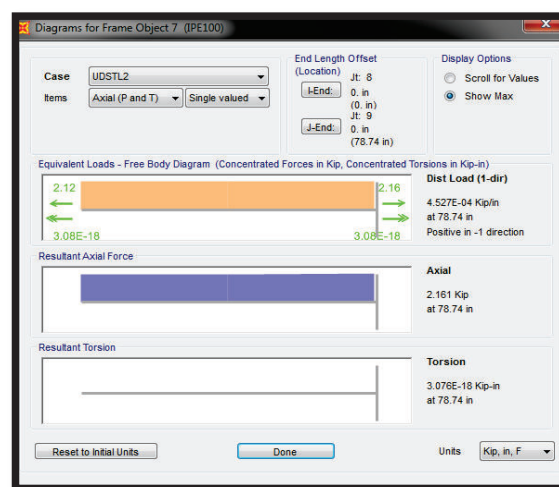


Figura 3-22.- Diagramas de fuerzas normales en la columna posterior.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.8.3. Diagrama de fuerzas axiales en la columna (b)

Como podemos apreciar en el cuadro de dialogo desplegado, tenemos un valor máximo de compresión de 3.7 Kip para la columna frontal del dispositivo. Por lo tanto, este será nuestro valor de diseño a considerar.

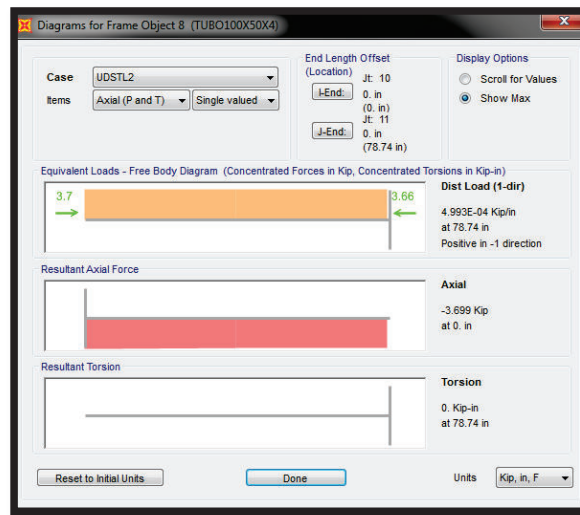


Figura 3-23.- Diagramas de fuerzas normales en la columna frontal.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.8.4. Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores para la viga.

Dentro del cuadro de dialogo mostrado, se pueden apreciar 4 diagramas:

El primero es el diagrama de cuerpo libre del elemento en donde se detallan las fuerzas externas que actúan sobre este.

El siguiente es el de fuerza cortante en donde podemos ver el máximo valor de 2.189 Kip en la posición correspondiente a 1m.

En el tercero se puede observar el diagrama de momento flector con un valor máximo de 85.6326 Kip-in en la misma posición, el cual se usará como valor de diseño para determinar la sección del perfil correspondiente debido a la naturaleza de los esfuerzos a los que se halla sometido el elemento.

Por último, se muestra el diagrama de la deflexión absoluta del elemento.

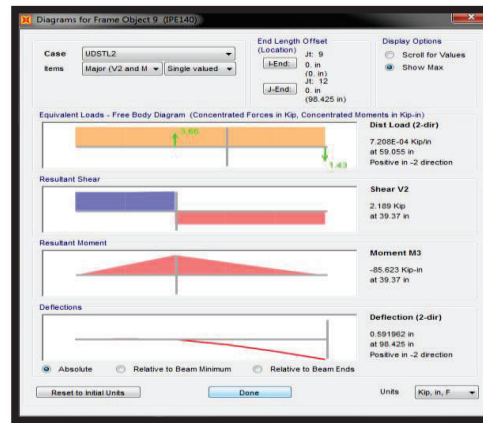


Figura 3-24.- Diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

3.6.7.8.5. Verificación de perfiles de los elementos constitutivos del dispositivo.

Los perfiles usados en el modelo son verificados en base a las proporciones de trabajo que estos presentan de acuerdo al análisis de acero que el programa ejecuta, de manera que siempre debe ser inferior a uno para asegurar un adecuado comportamiento.

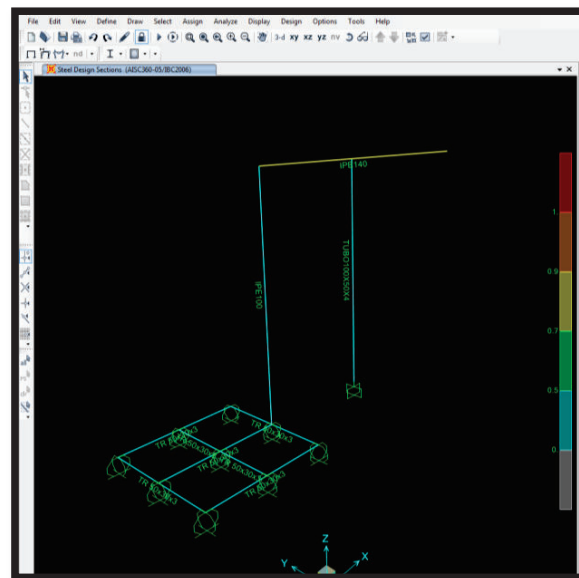


Figura 3-25.- Verificación de las secciones de los perfiles.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

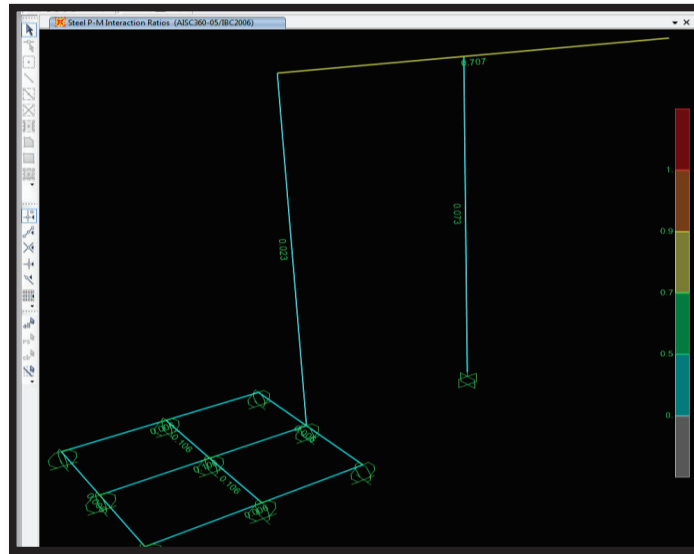


Figura 3-26.- Verificación de las relaciones de trabajo de los elementos.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

Como podemos observar en la figura 3.26 se nota claramente en el rango en el cual están trabajando los elementos constitutivos de nuestro dispositivo, siendo los valores emitidos por el programa los siguientes:

- IPE 140: 0.707
- IPE 100: 0.023
- Tubo rectangular 100x50x4 : 0.073

Si comparamos estos valores con los obtenidos en el numeral 3.6.6 podemos observar que son similares, por lo tanto la resistencia de los elementos seleccionados cumplirá con las exigencias asumidas para nuestro propósito.

3.6.8. DISEÑO DE CONEXIONES

Para el análisis de nuestro dispositivo se han considerado 3 conexiones las cuales estarán presentes en:

- Conexión viga de carga-columna posterior.
- Conexión viga de carga-columna frontal.
- Conexión columna posterior-base del contrapeso.

Cada una de estas debe ser emperrada para asegurar un fácil montaje y desmontaje del dispositivo en el área de trabajo.

Los tipos de conexiones deseadas son conexiones diseñadas únicamente a cortante.

Estas se diseñarán en base a las cargas y condiciones a las que se encuentran sometidas quedando definidas por:

3.6.8.1. CONEXIÓN VIGA DE CARGA-COLUMNA POSTERIOR

Para este efecto se tomará en cuenta el valor del cortante máximo ubicado en el extremo inicial de la viga de carga obtenido del programa SAP 200, tal que:

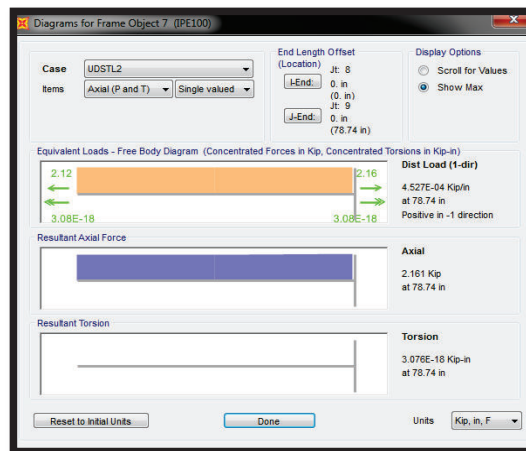


Figura 3-27.- Fuerzas axiales actuantes sobre la columna posterior.

(Fuente: Computers & Structures Inc., 2016)

Como se observa en la figura 3.27 el valor máximo de carga axial es de 2.16 Kip trabajando en tracción, por lo tanto este será nuestro valor de diseño.

El primer paso será analizar las características geométricas de los elementos que conforman el dispositivo para posteriormente definir la manera en que se realizará la conexión de los mismos.

	IPE 100	IPE 140
Altura (mm)	100	140

Ancho del patín (mm)	55	73
Espesor del alma (mm)	4.1	4.7
Espesor del patín (mm)	5.7	6.9
Radio de acuerdo (mm)	7	7

Tabla 3-10.- Propiedades geométricas de los perfiles.

(Fuente: IPAC, 2016)

Se propone una placa soldada directamente a la columna de tal manera que se pueda empernar hacia la viga de carga, por lo tanto se analizará el espacio disponible del alma de la viga para predimensionar la placa y posteriormente realizar los análisis de resistencia.

$$\text{Espacio libre} = h - 2t_f - 2r$$

$$\text{Espacio libre} = 140 - 2(6.9) - 2(7)$$

$$\text{Espacio libre} = 112.2 \text{ mm}$$

Con este valor mas las consideraciones descritas en la AISC 360-10 para distancias minimas de agujeros standard, asumiendo que se usaran pernos de diametro $\frac{3}{4}$ ", descritas en el capítulo J y mostradas a continuación, tenemos:

- Distancia mínima a los bordes según la tabla J3.4 (American Institute of Steel Construction, 2010): 1" = 25.4 mm
- Distancia mínima entre agujeros según apartado 3 para conexiones empernadas: $3d = 3 \cdot 19.05 = 57.15 \text{ mm}$.

De manera que la placa a usar será la mostrada en la figura 3.28.

Para el espesor de la placa de conexión se han considerado 6 mm efectivos puesto que el patín en donde se soldara nuestra placa tiene un espesor de 5.7 mm y para realizar una soldadura de $\frac{1}{8}$ " (3mm) según la tabla J2.4 de la AISC 360-10 podemos usar este espesor como máximo.

El posicionamiento de la placa de conexión se lo realizará como se muestra en la figura 3.29

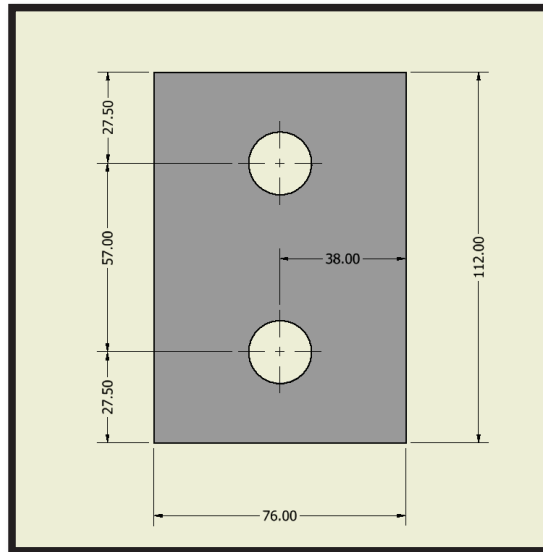


Figura 3-28.- Dimensiones de la placa para conexión viga de carga-columna posterior.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

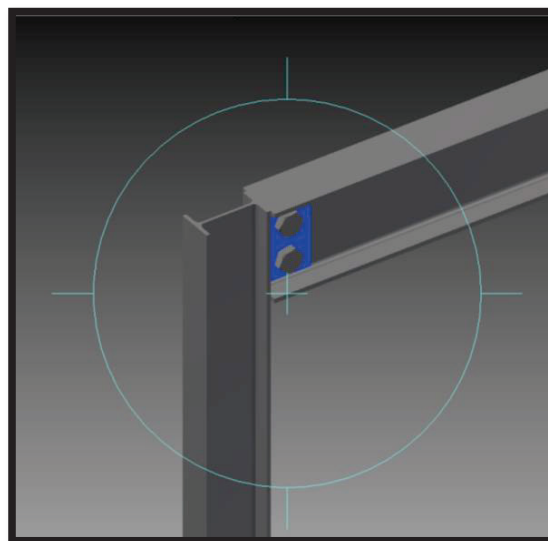


Figura 3-29.- Posición de la placa para conexión viga de carga-columna posterior.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

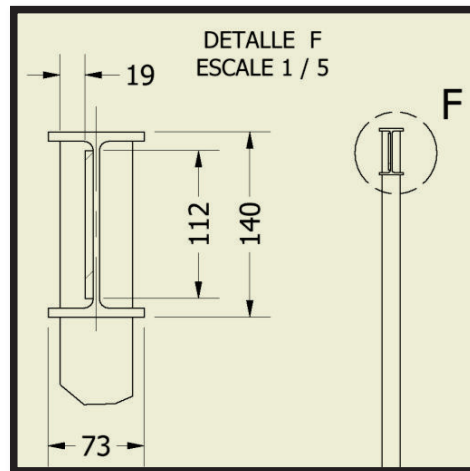


Figura 3-30.- Dimensiones en el posicionamiento de la placa de conexión.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

Posteriormente vamos a analizar la resistencia de la conexión en base a la sección J de la AISC 360-10.

3.6.8.1.1. Junta soldada placa-columna posterior

- Se usarán electrodos E70XX.
- Resistencia nominal de la soldadura de filete:

$$F_w = 0.6 * F_{exx} * (1 + 0.5 \text{sen}^{1.5}\theta)$$

Pero debido a que la fuerza que actúa sobre nuestro elemento es paralela al eje longitudinal de la soldadura que se efectuará en la placa, el ángulo es igual a 0°.

$$\therefore F_w = 0.6 * F_{exx}$$

$$F_w = 0.6 * 70 = 42 \text{ Ksi}$$

- Capacidad nominal:

$$R_n = 0.707 * w * l * F_w$$

Pero, podemos asumir la longitud como la unidad de manera que tendremos la resistencia por unidad de longitud (in), además se considerará un filete de (1/8").

$$\therefore R_n = 0.707 * w * F_w$$

$$R_n = 0.707 * (0.125) * 42$$

$$R_n = 3.712 \text{ (Kip/in)}$$

1. Resistencia admisible de la soldadura:

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{3.712}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \text{ (Kip/in)}$$

2. Fluencia por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_y * t}{1.5}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 4.72 \text{ (Kip/in)}$$

3. Ruptura por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_u * t}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 4.61 \text{ (Kip/in)}$$

De manera que la resistencia de la soldadura es la que gobierna en el diseño por ser el menor valor dentro de la conexión. Al realizar 2 cordones de 51 mm (2 in) a cada lado de nuestra placa de conexión tenemos una resistencia de:

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \left(\frac{\text{Kip}}{\text{in}} \right) * 4 \text{ in}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 7.424 \text{ (Kip)}$$

$$7.424 \text{ Kip} \geq 2.16 \text{ (Kip)} \text{ OK}$$

3.6.8.1.2. Junta empernada placa-viga de carga

- Se usarán 2 pernos ASTM A325 de diámetro $\frac{3}{4}$ "
- La placa ha sido dimensionada de manera que se cumpla con las distancias mínimas de espaciamiento entre centros (apartado J.3.3)

(American Institute of Steel Construction, 2010, pág. 121) y con las distancias mínimas a los bordes del elemento (tabla J3.4) (American Institute of Steel Construction, 2010, pág. 123)

- El diámetro para los agujeros de la placa es de 13/16", considerados en base a la tabla J3.3 para agujeros standard usados con pernos de 3/4".
- Considerando la naturaleza de la conexión, la parte que posee la tendencia más alta al fallo es la que cuenta con menor espesor, de manera que se usara el espesor del alma de la viga de carga 4.7 mm (0.185").
- Resistencia requerida: $R_a = 2.16 \text{ Kips}$

1. Resistencia al aplastamiento:

Verificamos la distancia más cercana de los agujeros al borde, en el alma de la viga, considerando que la viga no se colocara a tope con la columna debido al tamaño de la soldadura de conexión de la placa al patín de la columna 3mm (1/8") y según la figura 3.21 tenemos:

$$L_c = L_e - \text{weld} - (h/2)$$

$$L_c = 1.49 - 0.125 - (13/32)$$

$$L_c = 0.9588 \text{ (in)}$$

$$R_n = 1.2L_c t F_u \leq 2.4dt F_u$$

$$1.2L_c t F_u = 1.2 * 0.9588 * 0.185 * 65$$

$$= 13.85 \text{ (Kips)}$$

$$\text{Limite superior} = 2.4 * 0.75 * 0.185 * 65$$

$$= 21.645 \geq 13.85 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_n = 2(13.85) = \mathbf{27.7 \text{ (Kips)}}$$

2. Resistencia de los pernos al corte:

$$R_{nv} = A_p * F_v$$

$$A_p = \pi r^2$$

$$A_p = \pi(0.375)^2$$

$$A_p = 0.44178 \text{ in}^2$$

$$F_{nv} = 54 \text{ (Ksi)}$$

$$R_{nv} = 0.44178 * 54$$

$$R_{nv} = 23.86 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_{nv} = 2 \text{ pernos} * 23.86 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_{nv} = 47.72 \text{ (Kips)}$$

La resistencia de diseño será el menor valor entre los 2, de manera que:

Resistencia admisible:

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{27.7}{2} = 13.85 \text{ (Kip)}$$

$$13.85 \text{ Kip} \geq 2.16 \text{ (Kip)} \text{ OK}$$

3.6.8.2. CONEXIÓN VIGA DE CARGA-COLUMNA FRONTAL

Para poder efectuar la conexión de los elementos y que la misma sea totalmente desmontable debemos tener en consideración las medidas del patín de la viga, así como la ubicación del tubo rectangular para poder dimensionar una placa de conexión que ira soldada a la columna y esta se conecte de manera empernada al patín de la viga de carga. Podemos observar en la figura 3.24 las dimensiones disponibles de estos elementos.

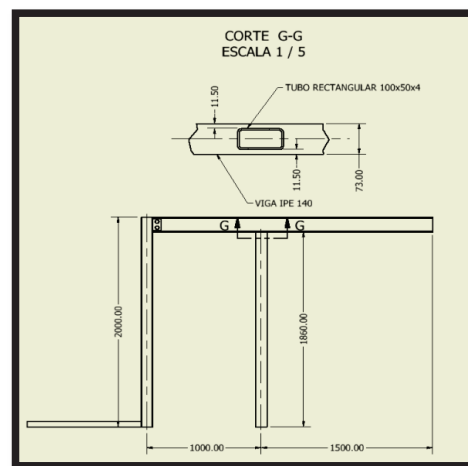


Figura 3-31.- Dimensiones disponibles entre la viga de carga y la columna frontal.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

Se asumirán 4 pernos de diámetro 1/2" para efectuar la conexión, por tal motivo es necesario conocer la distancia libre desde el alma de nuestra viga de carga hasta el borde del patín en el cual se realizaran las perforaciones. De manera que el espacio disponible será:

$$S_f = \left(\frac{b_f - t_f}{2} \right) - r$$

$$S_f = \left(\frac{73}{2} - \frac{4.7}{2} \right) - 7$$

$$S_f = 27.15 \text{ mm} = 1.069 \text{ in}$$

Para determinar las medidas mínimas de la placa se tomarán en cuenta las distancias referenciales de la tabla J3.4 y considerando 4 pernos de diámetro 1/2", tenemos:

$$L_p = L_{TR} + 4(3/4")$$

$$L_p = 4" + 3"$$

$$L_p = 7"$$

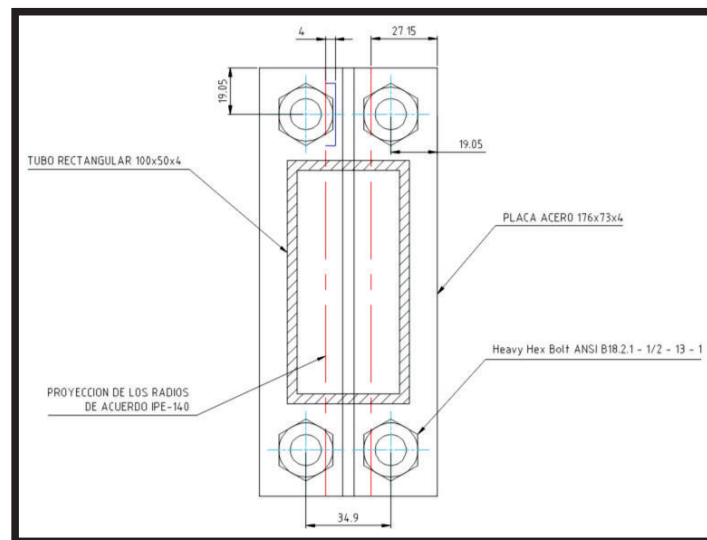


Figura 3-32.- Dimensiones mínimas para la conexión.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

Como podemos observar, no se tiene ningún inconveniente con el tamaño del agujero para el perno ya que cumple con las distancias mínimas recomendadas para los bordes de los elementos conectados, y con las distancias mínimas entre agujeros. Sin embargo al realizar el ensamble la cabeza del perno interfiere con los radios de acuerdo de la viga de carga y este no dispone del espacio suficiente para acoplarse al patin ya que se necesita un excedente de 4mm los cuales estan denotados con la linea de color azul en la figura 3.32.

Por tal motivo se tendra q soldar una placa al patin inferior de la viga de carga y una placa de las mismas características al extremo de la columna frontal, tal y como se muestra en la figura 3.33.

A continuación se comprobara que las placas propuestas para elaborar dicha conexión posean la resistencia adecuada, las placas estan sometidas a un esfuerzo de compresión a través de su area transversal. De manera que:

$$\sigma = \frac{P}{A_t} \leq \{\sigma_{adm}\} = \frac{F_y}{1.67}$$

$$A_t = \frac{P}{\frac{F_y}{1.67}}$$

$$A_t = \frac{3.7}{\frac{50}{1.67}}$$

$$A_t = 0.124 \text{ in}^2$$

Tal como se puede visualizar las placas propuestas para efectuar la conexión entre la columna frontal y la viga de carga exceden el área mínima requerida para la aplicación de manera que se son aptas para la condición a la cual serán sometidas, el espesor de las placas será de 4mm, debido a que debe exceder el tamaño del cordón de soldadura que se propone ($1/8'' = 3\text{mm}$).

Se tiene que definir la dimensión de las placas para la conexión por lo que se tomara en cuenta, la dimensión del patin de la columna (b_f), la altura del tubo rectangular adyacente a placa (h_1) y las distancias minimas desde el centro del agujero hasta los bordes de las partes conectadas (d) según la tabla J.3.4 del manual de la AISC 2010.

Por lo tanto:

- Ancho de la placa:

$$a = b_f + (2 * 2d)$$

$$a = 55 + (2 * 2(19))$$

$$a = 55 + (2 * 2(19))$$

$$a = 131 \text{ mm}$$

- Altura de la placa:

$$b = h_1 + 2d$$

$$b = 50 + 2(19)$$

$$b = 88 \text{ mm}$$

De manera que las dimensiones de las placas de acero para efectuar la conexión son 131mm x 88 mm x 4mm tal que se pueda soldar a ambos elementos.

La conexión final se vera tal como la figura 3.36 en donde estan mostradas las distancias de los centros a los bordes de los elementos conectados y de esta manera cumplir lo establecido por el manual. (American Institute of Steel Construction, 2010)

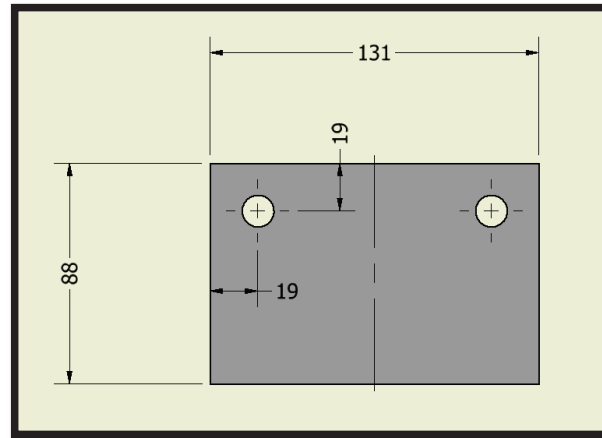


Figura 3-35.- Dimensiones para la placa de conexión columna-soporte contrapeso.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

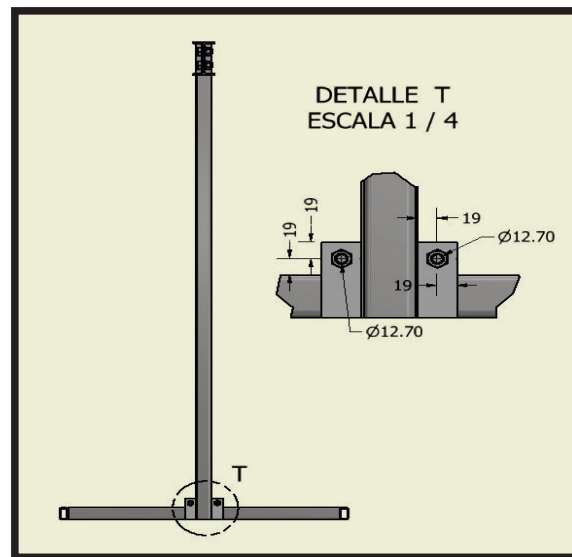


Figura 3-36.- Conexión columna posterior-soporte del contrapeso.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

Ahora se comprobará la resistencia de la conexión elaborada de manera que esta soporte la carga de corte transmitida por los 2 elementos conectados.

3.6.8.3.1. Resistencia de la soldadura en la conexión placa-soporte.

- Se usarán electrodos E70XX.

- Resistencia nominal de la soldadura de filete:

$$F_w = 0.6 * 70 = 42 \text{ Ksi}$$

- Capacidad nominal:

$$R_n = 0.707 * w * l * F_w$$

Pero, podemos asumir la longitud como la unidad de manera que tendremos la resistencia por unidad de longitud (in), además se considerará un filete de (1/8").

$$\therefore R_n = 0.707 * w * F_w$$

$$R_n = 0.707 * (0.125) * 42$$

$$R_n = 3.712 \text{ (Kip/in)}$$

1. Resistencia admisible de la soldadura:

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{3.712}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \text{ (Kip/in)}$$

2. Fluencia por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_y * t}{1.5}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 3.15 \text{ (Kip/in)}$$

3. Ruptura por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_u * t}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 3.1 \text{ (Kip/in)}$$

De manera que la resistencia de la soldadura es la que gobierna en el diseño por ser el menor valor dentro de la conexión. Al realizar 2 cordones de 38 mm (1.5 in) a cada lado de nuestra placa de conexión debido a la disponibilidad del tubo rectangular tenemos una resistencia de:

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \left(\frac{\text{Kip}}{\text{in}} \right) * 3 \text{ in}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 5.568 \text{ (Kip)}$$

$$5.568 \text{ Kip} \geq 2.16 \text{ (Kip)} \text{ OK}$$

3.6.8.3.2. Resistencia de la soldadura en la conexión placa-columna.

- Se usarán electrodos E70XX.
- Resistencia nominal de la soldadura de filete:

$$F_w = 0.6 * 70 = 42 \text{ Ksi}$$

- Capacidad nominal:

$$R_n = 0.707 * w * l * F_w$$

Pero, podemos asumir la longitud como la unidad de manera que tendremos la resistencia por unidad de longitud (in), además se considerará un filete de (1/8").

$$\therefore R_n = 0.707 * w * F_w$$

$$R_n = 0.707 * (0.125) * 42$$

$$R_n = 3.712 \text{ (Kip/in)}$$

1. Resistencia admisible de la soldadura:

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{3.712}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \text{ (Kip/in)}$$

2. Fluencia por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_y * t}{1.5}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 3.15 \text{ (Kip/in)}$$

3. Ruptura por cortante (Metal base)

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{0.6 * F_u * t}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 3.1 \text{ (Kip/in)}$$

De manera que la resistencia de la soldadura es la que gobierna en el diseño por ser el menor valor dentro de la conexión. Al realizar 2 cordones de 76 mm (3 in) a cada lado del patín de la columna tenemos una resistencia de:

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1.856 \left(\frac{Kip}{in} \right) * 6 in$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 11.136 (Kip)$$

$$11.136 Kip \geq 2.16 (Kip) \text{ OK}$$

3.6.8.3.3. Junta empernada placa soporte-placa columna

- Se usarán 2 pernos ASTM A325 de diámetro ½"
- La placa ha sido dimensionada de manera que se cumpla con las distancias mínimas de espaciamento entre centros (apartado J.3.3) (American Institute of Steel Construction, 2010) y con las distancias mínimas a los bordes del elemento (tabla J3.4) (American Institute of Steel Construction, 2010)
- El diámetro para los agujeros de la placa es de 9/16", considerados en base a la tabla J3.3 para agujeros standard usados con pernos de ½".
- Las dos placas poseen el mismo espesor, de manera que se usara 4 mm (0.157 in) para los cálculos.
- Resistencia requerida: $R_a = 2.16 Kips$

1. Resistencia al aplastamiento:

Verificamos la distancia más cercana de los agujeros al borde de la placa, según la figura 3.28 tenemos 19mm (¾"):

$$L_c = L_e - (h/2)$$

$$L_c = 0.75 - (9/32)$$

$$L_c = 0.4688 (in)$$

$$R_n = 1.2L_c t F_u \leq 2.4dt F_u$$

$$1.2L_c t F_u = 1.2 * 0.4688 * 0.157 * 65$$

$$= 5.74 \text{ (Kips)}$$

$$\text{Limite superior} = 2.4 * 0.5 * 0.157 * 65$$

$$= 12.25 \geq 5.74 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_n = 2(5.74) = \mathbf{11.48 \text{ (Kips)}}$$

2. Resistencia de los pernos al corte:

$$R_{nv} = A_p * F_v$$

$$A_p = \pi r^2$$

$$A_p = \pi(0.25)^2$$

$$A_p = 0.196 \text{ in}^2$$

$$F_{nv} = 54 \text{ (Ksi)}$$

$$R_{nv} = 0.196 * 54$$

$$R_{nv} = 10.584 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_{nv} = 2 \text{ pernos} * 10.584 \text{ (Kips/perno)}$$

$$R_{nv} = 21.168 \text{ (Kips)}$$

La resistencia de diseño será el menor valor entre los 2, de manera que:

Resistencia admisible:

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{11.48}{2} = 5.74 \text{ (Kip)}$$

$$5.74 \text{ Kip} \geq 2.16 \text{ (Kip)} \mathbf{OK}$$

3.6.8.4. DISEÑO DE LA PLACA BASE DE LA COLUMNA FRONTAL

Considerando que la placa sostendrá a la columna frontal de nuestro dispositivo, y esta transmite una carga axial de 3.66 Kips hacia la losa del edificio tendremos que dimensionar la placa de manera que esta trabaje de una manera óptima. Para eso nos basaremos en el la guía de diseño de la AISC para placas base de columnas.

Propiedades de la columna:

$$A = 100 \text{ mm} = 3.93''$$

$$h = 50 \text{ mm} = 1.97 \text{ "}$$

Propiedades de la placa propuesta:

$$N = 176 \text{ mm} = 6.92 \text{ "}$$

$$B = 149 \text{ mm} = 5.86 \text{ "}$$

Resistencia del concreto:

$$f'_c = 3 \text{ ksi}$$

De manera que la placa propuesta presenta un área de 40.55 in²

$$P_p = 0.85 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f'_c A_1$$

$$A_1 = 40.55 \text{ in}^2$$

Puesto que el área de la losa en donde se apoyará la placa es mucho mayor que el área de la placa se tiene:

$$A_2 \gg A_1$$

Por tal motivo el lado derecho de la desigualdad es el que controlara el diseño:

$$P_p = 1.7 f'_c A_1$$

$$P_p = 1.7 * 3 * 40.55$$

$$P_p = 206.85 \text{ Kips}$$

Considerando el factor $\Omega_c = 2.5$ según la AISC, encontraremos la carga admisible para nuestra placa:

$$\frac{P_p}{\Omega} = \frac{206.85}{2.5} \text{ Kips}$$

$$\frac{P_p}{\Omega} = 82.74 \text{ Kips}$$

$$82.74 \text{ Kips} > 3.66 \text{ Kips} \quad \text{OK}$$

Ahora se deberá determinar el momento flector crítico en base a las distancias desde la dimensión exterior de nuestra columna hasta los bordes de nuestra placa propuesta tal que:

$$m = \frac{6.92 - (0.95 * 3.93)}{2} = 1.593 \text{ in}$$

$$n = \frac{5.86 - (0.95 * 1.97)}{2} = 2.142 \text{ in}$$

Por lo que el momento flector crítico estará dado en la a lo ancho de la placa de manera que consideramos 2.142 in como nuestro valor de diseño. A partir de este determinaremos el espesor de la placa a utilizar.

$$f_p = \frac{P_a}{A} = \frac{3.66}{40.55} = 0.07398 \text{ Kips}$$

$$M_a = \frac{f_{pa} l^2}{2}$$

$$Z = \frac{t_p^2}{4}$$

$$\Omega_b = 1.67$$

$$M_n = M_p = F_y Z$$

$$M_a = \frac{M_n}{\Omega_b}$$

De manera que igualando y despejando las ecuaciones en función de t_p tenemos:

$$t_p = \sqrt{\frac{2 f_{pa} l^2 \Omega_b}{F_y}}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2 * (0.07398) * (2.142)^2 * 1.67}{36}}$$

$$t_p = 0.177 \text{ in} = 4.51 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

Entonces las medidas finales de nuestra placa serán (176mm x 149mm x5 mm), adicional a esto en la figura 3.37 se mostrarán las distancias de los agujeros según el capítulo J de la AISC para realizar el anclaje a la losa de concreto.

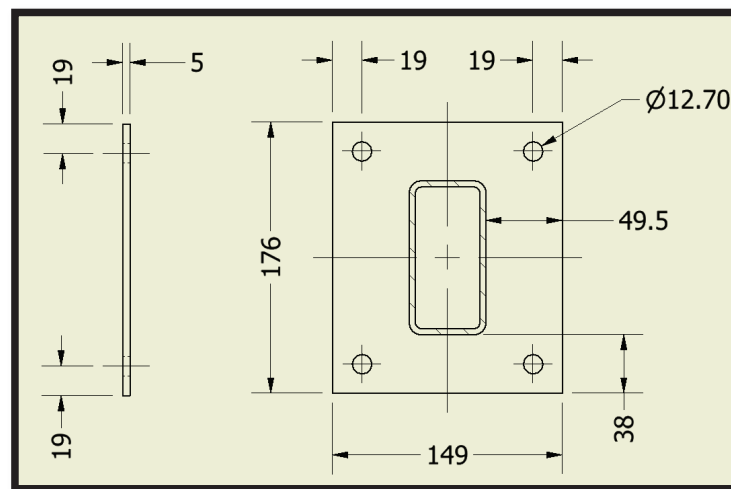


Figura 3-37.- Dimensión de la placa base y distancias de agujeros.

(Fuente: AUTODESK, 2015)

3.6.9. SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL ASCENSO DE LA TUBERÍA.

Ya que se desea elevar la tubería de carga sin que se realice un trabajo humano, se deberá implementar en nuestro dispositivo un motor para que efectúe esta tarea, de manera que la potencia del motor se la calculara considerando que es un mecanismo de elevación, tal como se muestra a continuación.

$$P = F * \frac{v}{1000 \eta}$$

P: Potencia minima del motor en KW

F: Fuerza resistente a la marcha (F = m. g)

$v = \text{velocidad en (m/s)}$

η : Rendimiento mecánico.

g : aceleración (9,8 m/s²)

Asumiremos una velocidad de traslación 10 m/min y un rendimiento mecánico del 80%, de manera que la potencia requerida es:

$$F = 648 * 9.8$$

$$F = 6350 (N)$$

$$P = 6350 * \frac{0.167}{1000 * (0.8)}$$

$$P = 1.32 \text{ KW} \approx 1.5 \text{ KW} = \mathbf{2HP}$$

Con la potencia del motor, la capacidad de carga requerida, la frecuencia y la longitud del cable de acero requerido se ha enviado la cotización del dispositivo a la empresa “Boading Juying Hosting Machinery Co. Ltd.” ubicada en China.

La cotización de este requerimiento se encuentra en el Anexo 2 del presente trabajo.

3.6.10. SELECCIÓN DE POLEAS.

La selección de poleas se ha realizado en base al catálogo de la empresa “Ruedas y garruchas” ubicado en la ciudad de Quito. Mediante un parámetro de selección de acuerdo a la carga $Q > 650$ Kg las cuales vienen incluidas con un rodamiento, y un soporte de acero para que su montaje mediante el proceso de soldadura sea fácil.

3.6.11. PLANOS DE FABRICACIÓN.

Los planos de fabricación del elevador desmontable se encuentran adjuntos en el Anexo3 del presente trabajo.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE COSTOS

4.1. ANÁLISIS FINANCIERO

El objetivo de realizar este tipo de análisis es obtener los costos de diseño, fabricación y montaje de cierto producto. Para efectuar este análisis de una manera correcta se deben determinar los costos indirectos y directos.

4.1.1. COSTOS DIRECTOS

Se puede definir como costo directo a todo valor que afecta directa y proporcionalmente a la cantidad usada del mismo al valor final del producto que se ofertara en el mercado. Dentro de la producción del elevador de carga se pueden considerar como costos directos: la materia prima, consumibles, mano de obra, transporte y herramientas.

4.1.2. COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos costos que no intervienen directamente en el valor final del producto ofertado, estos costos son derivados del proceso productivo de tal manera que este valor no se puede cargar solo a un producto sin usar un criterio de asignación.

Los ejemplos más claros de costos indirectos son los generados por personal administrativo, costos de oficina, servicios básicos, tecnologías de información o comunicación, costos de capacitación y alquileres de infraestructura.

4.1.3. RUBRO

Se conoce como rubro al rotulo o categoría que permite reunir ciertos elementos que comparten determinadas características de manera que pueden ser analizados a detalle cubriendo cada campo de afectación para poder alcanzar el costo final del mismo.

4.1.4. RENDIMIENTO

Se refiere a la relación que existe entre el tiempo de producción que se emplea y la cantidad de unidades generadas en un determinado periodo. Como caso particular se considerará una hora como periodo de análisis.

4.1.5. JORNAL / HR

Es la cantidad de dinero que percibe una persona por día de trabajo al llevar a cabo cierta actividad dentro del proceso productivo dividido para la cantidad de horas consideradas por jornada. Para el caso actual se consideran 8 horas.

4.1.6. UTILIDAD

Es el porcentaje que se adiciona al costo total del producto para obtener una rentabilidad por el bien elaborado, este valor queda a criterio del constructor sin embargo se debe encontrar un valor óptimo para ser competitivo en el mercado y percibir el retorno deseado de capital.

4.1.7. PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios de un el elemento son determinados en función del costo de maquinaria, mano de obra, materiales, transporte, costos indirectos, utilidad, costos financieros e impuestos por unidad de producción de cierto rubro.

4.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Tal y como se expresó en el numeral 4.1.7 se analizarán los precios detallados en el mismo de manera que se pueda obtener un valor unitario correcto de cada rubro para determinar el costo final del elevador de carga.

4.2.1. PRECIOS DE MATERIALES

Los lista de materiales requeridos para la fabricación del dispositivo se encuentran detallados en la tabla 4.1.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (U)
VIGA DE CARGA	IPE 140-2450mm	1
COLUMNA POSTERIOR	IPE 100-2000mm	1
COLUMNA FRONTAL	TR 100x50x4-1847mm	1
PLACA CONEXIÓN 1	ASTM A 572 GR 50 112x76x6	1
PLACA CONEXIÓN 2	ASTM A 572 GR 50 131x88x4	2
PLACA CONEXIÓN 3	ASTM A 572 GR 50 176X149X4	2
PLACA BASE COLUMNA	ASTM A 572 GR 50 176X149X5	1

PERNO HEXAGONAL 1	A 325 d=3/4" 10 UNC	2
ARANDELA 1	PLANA d=3/4"	2
TUERCA HEXAGONAL 1	d=3/4" UNC	2
PERNO HEXAGONAL 2	A 325 d=1/2" 13UNC	6
ARANDELA 2	PLANA d=1/2"	6
TUERCA HEXAGONAL 2	d=1/2" UNC 13 UNC	6
BASE DEL CONTRAPESO	TR 50x30x3-1400mm	2
BASE DEL CONTRAPESO	TR 50x30x3-940mm	4
BASE DEL CONTRAPESO	TR 50x30x3-455mm	2
BASE DEL CONTRAPESO	TR 50x30x3-370mm	2
POLEAS DE SOPORTE	RESISTENCIA > 650 Kg	2
CONTENEDOR PLÁSTICO	CAPACIDAD 1 m3 (1x1x1) m	1
PERNOS EXPANSIÓN	½" x 3"	4
MOTOR DE ELÉCTRICO	2 HP-1380 rpm / 220v/ 750 Kg /100m de cable de acero	1

Tabla 4-1.- Lista de materiales para el elevador.

(Fuente: Propia)

Una vez definidos los materiales a usar se procederá a la búsqueda de los mismos en la base de datos del sistema de compras de la empresa, el cual se actualiza con los costos más bajos de los principales proveedores de la compañía.

Debido a que el motor requerido no se encuentra en la base de datos será enviado a cotizar en el exterior, la proforma de dicho elemento está adjunta en el Anexo 2.

El motor ha sido cotizado en el mercado chino a través de la empresa "*Boading Juying Hosting Machinery Co. Ltd.*" Con un precio FOB de 189 dólares americanos.

Como ya es conocido el termino FOB "*Free on board*" es el valor de venta que poseen los productos en su lugar de origen más el costo de fletes, seguros y otros gastos en los que incurre el vendedor para colocar los bienes en el medio de transporte convenido con el comprador.

A partir de este punto los demás gastos que se deriven en la compra corren por cuenta del comprador de manera que se deben adicionar los valores de transporte desde el lugar de embarque de la aduana de salida hasta el

desembarque en la aduana de entrada, el seguro de transporte, los gastos en la terminal portuaria, los aranceles propios de cada país, las formalidades aduaneras, los impuestos de ley y el transporte interno desde el puerto hasta el lugar de recepción del producto.

El primer valor a obtener es el del transporte desde el puerto de Tianjin hasta el puerto de la ciudad de Guayaquil, asumiendo un peso total embalado de 100 Kg del elemento y un volumen de 0.256 m^3 el proveedor de servicio “*World Jaguar Tianjin*” en un tiempo aproximado de 42 días oferta un costo total de 371.96 USD tal y como se muestra en la figura 4.1.

Service Provider	Price Valid Till Frequency	Shipping Time With or without transfer	Freight Cost	Destination Cost	Total Cost	Action
World Jaguar Tianjin	2016-12-25 Sun.	42 Days Direct	USD55.00	USD316.96	USD371.96	Order

Figura 4-1.- Oferta de transporte de carga.

(Fuente: AliBaba Group, 2016)

Como se puede observar en la figura 4.2 en el valor de destino ya se encuentran consideradas las tasas portuarias, los documentos de emisión, trámites de administración, etc.

Item	Cost (USD)
Destination Cost	USD316.96
PORT TRANSFER	USD 30.00
BL	USD 31.36
Port Expenses	USD 45.00
Stripping Dest	USD 30.00
THD	USD 35.00
Administration	USD 89.60
DOC FEE	USD 56.00

Figura 4-2.- Valores incluidos en costo de destino.

(Fuente: AliBaba Group, 2016)

El siguiente valor a ser encontrado es el valor total a pagar del motor de carga. De acuerdo a los aranceles de importación definidos por la aduana del Ecuador el producto se encuentra bajo la subpartida 8425.31.90 en la cual se define como un cabrestante con motor eléctrico.

Subpartida	Código Complementario	Código Suplementario	Fecha de Inicio de Vigencia	Fecha de Fin de Vigencia	Descripción	Unidad Física
8425190000	0000	0000	01/Sept/2001		LOS DEMAS	NUMERO DE UNIDAI
8425300000	0000	0000	01/Ene/2003		LOS DEMAS TORNOS; CABRESTANTES:	
8425311000	0000	0000	15/Oct/2007		TORNOS PARA EL ASCENSO Y DESCENS	NUMERO DE UNIDAI
8425319000	0000	0000	15/Oct/2007		LOS DEMAS	NUMERO DE UNIDAI
8425391000	0000	0000	15/Oct/2007		TORNOS PARA EL ASCENSO Y DESCENS	NUMERO DE UNIDAI
8425399000	0000	0000	15/Oct/2007		LOS DEMAS	NUMERO DE UNIDAI
8425400000	0000	0000	01/Ene/2003		GATOS:	
8425410000	0000	0000	14/Ago/2008		ELEVADORES FIJOS PARA VEHICULOS A	NUMERO DE UNIDAI
8425420000	0000	0000	01/Ene/2003		LOS DEMAS GATOS HIDRAULICOS	

Figura 4-3.- Consulta de subpartida arancelaria.

(Fuente: Aduana del Ecuador, 2014)

Con la subpartida arancelaria se procede a consultar el valor de los tributos fijos a mercancías, los valores a adicionar a la base imponible del producto son Ad Valorem, Fondinfa y el IVA.

Código de Tributo	Código de Forma de Aplicación de Tributo	Fecha de Inicio de Vigencia	Fecha de Fin de Vigencia	Valor del Tributo	Criterio de Variación de Tributo	Validación de Vigencia de Arancel Fijo	Código de Base
ARANCEL ADVALOR	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		10		FECHA DE ACEPTAC	0
ANTIDUMPING	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
FONDINFA	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0.5		FECHA DE ACEPTAC	0
ICE ADVALOREM	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
PORCENTAJE TECH	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
SALVAGUARDIA	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
INCREMENTO ICE	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
AEC	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2009		0		FECHA DE ACEPTAC	0
IVA	BASE IMPONIBLE	01/Jun/2016		14		FECHA DE ACEPTAC	3152016

Figura 4-4.- Consulta de tributos fijos de mercancías.

(Fuente: Aduana del Ecuador, 2014)

Quedando el precio del producto valorado de la siguiente manera:

BASE IMPONIBLE	189	USD
-----------------------	------------	-----

	TASA	VALOR
AD VALOREM	10%	18.9
FONDINFA	0.50%	0.95

SUBTOTAL	208.85	USD
IVA 14%	29.2383	USD
TOTAL	238.08	USD

El siguiente costo es el del transporte de la ciudad de Guayaquil hasta la ciudad de Quito, el cual está valorado en 60 USD.

Por lo que el precio final del motor será:

$$V_f = 371.96 + 238.08 + 60 = \mathbf{670.04 \text{ USD}}$$

De manera que los precios finales de nuestros materiales son los mostrados en la tabla 4.2.

DESCRIPCIÓN	Cantidad (U)	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
IPE 140-2450 mm ASTM a572 gr 50	1	32.55	32.55
IPE 100-2000 mm ASTM a572 gr 50	1	16.68	16.68
TUBO RECTANGULAR 100x50x4-1847mm ASTM 500 gr B	1	12.73	12.73
ASTM A 572 GR 50 112x76x6 mm	1	1.50	1.5
ASTM A 572 GR 50 131x88x4 mm	2	1.80	3.60
ASTM A 572 GR 50 176X149X4 mm	2	2.10	4.20
ASTM A 572 GR 50 176X149X5 mm	1	2.10	2.10
PERNO HEXAGONAL A 325 d=3/4"	2	0.62	1.24
ARANDELA PLANA d=3/4"	2	0.10	0.20
TUERCA HEXAGONAL d=3/4"	2	0.36	0.72
PERNO HEXAGONAL A 325 d=1/2"	6	0.41	2.46
ARANDELA PLANA d=1/2"	6	0.08	0.48
TUERCA HEXAGONAL d=1/2"	6	0.14	0.84
TUBO RECTANGULAR 50x30x3-8210mm ASTM 500 gr B	1	20.89	20.89
POLEAS DE SOPORTE	2	43.25	86.50
MOTOR ELÉCTRICO	1	670.04	670.04

Tabla 4-2.- Lista de precios de materiales.

(Fuente: Propia)

4.2.2. PRECIOS DE MANO DE OBRA.

Primero se definirán los procesos que deben efectuar los instaladores para la construcción del elevador, los mismos que están detallados en la tabla 4.3

1	Limpieza superficial de las piezas.
2	Corte del tubo rectangular de 50x30x3 a las medidas requeridas
3	Elaboración de la PLACA 1
4	Elaboración de las PLACAS 2
5	Elaboración de las PLACAS 3
6	Elaboración de la PLACA BASE
7	Elaboración de agujeros pasantes en la viga de carga
8	Elaboración de la base del contrapeso.
9	Soldadura de PLACA 1 a la columna posterior.
10	Soldadura de PLACA 2 a la base del contrapeso.
11	Soldadura de PLACA 2 a la columna frontal.
12	Soldadura de PLACA 3 a viga de carga.
13	Soldadura de PLACA 3 a columna frontal.
14	Soldadura de PLACA BASE a columna frontal.
15	Soldadura de poleas a la viga de carga.
16	Aplicación de desoxidante.
17	Aplicación de pintura de todos los elementos.
18	Unión de piezas mediante los pernos.

Tabla 4-3.- Lista de procesos para la fabricación.

(Fuente: Propia)

A partir de la lista de procesos mostrados en la tabla 4.3 se realizará un análisis de rendimientos de producción de los trabajadores otorgados por la compañía para cada tipo de tarea a realizar, las cantidades a producir y el costo de mano de obra por día de trabajo.

PROCESO	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO	UNIDAD	USD/día MO	CANTIDAD
Limpieza superficial de las piezas	Ayudante	16	m2	35	4.16
Corte del tubo rectangular de 50x30x3 a las medidas requeridas	Ayudante	100	U	35	6
Elaboración de la PLACA 1	Instalador	40	U	40	1
	Ayudante	40	U	35	1
Elaboración de las PLACAS 2	Instalador	28	U	40	2
	Ayudante	28	U	35	2

Elaboración de las PLACAS 3	Instalador	24	U	40	2
	Ayudante	24	U	35	2
Elaboración de la PLACA BASE	Instalador	22	U	40	1
	Ayudante	22	U	35	1
Elaboración de agujeros pasantes en la viga de carga	Instalador	30	U	40	2
	Ayudante	30	U	35	2
Elaboración de la base del contrapeso.	Soldador	5	U	60	1
	Ayudante	5	U	35	1
Soldadura de PLACA 1 a la columna posterior.	Soldador	4500	cm	80	22.4
	Ayudante	4500	cm	35	22.4
Soldadura de PLACA 2 a la base del contrapeso.	Soldador	4500	cm	80	10
	Ayudante	4500	cm	35	10
Soldadura de PLACA 2 a la columna frontal.	Soldador	4500	cm	80	19.6
	Ayudante	4500	cm	35	19.6
Soldadura de PLACA 3 a viga de carga.	Soldador	4500	cm	80	35.2
	Ayudante	4500	cm	35	35.2
Soldadura de PLACA 3 a columna frontal.	Soldador	4500	cm	80	30
	Ayudante	4500	cm	35	30
Soldadura de PLACA BASE a columna frontal.	Soldador	4500	cm	80	30
	Ayudante	4500	cm	35	30
Soldadura de poleas a la viga de carga	Soldador	4500	cm	80	24
	Ayudante	4500	cm	35	24
Aplicación de desoxidante.	Instalador	100	m2	80	4.16
	Ayudante	100	m2	35	4.16
Aplicación de pintura de todos los elementos.	Instalador	10	m2	80	4.16
	Ayudante	10	m2	35	4.16
Unión de piezas mediante los pernos.	Instalador	120	U	80	8
	Ayudante	120	U	35	8

Tabla 4-4.- Rendimientos y valores de jornada.

(Fuente: Propia)

4.2.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS DE EXPANSIÓN ½"x3"

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS DE EXPANSIÓN 1/2" x 3"

CÓDIGO: E-13

DETALLE:

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.06	3.43%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.12	6.85%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.19					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	8.00	8.00	0.05	0.40	22.15%	2002	EP	100.00%	22.15%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.05	0.22	12.11%	2001	EP	100.00%	12.11%
SUBTOTAL N					0.62					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
PERNO EXPANSIÓN 1/2"x3"	unidad	1.000	0.97	0.97	53.70%	3031	NP	0.00%	0.00%	
BROCA CONCRETO 1/2"	unidad	0.001	9.85	0.02	1.11%	3032	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO	par	0.003	4.75	0.01	0.66%	3003	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				1.00						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.81	100.00%		34.26%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	0.54			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.35			
VALOR OFERTADO	2.35			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.4. SUMINISTRO RECIPIENTE CONTENEDOR PLÁSTICO 1m3

RUBRO:
RECIPIENTE PLASTICO CONTENEDOR 1m3

UNIDAD: UNIDAD
CÓDIGO: E-12

DETALLE:

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.00	0.00%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.00	0.00%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.00					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	0	8.00	0.00	0.50	0.00	0.00%	2002	EP	100.00%	0.00%
AYUDANTE	0	4.38	0.00	0.50	0.00	0.00%	2001	EP	100.00%	0.00%
SUBTOTAL N					0.00					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
CONTENEDOR 1 m3	unidad	1.000	50.00	50.00	100.00%	3030	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				50.00						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	50.00	100.00%		0.00%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	15.00			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	65.00			
VALOR OFERTADO	65.00			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.5. SUMINISTRO DE POLEAS Q>650Kg

RUBRO:
SUMINISTRO DE POLEAS Q>650 Kg

UNIDAD: UNIDAD
CÓDIGO: E-11

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.00	0.00%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.00	0.00%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.00					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	0	8.00	0.00	0.50	0.00	0.00%	2002	EP	100.00%	0.00%
AYUDANTE	0	4.38	0.00	0.50	0.00	0.00%	2001	EP	100.00%	0.00%
SUBTOTAL N					0.00					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
POLEAS	unidad	1.000	43.25	43.25		100.00%	3029	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL O				43.25						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	43.25	100.00%		0.00%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	12.98			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	56.23			
VALOR OFERTADO	56.23			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

**4.2.6. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR 2HP/220V/1380 RPM/
100m CABLE DE ACERO.**

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR 2HP/220V/1380 RPM/ 100m
CABLE DE ACERO

CÓDIGO: E-10

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.62	0.09%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		1.24	0.18%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					1.86					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	8.00	8.00	0.50	4.00	0.59%	2002	EP	100.00%	0.59%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.50	2.19	0.32%	2001	EP	100.00%	0.32%
SUBTOTAL N					6.19					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
MOTOR ELEVACION 2HP/220V/1380RPM	unidad	1.000	670.04	670.04	98.81%	3022	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO	par	0.006	4.75	0.03	0.00%	3003	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				670.07						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	678.11	100.00%		0.91%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	203.43			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	881.55			
VALOR OFERTADO	881.55			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.7. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A325 d=1/2"

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A 325 d=1/2"

CÓDIGO: E-9

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/N D	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.04	3.49%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.08	6.99%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.12					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/N D	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	8.00	8.00	0.03	0.27	22.59%	2002	EP	100.00%	22.59%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.03	0.15	12.36%	2001	EP	100.00%	12.36%
SUBTOTAL N					0.41					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/N D	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
PERNO HEXAGONAL 1/2"	unidad	1.000	0.41	0.41	34.77%	3022	NP	0.00%	0.00%	
TUERCA HEXAGONAL 1/2"	unidad	1.000	0.14	0.14	12.00%	3023	NP	0.00%	0.00%	
ARANDELA PLANA 1/2"	unidad	1.000	0.08	0.08	6.78%	3024	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO	par	0.003	4.75	0.01	1.01%	3003	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				0.64						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/N D	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.18	100.00%	34.95%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	0.35		
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00		
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.53		
VALOR OFERTADO	1.53		

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.8. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A325 d=3/4"

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A 325 d=3/4"

CÓDIGO: E-8

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.04	2.53%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.08	5.06%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.12					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	8.00	8.00	0.03	0.27	16.37%	2002	EP	100.00%	16.37%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.03	0.15	8.95%	2001	EP	100.00%	8.95%
SUBTOTAL N					0.41					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
PERNO HEXAGONAL 3/4"	unidad	1.000	0.62	0.62	38.09%	3022	NP	0.00%	0.00%	
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	unidad	1.000	0.36	0.36	22.12%	3023	NP	0.00%	0.00%	
ARANDELA PLANA 3/4"	unidad	1.000	0.10	0.10	6.14%	3024	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO	par	0.003	4.75	0.01	0.73%	3003	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				1.09						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/E P/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.63	100.00 %		25.32%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	0.49			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.12			
VALOR OFERTADO	2.12			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.9. SOLDADURA DE ELEMENTOS

RUBRO:

UNIDAD: CENTIMETRO

SOLDADURA DE ELEMENTOS

CÓDIGO: E-7

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.00	1.10%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.01	2.20%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.01					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
SOLDADOR	1	10.00	10.00	0.0018	0.02	7.65%	2003	EP	100.00%	7.65%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.0018	0.01	3.35%	2001	EP	100.00%	3.35%
SUBTOTAL N					0.03					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
ELECTRODO E7018 1/8"	kilogramo	0.003	5.33	0.02		7.14%	3017	NP	0.00%	0.00%
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01		4.11%	3003	NP	0.00%	0.00%
CEPILLO CIRCULAR TEENZADO 6"x1/2"x5/8"	unidad	0.011	14.00	0.15		65.97%	3001	NP	0.00%	0.00%
DISCO DE DESBASTE HIERRO 7" x 1/4"	unidad	0.00	5.0200	0.01		3.91%	3019	NP	0.00%	0.00%
VIDRIO PARA SOLDADR #10	unidad	0.00	0.1760	0.00		0.37%	3020	NP	0.00%	0.00%
GUANTES API	par	0.00	6.5000	0.01		4.21%	3021	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL O				0.20						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.23	100.00%		11.00%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	0.07			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.30			
VALOR OFERTADO	0.30			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.10. BASE DEL CONTRAPESO

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

BASE DEL CONTRAPESO

CÓDIGO: E-6

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIF A B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENT O R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		3.88	4.34%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		7.75	8.67%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					11.63					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNA L/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENT O R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
SOLDADOR	1	10.00	10.00	2.00	20.00	22.38%	2003	EP	100.00%	22.38%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	2.00	8.75	9.79%	2001	EP	100.00%	9.79%
INSTALADOR	1	5.00	5.00	2.00	10.00	11.19%	2002	EP	100.00%	11.19%
SUBTOTAL N					38.75					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
ELECTRODO E7018 1/8"	kilogramo	0.500	5.33	2.67	2.98%	3017	NP	0.00%	0.00%	
TUBO RECTANGULAR 50x30x3 x 8210mm	unidad	1.000	20.89	20.89	23.38%	3018	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.01%	3003	NP	0.00%	0.00%	
CEPILLO CIRCULAR TEENZADO 6"x1/2"x5/8"	unidad	0.016	14.00	0.22	0.25%	3001	NP	0.00%	0.00%	
DISCO DE DESBASTE HIERRO 7" x 1/4"	unidad	0.00	5.0200	0.01	0.01%	3019	NP	0.00%	0.00%	
VIDRIO PARA SOLDADR #10	unidad	0.00	0.1760	0.00	0.00%	3020	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES API	par	0.00	6.5000	0.01	0.01%	3021	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.015	0.94	0.01	0.02%	3007	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	1.000	0.20	0.20	0.22%	3008	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.604	12.32	7.44	8.33%	3009	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.428	17.56	7.52	8.41%	3011	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				38.98						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	89.35	100.00%		43.37%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	26.81			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	116.16			
VALOR OFERTADO	116.16			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.11. PROVISIÓN DE PLACA BASE

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

PROVISION DE PLACA BASE

CÓDIGO: E-5

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.26	4.16%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.52	8.33%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.78					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDA D A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	4.38	4.38	0.32	1.40	22.42%	2002	EP	100.00 %	22.42%
AYUDANTE	1	3.75	3.75	0.32	1.20	19.22%	2001	EP	100.00 %	19.22%
SUBTOTAL N					2.60					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
BROCA HSS 1/2"	unidad	0.001	10.89	0.02	0.32%	3013	NP	0.00%	0.00%	
GAFAS SEGURIDAD	unidad	0.003	2.56	0.01	0.10%	3006	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.15%	3003	NP	0.00%	0.00%	
PLACA 176 X 149 x 5 mm	unidad	1.000	2.13	2.13	34.11%	3016	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.005	0.94	0.00	0.08%	3007	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	0.500	0.20	0.10	1.60%	3008	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.024	12.32	0.30	4.73%	3009	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.017	17.56	0.30	4.78%	3011	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				2.86						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/ EP/ ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	6.24	100.00%		41.63%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	1.87			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	8.12			
VALOR OFERTADO	8.12			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.12. PROVISIÓN DE PLACA 176x149x4

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

PROVISIÓN DE PLACA 176x149x4

CÓDIGO

: E-4

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.25	4.12%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.50	8.25%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.75					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNA L/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	5.00	5.00	0.27	1.33	22.00%	2002	EP	100.00%	22.00%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.27	1.16	19.25%	2001	EP	100.00%	19.25%
SUBTOTAL N					2.49					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
BROCA HSS 1/2"	unidad	0.001	10.89	0.02	0.33%	3013	NP	0.00%	0.00%	
GAFAS SEGURIDAD	unidad	0.003	2.56	0.01	0.11%	3006	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.16%	3003	NP	0.00%	0.00%	
PLACA 176 x 149 x 4 mm	unidad	1.000	2.10	2.10	34.73%	3015	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.005	0.94	0.00	0.08%	3007	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	0.500	0.20	0.10	1.65%	3008	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.023	12.32	0.28	4.69%	3009	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.016	17.56	0.28	4.65%	3011	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				2.80						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	6.05	100.00%		41.24%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	1.81			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	7.86			
VALOR OFERTADO	7.86			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.13. PROVISIÓN DE PLACA 131x88x4

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

PROVISION DE PLACA 131x88x4

CÓDIGO: E-3

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.21	4.08%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.41	8.15%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.62					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	5.00	5.00	0.22	1.10	21.74%	2002	EP	100.00%	21.74%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.22	0.96	19.02%	2001	EP	100.00%	19.02%
SUBTOTAL N					2.06					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
BROCA HSS 1/2"	unidad	0.001	10.89	0.02	0.40%	3013	NP	0.00%	0.00%	
GAFAS SEGURIDAD	unidad	0.003	2.56	0.01	0.13%	3006	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.19%	3003	NP	0.00%	0.00%	
PLACA 131 x 88 x 4 mm	unidad	1.000	1.80	1.80	35.58%	3014	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.005	0.94	0.00	0.09%	3007	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	0.500	0.20	0.10	1.98%	3008	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.017	12.32	0.21	4.14%	3009	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.013	17.56	0.23	4.51%	3011	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				2.38						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	5.06	100.00%		40.76%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	1.52			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	6.58			
VALOR OFERTADO	6.58			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.14. PROVISIÓN DE PLACA 112x76x6

RUBRO:

UNIDAD: UNIDAD

PROVISION DE PLACA 112x76x6

CÓDIGO

: E-2

DETALLE :

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.19	4.19%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.38	8.38%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.56					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
INSTALADOR	1	5.00	5.00	0.20	1.00	22.35%	2002	EP	100.00%	22.35%
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.20	0.88	19.56%	2001	EP	100.00%	19.56%
SUBTOTAL N					1.88					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
BROCA HSS 3/4"	unidad	0.001	14.69	0.02	0.45%	3005	NP	0.00%	0.00%	
GAFAS SEGURIDAD	unidad	0.003	2.56	0.01	0.14%	3006	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.21%	3003	NP	0.00%	0.00%	
PLACA 112 x 76 x6 mm	unidad	1.000	1.50	1.50	33.53%	3012	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.005	0.94	0.00	0.10%	3007	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	0.500	0.20	0.10	2.24%	3008	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.015	12.32	0.18	4.13%	3009	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.012	17.56	0.21	4.71%	3011	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				2.04						

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP/ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.47	100.00%		41.91%
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %	1.34			
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO	5.82			
VALOR OFERTADO	5.82			

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

4.2.15. SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

RUBRO:
SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ELEMENTOS
ESTRUCTURALES PRINCIPALES

UNIDAD: Kg
CÓDIGO: E-1

EQUIPOS										
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
HERRAMIENTAS MENORES	10%MO		0.00		0.12	3.20%	1001	NP	0.00%	0.00%
HERRAMIENTAS MAYORES	20%MO		0.00		0.25	6.41%	1002	NP	0.00%	0.00%
SUBTOTAL M					0.37					

MANO DE OBRA										
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)	CANTIDA D A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento
AYUDANTE	1	4.38	4.38	0.11	0.47	12.22%	2001	EP	100.00%	12.22%
INSTALADOR	1	5.00	5.00	0.15	0.76	19.83%	2002	EP	100.00%	19.83%
SUBTOTAL N					1.23					

MATERIALES										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
CEPILLO CIRCULAR TRENZADO	unidad	0.002	14.00	0.03	0.73%	3001	NP	0.00%	0.00%	
MICA PARA ESMERILAR	unidad	0.003	3.65	0.01	0.24%	3002	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.25%	3003	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA	unidad	0.002	2.14	0.00	0.11%	3004	NP	0.00%	0.00%	
BROCA HSS 3/4"	unidad	0.001	14.69	0.02	0.52%	3005	NP	0.00%	0.00%	
GAFAS SEGURIDAD	unidad	0.003	2.56	0.01	0.17%	3006	NP	0.00%	0.00%	
GUANTES DE CUERO CORTOS	unidad	0.002	4.75	0.01	0.25%	3007	NP	0.00%	0.00%	
MASCARILLA POLVO TOXICO	unidad	0.003	0.94	0.00	0.12%	3008	NP	0.00%	0.00%	
LIMPIEZA WHYPE	unidad	0.250	0.20	0.05	1.30%	3009	NP	0.00%	0.00%	
PINTURA ROJA LIDERGLOSS 4000	Galón	0.040	12.32	0.49	12.86%	3010	NP	0.00%	0.00%	
ACERO ASTMA 572 Gr 50	Kilogramo	1.000	1.25	1.25	32.62%	3011	NP	0.00%	0.00%	
FONDO ANTIOXIDANTE GRIS MATE	Galón	0.020	17.56	0.35	9.16%	3012	NP	0.00%	0.00%	
SUBTOTAL O				2.24			NP	0.00%	0.00%	

TRANSPORTE										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO C=A*B	PRT (%)	CPC Elemento	NP/EP /ND	VAE (%)	VAE (%) Elemento	
SUBTOTAL P				0						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3.83	100.00%				32.05%	
INDIRECTOS Y UTILIDADES 30 %				1.15						
OTROS INDIRECTOS 0.00%				0.00						
COSTO TOTAL DEL RUBRO				4.98						
VALOR OFERTADO				4.98						

4.2.16. COSTO TOTAL DEL ELEVADOR DESMONTABLE

CODIGO	RUBRO	PRECIO UNITARIO (USD)	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (USD)
E-1	SUMINISTRO PROVISION, E INSTALACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES	4.98	Kilogramo	64.771	322.67
E-2	PROVISION DE PLACA 112x76x6	5.82	Unidad	1	5.82
E-3	PROVISION DE PLACA 131x88x4	6.58	Unidad	2	13.15
E-4	PROVISIÓN DE PLACA 176x149x4	7.86	Unidad	2	15.72
E-5	PROVISION DE PLACA BASE	8.12	Unidad	1	8.12
E-6	BASE DEL CONTRAPESO	116.16	Unidad	1	116.16
E-7	SOLDADURA DE ELEMENTOS	0.30	Centímetro	342.4	102.97
E-8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A 325 d=3/4"	2.12	Unidad	2	4.23
E-9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS ASTM A 325 d=1/2"	1.53	Unidad	6	9.20
E-10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOTOR 2HP/220V/1380 RPM/ 100m CABLE DE ACERO	881.55	Unidad	1	881.55
E-11	SUMINISTRO DE POLEAS Q>650Kg	56.23	Unidad	2	112.45
E-12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS DE EXPANSIÓN 1/2" x 3"	2.35	Unidad	4	9.39
E-13	SUMINISTRO DE RECIPIENTE CONTENEDOR 1m3	65.00	Unidad	1	65.00
SUBTOTAL					1666.43
IVA 14%					233.30
TOTAL					1899.73

Tabla 4-5.-Costo final del elevador desmontable.

(Fuente: Propia)

4.4.- CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN

El cronograma de fabricación del elevador se lo realizará en función de las actividades de fabricación enumeradas en el apartado 4.2.2 del presente trabajo.

Es conveniente recalcar que las actividades de producción son evaluadas en tiempos unicamente con tres tipos de operarios: un soldador, un instalador y un ayudante de manera que varios trabajos en los que se requiera la presencia de uno de ellos no pueden ser llevados a cabo al mismo tiempo. Se han tomado en cuenta tambien las pausas de trabajo, regimen de trabajo de las maquinas y tiempos muertos en el posicionamiento de las piezas y afinamiento de la maquinaria a usar.

De manera que con todas las consideraciones expresadas en el parrafo anterior el cronograma queda definido de la siguiente manera:

CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN										
CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN ELEVADOR DESMONTABLE PARA TUBERÍA DE GLP										
ACTIVIDADES FABRICACIÓN	DIAS #									
	SEMANA 1					SEMANA 2				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Limpieza superficial de las piezas	X									
Corte del tubo rectangular 50x30x3 a medidas requeridas	X									
Elaboración de Placa 1	X									
Elaboración de Placa 2	X									
Elaboración de Placa 3	X									
Elaboración de Placa Base	X									
Elaboración de agujeros pasantes	X									
Fabricación base del contrapeso		X	X							
Soldadura placa 1-columna posterior			X							
Soldadura placa 2-base del contrapeso			X							
Soldadura placa2-columna posterior			X							
Soldadura placa 3 - viga de carga			X							
Soldadura placa 3 - columna frontal			X							
Soldadura placa base - columna frontal			X							
Soldadura de poleas a la viga de carga			X							
Aplicación de desoxidante				X	X					
Aplicación de pintura				X	X					
Union de piezas mediante juntas empernadas					X					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(Fuente: Propia)

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se diseñó el elevador para tubería de carga de GLP aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera y cumpliendo todos los requerimientos expuestos en la norma AISC 360-10 para las diferentes sollicitaciones de esfuerzo, además de la simulación del modelo en el programa SAP200 en donde se muestra el comportamiento del elevador y a través de este verificar los resultados obtenidos con los métodos tradicionales de cálculo de manera que se pueda garantizar a los instaladores de la compañía la ejecución de un trabajo más rápido y seguro.
- Se aseguró el fácil montaje y desmontaje de los elementos del dispositivo gracias al uso de conexiones empernadas, las mismas que han sido analizadas en función de los estados límite característicos que éstas poseen y están consideradas en el manual de la AISC.
- Se utilizó el método de esfuerzos admisibles (ASD) para todos los elementos, placas y conexiones por la confiabilidad que este presenta al trabajar en la zona elástica del material al procurar conseguir que los esfuerzos unitarios actuantes sean menores que los esfuerzos admisibles siendo estos últimos una fracción del total debido al factor de seguridad.
- Se elaboró un análisis de precios unitarios a detalle de manera que se puede verificar los rubros más altos dentro de la producción, las ventajas y desventajas de la importación de un producto desde el mercado asiático, así como también la importancia de los rendimientos de los operadores que ejecutan la tarea para de esta manera poder optimizar los procesos y materiales.
- Se seleccionó el acero ASTM A572 Gr 50 debido a sus mejores propiedades mecánicas y de esta manera reducir el peso de las secciones.

- Se consideraron perfiles bajo norma DIN; perfiles IPE, debido a la facilidad de compra que estos nos brindan dentro del mercado local.

RECOMENDACIONES

- Siempre es recomendable que el personal que ejecuta tareas técnicas especializadas sea debidamente entrenado en su especialidad, puesto que de esta manera se puede obtener un ahorro gracias a la reducción en los tiempos de trabajo, cantidad de mano de obra, así como garantizar el trabajo que se realiza.
- Se recomienda nunca colocar cargas mayores para las que fue diseñado el elevador y de esta manera asegurar el óptimo funcionamiento del mismo sin que se presenten fallas de servicio.
- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo adecuado cada cierto periodo para de esta manera asegurar la vida útil esperada, ya que los recubrimientos superficiales como antioxidante y pintura van perdiendo su efectividad debido al paso del tiempo, las malas condiciones de servicio o el constante uso de los elementos del dispositivo.
- Se recomienda el uso de conexiones empernadas en todo tipo de estructura metálica debido a que se reduce el tiempo de trabajo, el tiempo de montaje, la mano de obra y la cantidad de consumibles utilizados para la construcción de un elemento.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHS. (2012). *Seguridad para Trabajos en Altura*. Recuperado el 22 de 11 de 2015, de <https://higieneysseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/08/seguridad-para-trabajos-en-altura.pdf>
- Adolfo, L. (1988). *Seguridad e higiene en el trabajo*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Aduana del Ecuador. (2014). *Servicio Nacional de Aduana del Ecuador*. Obtenido de http://ecuapass.aduana.gob.ec/ipt_server/ipt_flex/ipt_arancel.jsp
- AliBaba Group. (2016). *AliBaba*. Obtenido de <https://www.alibaba.com/>
- American Institute of Steel Construction. (1985). *Connections Teaching Toolkit*. Florida.
- American Institute of Steel Construction. (2003). *Column Base Plates*.
- American Institute of Steel Construction. (2010). *DESIGN EXAMPLES Version 13.1*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. (2010). *Manual of Steel Construction*. Chicago.
- American Institute of Steel Construction. (2010). *SPECIFICATIONS FOR STRUCTURAL STEEL BUILDINGS ANSI/AISC 360-10*. Chile: Asociacion latinoamericana del acero.
- American Society of Civil Engineers. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures ASCE/SEI 7-10*. Virginia.
- AUTODESK. (2015). Autodesk Inventor.
- AVION REVUE. (25 de 08 de 2009). *Microsiervos*. Recuperado el 22 de 11 de 2015, de <http://www.microsiervos.com/archivo/aerotrastorno/presentados-fuselajes-airbus-350-y-bombardier-cseries.html>
- Computers & Structures Inc. (2016). SAP 2000 V18.

- CYPE Ingenieros. (s.f.). *CYPE Biblioteca de Detalles Constructivos*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de CYPE Biblioteca de Detalles Constructivos: <http://detallesconstructivos.mx.cype.com/EAC805.html>
- DEACERO. (2013). *Cables de Acero*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2015, de Cables de Acero: <http://www.cablesdeacero.com.mx/Anexos/Catalogo.pdf>
- elementos.org.es. (2013). *Elementos*. Obtenido de <http://elementos.org.es/aluminio>
- EMCOCABLES. (s.f.). *Emcocables-Catálogos*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2015, de Emcocables-Catálogos: <http://www.emcocables.com/catalogos/cables.pdf>
- Flores, F. R. (18 de Febrero de 2015). *Slideshare*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de Slideshare: <http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/resistencia-de-materiales-44818185>
- Garza, A. (01 de agosto de 2013). *slideshare*. Recuperado el 24 de junio de 2015, de <http://www.slideshare.net/92arturogarzaestrada/cables-deacero-teoria>
- IEPI ECUADOR. (2016). *ARANCEL INTEGRADO DE IMPORTACIONES DEL ECUADOR*. QUITO: IMAGENPRESS.
- INEN-2260. (2010). *INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL*. QUITO-ECUADOR: INEN.
- INEN-2494. (2009). *GASODUCTOS. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE GASES COMBUSTIBLES POR MEDIO DE DUCTOS. REQUISITOS*. QUITO.
- Ingemecánica. (2014). *Ingemecánica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html#introduccion>
- Ingeniería Hidráulica Nicaragua. (s.f.). *IHNICARAGUA*. Recuperado el 20 de 11 de 2015, de Ingeniería Hidráulica Nicaragua: <http://ihnicaragua.com/productos.html>

ISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 22 de 11 de 2015, de Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Meriam, J. L. (1998). *Mecanica para ingenieros ESTATICA*. Barcelona: Reverte.

Metaza. (2013). *Metaza*. Obtenido de Metaza: http://www.metaza.com.co/media/acero_hot_rolled.pdf

Ministerio de Relaciones Laborales. (13 de 08 de 2013). <http://www.trabajo.gob.ec>. Recuperado el 19 de 06 de 2015, de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/NT-01-Trabajo-en-Altura.pdf>

Montañez, N. (2014). *estructurasnancymontañez*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de *estructurasnancymontañez*: <http://estructurasnancy.weebly.com/tipos-de-esfuerzos.html>

Pisarenko, G. S. (1985). *Manual de Resistencia de materiales*. Moscu: Mir.

Salas, R. A. (2013). *Analisis de deterioror por fatiga en torones de pesfuerzos utilizados en puentes*. Sanfandila: Instituto mexicano del transporte.

Secretaria de Gobernación. (22 de Agosto de 2013). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2015, de Diario Oficial de la Federación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5311358&fecha=22/08/2013

Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2002). *Diseño en Inegnieria Mecanica*. Mexico: Mc. Graw Hill.

SOLIMEF. (2010). *SOLIMEF*. Recuperado el 23 de 11 de 2015, de SOLIMEF: http://solimef.com/Fabricaciones_Metalicas.html

Starchevich, J. C. (04 de Diciembre de 2010). *Crterios de Pensamiento*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2015, de

<http://juancastarcreaciones.blogspot.com/2010/12/calculo-y-dimensionamiento-de-una-viga.html>

Talleres E. Tolosa Davia. (2010). *Empresa Talleres Esteban Tolosa Davia*. Recuperado el 22 de 11 de 2015, de Empresa Talleres Esteban Tolosa Davia: <http://talleresetd.com/empresa-depositos-acero-inoxidable-conduccion-liquidos-automatizacion-procesos/>

Timoshenko, S. (1989). *Theory of plates and shells*. Estados Unidos: Mc. Graw Hill.

Todo Ingeniería Industrial. (2012). *Todo Ingeniería Industrial*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de Todo Ingeniería Industrial: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/2-3-sistemas-de-medicion-temperatura-presion-torsion-y-esfuerzos-mecanicos/>

Universidad Politécnica de Madrid. (28 de Abril de 2015). *MateWiki*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de MateWiki: <https://mat.camino.upm.es/wiki/Archivo:Columna1.JPG>

Wikipedia. (23 de Junio de 2011). *Wikipedia*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_los_tres_momentos#/media/File:Poutre_appuis_trois_appuis_charge_uniforme_deux_travees_stat.svg

WIKIPEDIA. (11 de 03 de 2014). *WIKIPEDIA*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2015, de WIKIPEDIA: https://es.wikipedia.org/wiki/Estructura_reticular#/media/File:Louvre_01.jpg

ANEXOS