

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UNA TOLVA DE GRUESOS DE 45MC EN  
LA ZONA DE CHANCADO PRIMARIO – PLANTA  
UNICON - JICAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**ARON RAY CHÁVEZ NAVARRO**

**Callao, Noviembre, 2017  
PERÚ**

## **DEDICATORIA**

A las personas que siempre estuvieron apoyándome, hasta en los momentos que uno quiere declinar, pero les da a uno fuerza para seguir adelante y cumplir sus objetivos.

La presente tesis la dedico a:

**Mi Familia**

## **AGRADECIMIENTO**

El logro de la presente tesis no hubiera sido posible con el apoyo de varios amigos de mi entorno profesional y laboral, que se dieron un tiempo para cualquier consulta e inquietud,

Muy agradecido a Uds.:

**Compañeros**

**Asesores**

## INDICE

INDICE .....	1
INDICE DE FIGURAS.....	5
INDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	10
1.1 Identificación del Problema .....	10
1.2 Formulación del problema .....	11
1.2.1 Problema General .....	11
1.2.2 Problemas Específicos .....	11
1.3 Objetivos de la investigación .....	12
1.3.1 General .....	12
1.3.2 Específicos.....	12
1.4 Justificación.....	12
1.4.1 Técnica .....	12
1.4.2 Tecnológica.....	12
1.4.3 Económica .....	13
1.5 Importancia .....	14

II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1 Antecedentes de estudio .....	15
2.1.1 Internacionales .....	15
2.1.2 Nacionales .....	16
2.2 Bases teoricas.....	17
2.2.1 Mecánica de materiales .....	17
2.2.2 Norma E.090 estructuras metálicas.....	26
2.2.3 Bases de Diseño de la Norma AISC 360-10.....	26
2.2.4 Tolvas .....	27
2.2.5 Tipos de tolva usadas en la minería .....	27
2.2.6 Consideraciones preliminares para el diseño de una tolva ...	29
2.3 Definicion de terminos basicos .....	30
III. VARIABLES E HIPOTESIS .....	31
3.1 Variables de investigación.....	31
3.1.1 Variable I: Diseño de una tolva de gruesos. ....	31
3.1.2 Variable II: Frecuencia en el proceso productivo .....	31
3.2 Operacionalizacion de Variables .....	31
3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas .....	32
3.3.1 Hipótesis general .....	32
3.3.2 Hipótesis Específicas .....	32

IV. METODOLOGÍA.....	34
4.1 Tipo de investigación.....	34
Investigación tecnológica .....	34
4.2 Diseño de la investigación.....	34
4.2.1 Parámetros básicos de la investigación.....	34
4.2.2 Etapas de la investigación.....	35
4.2.3 Desarrollo de la investigación.....	35
4.3 Poblacion y Muestra.....	63
4.4 Tecnicas e Intrumentos de recoleccion de datos .....	63
4.5 Procedimiento de recoleccion de datos .....	64
4.6 Procesamiento Estadistico y analisis de datos .....	68
V. RESULTADOS .....	69
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	74
6.1 Contrastación de las hipotesis con los resultados .....	74
6.2 Contrastacion de los resultados con otros estudios similares.....	75
VII. CONCLUSIONES.....	76
VIII. RECOMENDACIONES .....	77
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	78
ANEXOS .....	80
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	81

ANEXO 2: PLANOS DEL CLIENTE (UNICON).....	82
ANEXO 3: PLANOS DEL DISEÑO DE LA TOLVA DE GRUESOS DE 45MC.....	83
ANEXO 4: PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES USADOS EN INGENIERIA.....	85
ANEXO 5: PROPIEDADES DE PERFILES LAMINADOS DE ACERO.....	86
ANEXO 6: TABLA DE MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PARA I= CTE.....	93

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: DIAGRAMA DE FUERZAS Y MOMENTOS.....	19
FIGURA 2.2: CUERPO SOMETIDO A FLEXIÓN SIMPLE.....	20
FIGURA 2.3: CUERPO SOMETIDO A DEFORMACIÓN.....	22
FIGURA 2.4: PANDEO EN COLUMNAS SOMETIDO A COMPRESIÓN.....	23
FIGURA 2.5: VIGA SOMETIDA A CARGA ARBITRARIA.....	25
FIGURA N° 4. 1: ENTORNO GEOGRAFICO DE TOLVA DE GRUESOS.....	36
FIGURA N° 4. 2: DIMENSIONADO DE LOS CIMIENTOS.....	37
FIGURA N° 4. 3: VISTA DE ELEVACION DE ZONA DE CHANCADO.....	38
FIGURA N° 4. 4: SECCION A-A (ALIMENTADOR VIBRATORIO).....	39
FIGURA N° 4. 5: ESTRUCTURA DE LA TOLVA.....	41
FIGURA N° 4. 6: DIAGRAMA DE CARGAS DE VIGA INCLINADA.....	42
FIGURA N° 4. 7: DIAGRAMA DFC Y DMF.....	43
FIGURA N° 4. 8: VIGA CRITICA DE SUJECCION DE RIELES.....	45



FIGURA N° 4. 9: DIAGRAMA DE CARGAS DE LAS VIGAS	
RIEL.....	46
FIGURA N° 4. 10: DCL DE LAS CARGAS ACTUANTES.....	49
FIGURA N° 4. 11: DIAGRAMA DE CARGAS ACTUANTES EN LA	
SECCION A-A.....	50
FIGURA N° 4. 12: DIAGRAMA DE MOMENTOS DEL PORTICO.....	52
FIGURA N° 4. 13: DIAGRAMA DE LA DEF.MAXIMA EN EL PUNTO	
MEDIO DE BC.....	53
FIGURA N° 4. 14: DCL DE CARGAS FLUCTUANTES EN NIVEL	
6.672m.....	55
FIGURA N° 4. 15: DISTRIBUCION DE ARRIOSTRES.....	57
FIGURA N° 4. 16: EFECTOS PARA EL ANALISIS DE	
ARRIOSTRES.....	58
FIGURA N° 4. 17: DCL DE CARGAS EN LOS ARRIOSTRES.....	61
FIGURA N° 5. 1: DISTRIBUCION FINAL DE ELEMENTOS.....	69

## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 3.1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	32
TABLA N° 4. 1: TECNICA E INSTRUMENTOS.....	64
TABLA N° 5. 1: ELEMENTOS DE SECCION SUPERIOR (SIST.INGLES).....	70
TABLA N° 5. 2: ELEMENTOS DE SECCION SUPERIOR (S.I).....	70
TABLA N° 5. 3: ANALISIS DE VIGAS CRÍTICAS.....	71
TABLA N° 5. 4: ELEMENTOS DE SECCION SOPORTE DE TOLVA (SIST.INGLES).....	71
TABLA N° 5. 5: ELEMENTOS DE SECCION SOPORTE DE TOLVA (S.I.).....	72
TABLA N° 5. 6: ANALISIS DE VIGAS CRÍTICAS.....	72
TABLA N° 5. 7: ARRIOSTRES DE REFUERZO (SIST.INGLES).....	73
TABLA N° 5. 8: ARRIOSTRES DE REFUERZO (S.I.).....	73
TABLA N° 5. 9: ANALISIS DE ARRIOSTRES.....	73

## RESUMEN

La industria de la construcción es uno de los mayores contribuyentes a la economía global en el mundo. En esta industria, tradicionalmente, muchas partes están involucradas en los procesos de diseño y producción.

En este proceso se da enfoque a la tesis, la cual es el diseño de una tolva de gruesos de 45mc situada en la zona de chancado primario, alimentada por material de cantera transportada por los volquetes de la empresa Unicon – Jicamarca.

El trabajo de investigación es de tipo tecnológico y de nivel aplicado; el diseño de la investigación es de tipo no experimental por lo tanto no cuenta con un análisis estadístico

Los objetivos constan en determinar la geometría de la tolva de acuerdo al entorno geográfico y otros parámetros. La memoria de cálculo, la cual está basado en la norma de diseño ASD perteneciente a la AISC – Sección B3.4, permite realizar el análisis a las secciones más críticas. De esta manera se obtiene como resultados la selección de todos los elementos estructurales necesarios para la tolva de gruesos de 45mc y como conclusión general el diseño estructural de todas las partes de la tolva de gruesos (tolva, columnas soporte y arriostres)

Palabras Claves: Diseño, tolva de gruesos

## ABSTRACT

The construction industry is one of the largest contributors to the global economy in the world. In this industry, traditionally, many parts are involved in the design and production process.

This process is focused on the measure, which is the design of a 45mc hopper in the primary crushing zone, fed by quarry material transported by the Unicon - Jicamarca company. Research work in technological and applied level; the design of the research is non-experimental, so it does not have an statistic analyssis

The objectives consist in determining the geometry of the zone according to the geographical environment and other parameters. The calculation memory, which is based on the ASD design standard belonging to the AISC - Section B3.4, allows the analysis of the most critical sections. In this way, all the necessary elements for the construction of thicknesses of 45mc and as a general conclusion the structural design of all the parts of the hopper (hopper, support columns and brazes)

Keywords: Design, hopper

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1 Identificación del Problema**

Para la obtención del concreto se emplea como insumo primario la piedra que se obtiene de las canteras en dimensiones variadas, teniendo que ser sometida a un procesamiento, cuya primera etapa consiste en la obtención del grueso, que es la materia prima para el proceso de fabricación de agregados. La empresa Unicon – Jicamarca, en su afán de crecimiento se vió con la necesidad de buscar nuevas zonas de explotación.

Esto se debió a que en las zonas existentes de explotación la materia prima se ha estado agotando y para ello se necesitarían más unidades de transporte y por ende más gastos en servicio de alquiler de volquetes.

No obstante para evitar estos gastos que a la larga se vieron afectados en las utilidades de la empresa, se han realizado reubicaciones de los equipos para el proceso de fabricación de agregados. Esto conlleva a que en la nueva zona de chancado primario, debido a las nuevas condiciones geográficas, se requirió el diseño de una tolva de gruesos de 45mc, la cual permitió la recepción de la materia prima trasladada por los volquetes.

En consecuencia el presente trabajo de investigación ha sido beneficioso para los requerimientos de la empresa, ya que se optimizó la selección de los elementos estructurales de acuerdo al análisis de las zonas críticas en la que se vio afectada la tolva y de esta manera garantizar que el diseño cumpla con los estándares de construcciones metálicas que han tenido las diferentes tolvas en sus determinados puntos de explotación anteriormente.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo diseñar la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario, para mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

¿Cómo determinar la geometría de la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario de la planta Unicon - Jicamarca?

¿Cómo desarrollar la memoria de cálculo de la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario de la planta Unicon - Jicamarca .

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 General**

- Diseñar la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario para mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon – Jicamarca.

#### **1.3.2 Específicos**

- Determinar la geometría de la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario de la planta Unicon – Jicamarca.
- Desarrollar la memoria de cálculo de la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario de la planta Unicon - Jicamarca .

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 Técnica**

La presente investigación se justificó técnicamente según la normativa AISC/ANSI 360-10 para construcciones de acero, la cual se tomó en cuenta para el diseño de tolva de gruesos de 45MC.

#### **1.4.2 Tecnológica**

Según Ciro Espinoza (2015), enunció que "Se justifica tecnológicamente una investigación cuando se satisface las necesidades sociales :

- Soluciones que permiten mejorar su nivel de vida.
- Soluciones que mejoran la ecología.
- Soluciones que permiten mejorar el sistema productivo.”

(pag. 81)

La presente investigación tiene justificación tecnológica debido a que permitió mejorar el sistema productivo y reducción de gastos en transporte de la empresa Unicon – Jicamarca.

Este diseño, el cual a su vez sirvió para generaciones futuras que deseen realizar proyectos u obras similares, donde se espera que los resultados, conforme se vayan obteniendo con una razonable confiabilidad y validez operacional, confirmen la posibilidad de que la memoria de cálculo de este diseño de tolva para gruesos ha podido representar una buena alternativa para la elección de un proyectista o constructor, en el desarrollo de su obra y que se pueda tener accesibilidad a este documento, el cual le sirve como guía de apoyo sobre el comportamiento de dicha estructura.

#### **1.4.3 Económica**

De acuerdo a la necesidad del mercado en pleno desarrollo se buscó encontrar la validez operacional en el diseño de la tolva de gruesos de 45mc, dado que en un mal cálculo estructural y por consiguiente en una falla (que remotamente ocurriría), puede



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de estudio

#### 2.1.1 Internacionales

- Ariadel Samaniego (2016), en su trabajo de titulación denominado "Diseño de una tolva de finos con planchas de acero estructural ASTM A36 para almacenar mineral polimetálico a 300 msnm" tuvo como objetivo general el diseño de una tolva de finos utilizando acero estructural ASTM A36 donde se calculará las dimensiones y el espesor del acero para poder almacenar 240TM de mineral polimetálico en un terreno que está a 300 msnm, y a la vez presento la siguiente conclusión : para seleccionar el tipo de tolva, tenemos que definir su geometría dependiendo de la industria y la característica del material que se va almacenar, esta será diseñada para un material polimetálico correspondiente a una tolva de finos, la forma geométrica que más se recomiendan son las cilíndricas con fondo cónico. Éste trabajo de titulación ha permitido guiarme en los procedimientos de selección del modelo y el tipo de tolva de gruesos de 45mc.
- Según Ortega y Torres (2016), en su trabajo de titulación denominado " Diseño de un silo de fondo cónico para almacenar maíz con capacidad de 25 toneladas con carga y descarga", tuvo como objetivo general el diseño de un silo desmontable para

almacenar maíz con capacidad de 25 Toneladas, utilizando normas de diseño estándares y a la vez presento la siguiente conclusión "Se diseñó un silo desarmable en su totalidad de capacidad de 25 toneladas con un diámetro de 3.4 metros y 6.8 metros de altura con el fin de no desperdiciar material y cumpliendo lo requerido en la norma" .Este trabajo de titulación me sirvió como guía en la determinación cargas vivas, muertas y columnas de la tolva de gruesos de 45mc ,de esta manera me permitió elaborar la memoria de cálculo.

### **2.1.2 Nacionales**

- Según Cortez Canaza (2012) "Diseño Y Construcción De Una Planta De Ux – Sx - Tf - Ew De Mineral De Cobre Para La Producción De 30 Ton/Mes De Cátodos De Cobre" tuvo como objetivo general diseñar una planta con un nuevo proceso de tratamiento de minerales, con el empleo de técnicas modernas en la lixiviación, extracción por solventes (SX) y electrowinning (EW), para obtener cobre catódico a partir de los minerales oxidados de cobre, dentro del marco de la rentabilidad y a la vez presento las siguiente conclusiones "el cálculo y selección de los equipos mecánicos de la sección de chancado incrementa la producción diaria, alcanzando valores de disponibilidad operativa de 89.52% y de eficiencia de 91.61%". Este trabajo de titulación me sirvió de guía para el diseño de tolva para gruesos

(pág. 124), y como marco teórico en los equipos del proceso de fabricación de agregados.

## **2.2 Bases teoricas**

### **2.2.1 Mecánica de materiales**

Beer, Johnston, Dewolf y Mazurek (2009) enuncian que:

El objetivo principal del estudio de la mecánica de materiales es suministrar al futuro ingeniero los conocimientos para analizar y diseñar las diversas máquinas y estructuras portadoras de carga. Tanto el análisis como el diseño de una estructura dada involucran la determinación de esfuerzos y deformaciones. Los diagramas de cuerpo libre se emplean para determinar las fuerzas internas o externas.

#### **a) Esfuerzos y deformaciones producidos por flexión**

Los momentos flectores son causados por la aplicación de cargas normales al eje longitudinal del elemento haciendo que el miembro se flexione. Dependiendo del plano sobre el que actúen las fuerzas, de su inclinación con respecto al eje longitudinal y de su ubicación con respecto al centro de cortante de la sección transversal del elemento, se puede producir sobre este flexión simple, flexión pura, flexión biaxial o flexión asimétrica. (Montalbetti y Muñoz,2003)

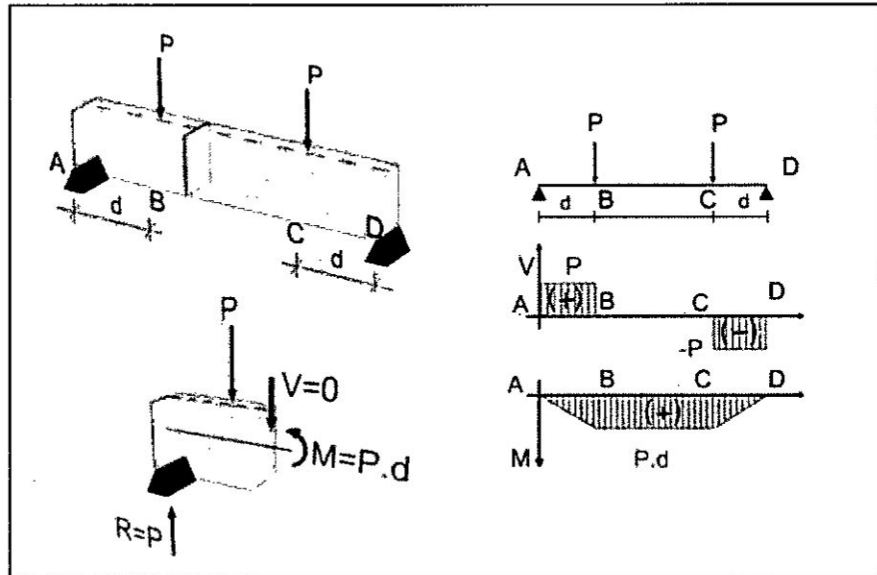
### **b) Flexión pura**

La flexión pura se refiere a la flexión de un elemento bajo la acción de un momento flexionante constante. Cuando un elemento se encuentra sometido a flexión pura, los esfuerzos cortantes sobre él son cero. Un ejemplo de un elemento sometido a flexión pura lo constituye la parte de la viga entre las dos cargas puntuales  $P$ .

El diagrama de cortantes ( $V$ ) ilustra que en la parte central de la viga no existen fuerzas cortantes ya que está sometida únicamente a un momento constante igual a  $P \cdot d$ . Las partes de longitud  $d$  no se encuentran en flexión pura puesto que el momento no es constante y existen fuerzas cortantes.

Para poder determinar los esfuerzos producidos en un elemento sometido a flexión, es necesario realizar primero un estudio de las deformaciones normales producidas sobre la sección transversal del elemento. (Montalbetti y Muñoz, 2003)

**FIGURA 2.1**  
**DIAGRAMA DE FUERZAS Y MOMENTOS**

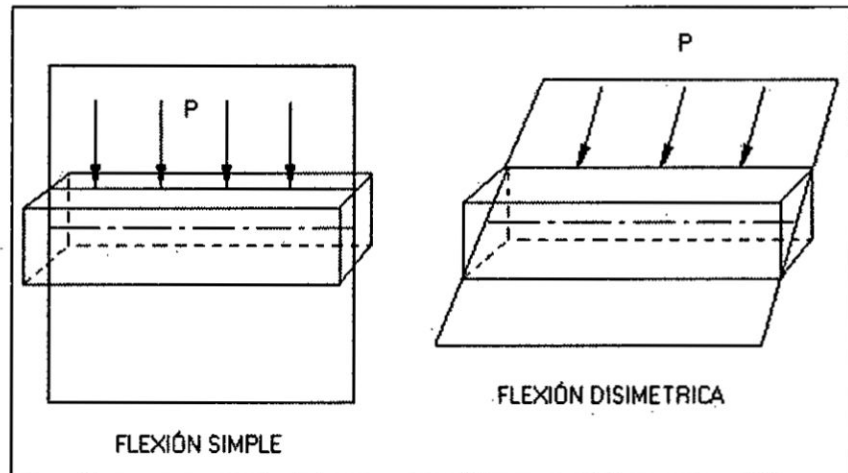


Fuente: Resistencia de materiales – UPC

### c) Flexión simple

En la vida práctica son pocos los elementos que se encuentran sometidos a flexión pura. Por lo general los miembros se encuentran en flexión no uniforme lo que indica que se presentan de forma simultánea momentos flectores y fuerzas cortantes. Por lo tanto se hace necesario saber que sucede con los esfuerzos y las deformaciones cuando se encuentran en esta situación. Para ello se deben conocer las fuerzas internas que actúan sobre los elementos determinándolas para la obtención de los diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes que actúan sobre un elemento dado. (Montalbetti y Muñoz, 2003)

**FIGURA 2.2**  
**CUERPO SOMETIDO A FLEXIÓN SIMPLE**



Fuente: Resistencia de materiales – UPC

**d) Flexión biaxial:**

La flexión biaxial se presenta cuando un elemento es sometido a cargas que actúan sobre direcciones que son oblicuas a los ejes de simetría de su sección transversal. Un ejemplo lo constituye la viga en voladizo de la siguiente figura sometida a la acción de una carga  $P$ , cuya dirección es oblicua a los ejes de simetría.

Sobre esta, se presentan además de los momentos flectores, fuerzas cortantes.

Para analizar los esfuerzos causados por flexión se descompone la fuerza  $P$  en cada uno de los ejes de simetría de la sección transversal para realizar un análisis de flexión por separado para cada dirección y luego superponerlos para

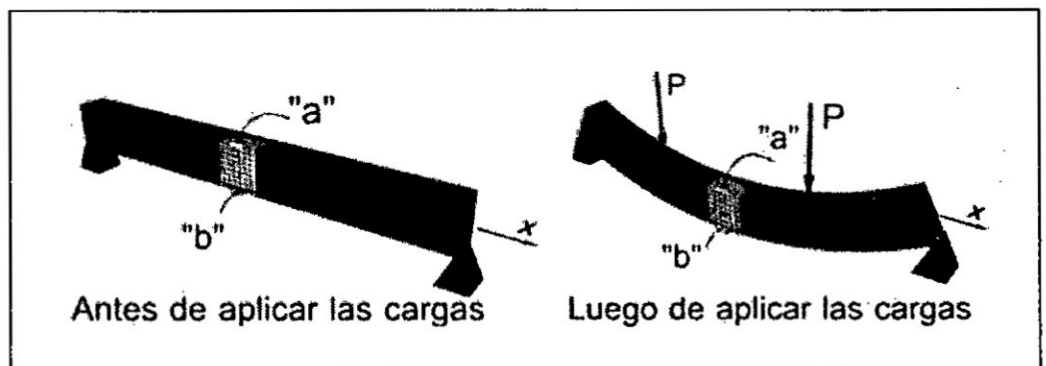
determinar los esfuerzos y deflexiones totales. (Montalbetti y Muñoz,2003)

#### **e) Analisis de deformaciones**

Las piezas flexadas sufren desplazamientos o deflexiones, cuyo control es tan importante para garantizar el buen comportamiento estructural como la verificación de la resistencia. Cuando la estructura presenta deformaciones excesivas, la percepción de las mismas por parte de los usuarios genera en éstos una sensación de alto riesgo. No sólo esto es muy significativo sino que también pueden aparecer problemas colaterales tales como fisuración en tabiques de mampostería que apoyen sobre la estructura y en ciellorrasos. Los elementos de máquinas, debido a grandes deflexiones pueden presentar desgastes prematuros u originar efectos vibratorios inadecuados. El conocimiento de las deformaciones resulta también sumamente importante desde el punto de vista constructivo. En efecto, si se conoce por ejemplo, la flecha máxima que tendrá una viga de hormigón armado sometida a las cargas permanentes, cuando se la construye puede contraflecharse el encofrado de manera tal de compensar esa deformación, de modo que la pieza quede para ese estado de cargas sin deformación aparente. Por otro lado, no es posible conocer las

características dinámicas y vibratorias de un elemento estructural sino se analizan deformaciones. Así mismo, y atendiendo a lo que hemos demostrado en el artículo 3.2, el análisis de las deflexiones resulta imprescindible para la resolución estática de piezas flexadas hiperestáticas. Todo esto ha motivado la existencia de numerosos métodos de cálculo de deformaciones, algunos aplicables a cualquier tipo de estructuras y otros solamente a estructuras lineales. (Montalbetti y Muñoz,2003)

**FIGURA 2.3**  
**CUERPO SOMETIDO A DEFORMACIÓN**



Fuente: Resistencia de materiales – UPC

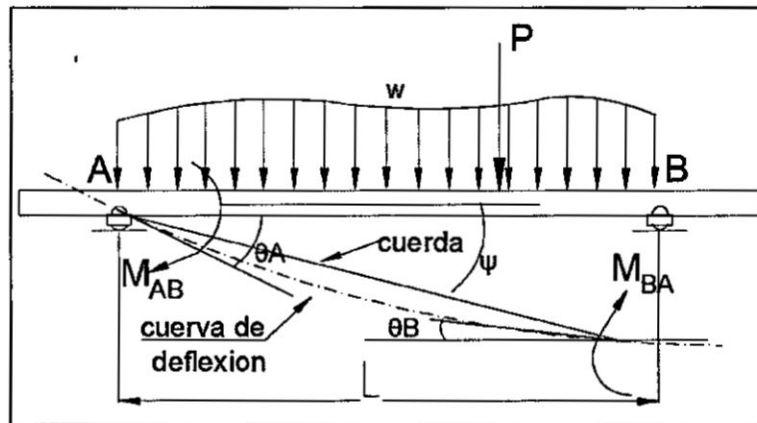
**f) Ecuaciones de pendiente – deflexion para elementos no prismaticos**

El método de la pendiente deflexión se llama así porque relaciona pendientes y las deflexiones desconocidas con la carga aplicada sobre una estructura con el fin de desarrollar la forma general de las ecuaciones de pendiente – deflexion,



se considerara un claro tipico AB de una viga continua, como el que se muestra en la figura 2.4 la cual se somete a una carga arbitraria y a un EI constante

**FIGURA 2.4**  
**VIGA SOMETIDA A CARGA ARBITRARIA**



Fuente: Analisis Estructural . R.C. Hibbeler

Por lo tanto tenemos las siguiente ecuaciones:

$$M_{AB} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_A + \theta_B - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_A^E \quad \text{Ecuación N}^\circ 2.1$$

$$M_{BA} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_B + \theta_A - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_B^E \quad \text{Ecuación N}^\circ 2.2$$

Donde la rigidez del elemento es:  $k = \frac{I}{L}$

Y la rotacion de la cuerda :  $\psi = \frac{\Delta}{L}$

### g) Los esfuerzos axiales (Pandeo de barras o columnas)

En el análisis lineal de estructuras, a un aumento de las cargas exteriores corresponde un aumento proporcional de

las deformaciones y de los esfuerzos internos. Sin embargo, se presentan casos en los que la aplicación de las cargas, aun siendo estas no muy grandes, modifican de tal forma la geometría del sistema, que aquella proporcionalidad deja de ser aplicable, y la estructura se deforma de una manera distinta de lo que correspondería a dichas cargas en el rango lineal, pudiendo incluso provocar su colapso. A los valores de las cargas que provocan el colapso de la estructura, se les denominan cargas críticas de colapso.

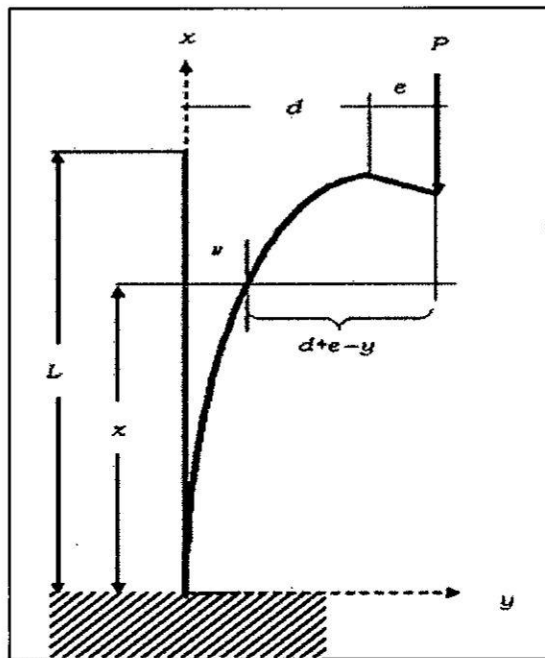
Cuando las deformaciones no son pequeñas, la posición de las cargas en la estructura deformada, no puede confundirse con la posición en la estructura sin deformar y por lo tanto, las ecuaciones de equilibrio deben ser planteadas ahora en la posición deformada, y no en la inicial.

Los conceptos de carga crítica y estabilidad del equilibrio pueden ponerse de manifiesto con gran facilidad mediante un caso sencillo, que además permitirá una generalización posterior que además permitirá de ellos puede desplazarse axialmente, lo que permite la compresión de la columna.

Considérese el sistema mostrado en la figura adjunta. Un análisis de primer orden, planteando el equilibrio en la

posición indeformada, indica que la barra está sometida a una compresión simple de valor  $P$ . (Montalbetti y Muñoz,2003)

**FIGURA 2.5**  
**PANDEO EN COLUMNAS SOMETIDO A COMPRESIÓN**



Fuente: Construpedia /calculo de estructura de acero

Considérese el sistema mostrado en la figura adjunta. Un análisis de primer orden, planteando el equilibrio en la posición indeformada, indica que la barra está sometida a una compresión simple de valor  $P$ .

En este caso la flecha  $d$  no puede despreciarse al lado de la excentricidad inicial  $e$ . El momento flector a lo largo del eje  $x$  para cualquier sección se expresará como:

$$M = - P.(d + e - y)$$

La ecuación general de la deformada –también llamada ecuación de la elástica se presenta así:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M}{E.I} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2} \quad \text{Ecuacion N}^\circ\text{2.3}$$

### **2.2.2 Norma E.090 estructuras metálicas**

Esta norma de diseño, fabricación y montaje de Estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD).

Su obligatoriedad se reglamenta de esta misma norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Las exigencias de esta norma se consideran mínimas

Para la presente tesis se usó el capítulo 1.4 Cargas y combinaciones de cargas donde se obtuvo el factor de carga dinámica de 1.1.

### **2.2.3 Bases de Diseño de la Norma AISC 360-10**

El diseño de acuerdo con las disposiciones de 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.

#### **2.2.4 Tolvas**

Según Suarez Castrillón, A. M.; Osorio Contreras, G. E.; Suarez Castrillón (2014) citada por Ariadel Samaniego (2016) enuncio que las:

Tolvas son aquellos equipos que están destinados al depósito y descarga de materiales que son utilizados en los diferentes tipos de industrias como metalúrgicas, cementeras, agricultura entre otras. Pueden ser de diferentes formas geométricas como las circulares, rectangulares y las cónicas que son las que se usan con mayor frecuencia en la industria. La capacidad de la tolva depende a las necesidades que requiere la empresa como por ejemplo la cantidad de toneladas que procesa por día. El material con el que se las construye con hormigón, de madera y también con acero estructural.

La característica principal de las tolvas es que su alimentación se la puede hacer directamente o por medio de bandas transportadoras y la extracción del material se la puede realizar mediante un alimentador o gravedad. (Pág.2)

#### **2.2.5 Tipos de tolva usadas en la minería**

#### **a) Tolva de gruesos**

“Cuando se habla de tolvas de gruesos se está refiriendo al depósito de material bruto que es extraído en la mina que servirá de alimentación para las trituradoras. Las tolvas de gruesos tienen forma de paralelepípedo con un plano inclinado en el fondo para facilitar la descarga, estas tolvas generalmente tienen parillas para evitar el paso del material grande para evitar la obstrucción del triturado hasta en la tolva”. (Ariadel Samaniego, 2016, pág. 2)

#### **b) Tolva de finos**

Según Ariadel Samaniego (2016) enuncio que:

Las tolvas de finos son aquellos depósitos que sirven para almacenar el material fino que ha sido ya procesado a través del chancado y así abastecer a los de más procesos como el de molienda (molinos).

Las tolvas de finos generalmente son cilíndricas o rectangulares con el fondo cónico, los finos tienen una densidad aparente de  $2.7 \text{ kg/m}^3$  dependiendo el material, pero esto no significa que pesen tanto y también pueden disminuir su densidad aparente hasta  $0.8 \text{ kg/m}^3$  esto es dependiendo de donde proviene el material. Son de mucha importancia ya que aseguran una alimentación constante a los molinos, y

principalmente permite realizar reparaciones en la sección de molienda sin la necesidad de parar el proceso” (pág. 2)

### **2.2.6 Consideraciones preliminares para el diseño de una tolva**

Según Ariadel Samaniego (2016) enuncia que:

Cuando hablamos de diseño de tolvas es necesario conocer cuál es su estructura y como está conformada; entre ellos están los elementos que son:

- Capacidad de almacenamiento
- Densidad aparente del mineral
- Inclinación de la tolva
- Ángulo del reposo del material
- Factor de espacios vacíos
- Material de construcción de la tolva
- Sistema de alimentación
- Sistema de descarga

La ventaja de la tolva es que facilita un flujo uniforme de mineral para los diferentes procesos como para los molinos proporciona una ley de alimentación hacia la planta de manera que el molino puede trabajar de forma continua.

Existen problemas muy numerosos en la operación de las tolvas como por ejemplo sus paredes deformadas por los golpes. (Pág.3)

### **2.3 Definición de términos básicos**

**Norma E.090 estructuras metálicas:** Norma de diseño y fabricación de estructuras metálicas para edificaciones a acepta criterios del método de factores de carga resistente (LRFD) y el método por Esfuerzos permisibles (ASD).

**Normas ANSI 360:** Provee un tratamiento integrado de los métodos de diseño y tensiones admisibles y el diseño por factores de carga y resistencia.

**Tolva de gruesos:** Se está refiriendo al depósito de material bruto que es extraído en la mina que servirá de alimentación para las trituradoras



### **III. VARIABLES E HIPOTESIS**

#### **3.1 Variables de investigación**

##### **3.1.1 Variable I: Diseño de una tolva de gruesos.**

Actividades a realizar: Con las cargas muertas y vivas se hizo un análisis en todas las zonas críticas, mediante cálculos de esfuerzos, rigidez, pandeo y así poder seleccionar los perfiles más adecuados para la estructura de la tolva

- **Indicadores**

- Geometría de la tolva
- Memoria de cálculo

##### **3.1.2 Variable II: Frecuencia en el proceso productivo**

La frecuencia en el proceso productivo es independiente al diseño que se propone en esta tesis, ya que la empresa trabaja con una sostenibilidad que se tiene mantener

- **Indicadores**

- Tiempo de recepción de la piedra para el proceso de chancado primario

#### **3.2 Operacionalización de Variables**

Las variables se extraen, ya sea de un concepto o una construcción hipotética, los cuales manifiestan un conocimiento de la realidad a un nivel general y abstracto.

TABLA N°3.1

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIONES	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>Variable I:</b> Diseño de una tolva de gruesos de 45mc	Se determina los parámetros necesarios para obtener el tipo de estructura y la dimensiones generales de la tolva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría de la tolva de gruesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entorno geográfico</li> <li>Capacidad</li> <li>Dimensión de tolvin de conexión al alimentador vibratorio.</li> </ul>
	Se realiza cálculos de resistencia de materiales para luego empezar con la selección de elementos estructurales de la tolva (vigas y angulos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memoria de cálculo de tolva y soporte estructural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cargas</li> <li>Rigidez</li> <li>Pandeo</li> <li>Deformación</li> <li>Normas de diseño</li> <li>Palanquillas (vigas)</li> <li>Impacto</li> <li>Arriostres</li> </ul>
<b>Variable II:</b> Frecuencia en el proceso productivo	Se mantiene la frecuencia de acuerdo a las volquetadas que se suministra a la tolva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ritmo de producción en la zona de chancado primario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de recepción de la piedra para el proceso de chancado</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

#### 3.3.1 Hipótesis general

- Al diseñar una tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario, se logró mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca

#### 3.3.2 Hipótesis Específicas

- Si se determina la geometría de la tolva de gruesos de 45mc, entonces permitirá la conexión con el tolvin de acoplamiento al alimentador vibratorio.

- Si se realiza el análisis estructural, metrado de cargas ,determinación de los parámetros de diseño y la selección de perfiles, entonces se determinará la memoria de cálculo de la tolva de 45mc

## **IV. METODOLOGÍA.**

### **4.1 Tipo de investigación.**

#### **Investigación tecnológica**

Según Ciro Espinoza (2015), la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación.

La presente tesis es una investigación de tipo tecnológica de nivel aplicada, debido a que para realizar el diseño de tolva de gruesos de 45mc se aplicaran conocimientos adquiridos de análisis estructural la cual me permitirán evaluar los parámetros de diseño presentes en la investigación.

### **4.2 Diseño de la investigación.**

Diseño no experimental.

#### **4.2.1 Parámetros básicos de la investigación**

- a) Capacidad y cantidad de volquetadas por día
- b) Tipo de mineral recibido por la tolva (densidad aparente )
- c) Entorno geográfico, es decir el área en donde se construirá la futura tolva de gruesos de 45mc.
- d) Dimensionado de tolva de acoplamiento al alimentador vibratorio.

- e) Material de la tolva y de su soporte estructural.
- f) Metrado de cargas existentes (cargas vivas y muertas)
- g) Elementos adicionales (material y dimensionado de palanquillas de impacto)

#### **4.2.2 Etapas de la investigación**

**Etapas 1:** Recopilación de información

**Etapas 2:** Memoria de cálculo, análisis de la tolva y su soporte estructural.

**Etapas 3:** Análisis y selección de arriostres para el soporte de tolva.

#### **4.2.3 Desarrollo de la investigación**

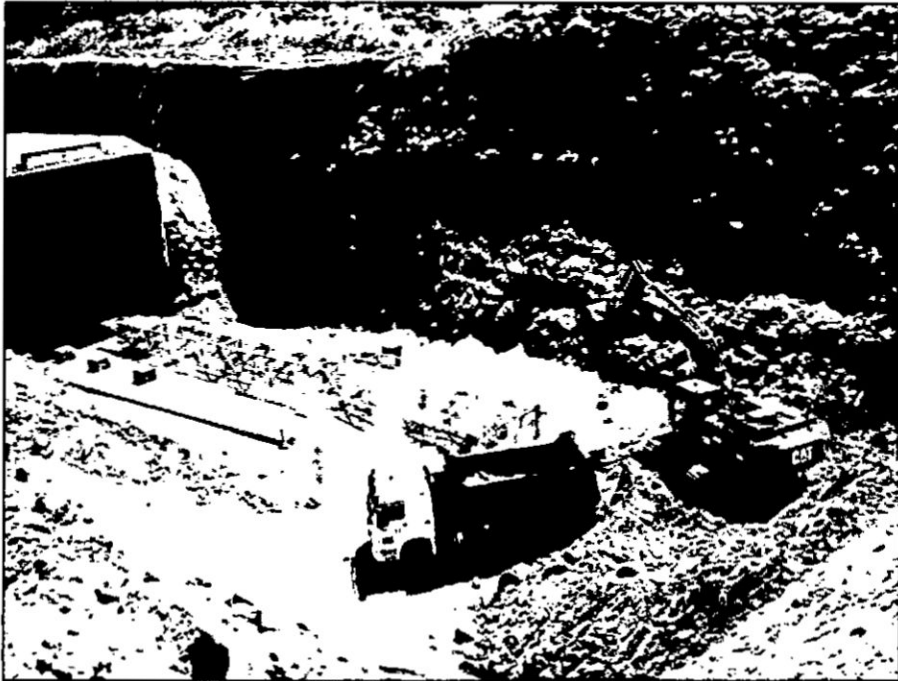
**Etapas 1:** Recopilación de información

- **Entorno geográfico donde se situara la futura tolva de gruesos**

Se necesita saber la ubicación y las condiciones geográficas en la que estará situada la tolva, por lo mismo consiguiente eso nos permitirá saber las dimensiones generales que nos permita determinar la geometría de la tolva de gruesos de 45mc

FIGURA N° 4. 1

ENTORNO GEOGRAFICO DE TOLVA DE GRUESOS



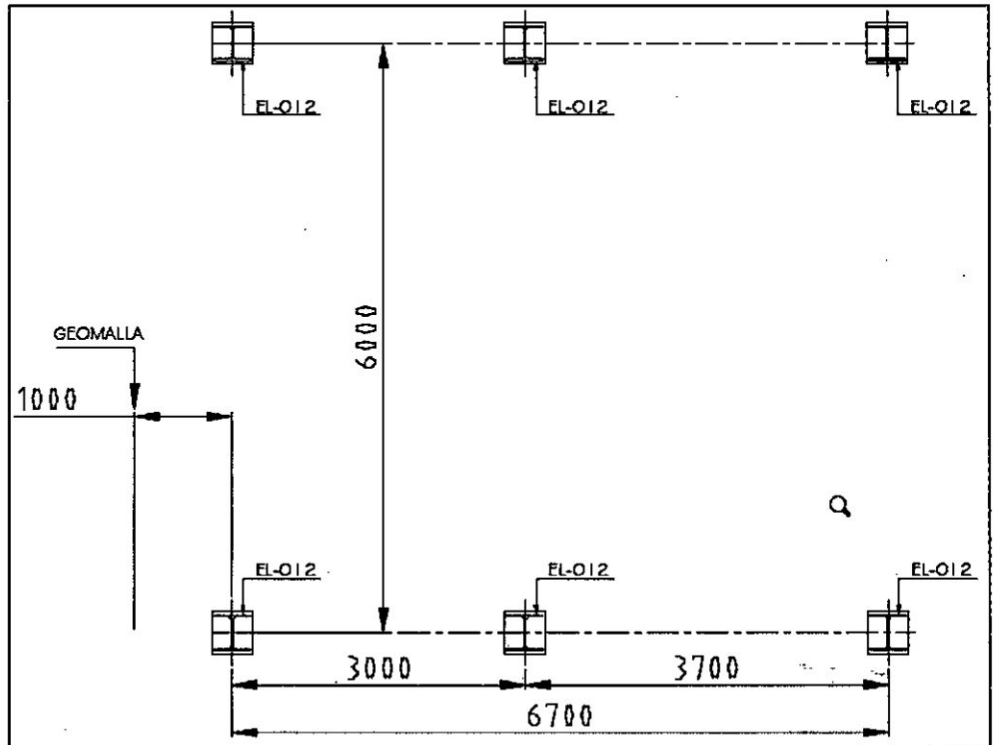
Fuente: Elaboración Propia

- **Distribución de cimientos**

Es necesario saber el dimensionado de la distribución de los cimientos realizados por la parte civil del cliente Unicon, la cual estas dimensiones han sido suministradas para facilitar el diseño de las columnas de la tolva de gruesos de 45mc

FIGURA N° 4. 2

DIMENSIONADO DE LOS CIMIENTOS



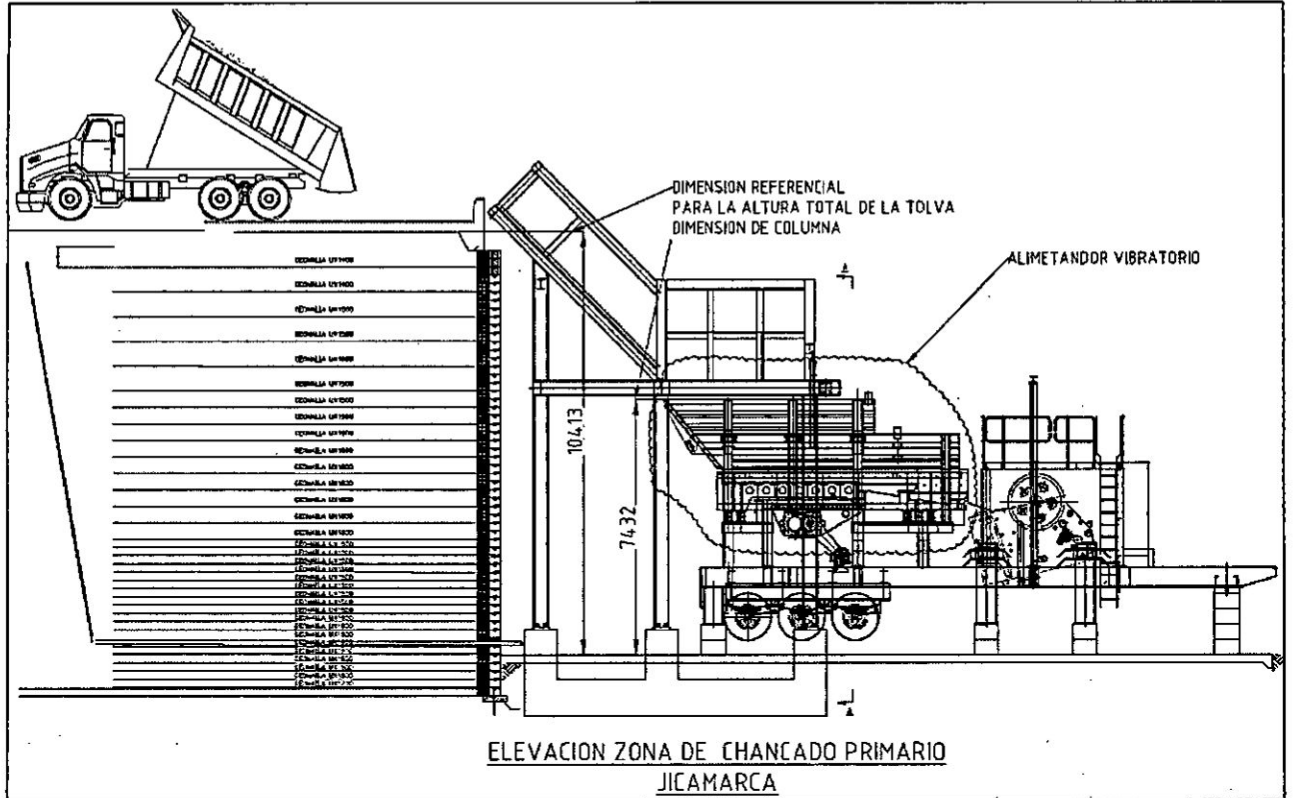
Fuente: Plano del cliente: Proyecto de reubicación de planta N°6  
Jicamarca - Unicon

- **Dimensionado de tolván de acoplamiento al alimentador vibratorio.**

Para determinar el alto y ancho de la tolva de gruesos se necesita las dimensiones del alimentador vibratorio perteneciente a los equipos del chasis móvil del proceso de chancado primario. El alimentador vibratorio posee unas paredes batientes, la cual permiten determinar los niveles, y dimensiones referenciales que se necesita.

FIGURA N° 4. 3

VISTA DE ELEVACION DE ZONA DE CHANCADO



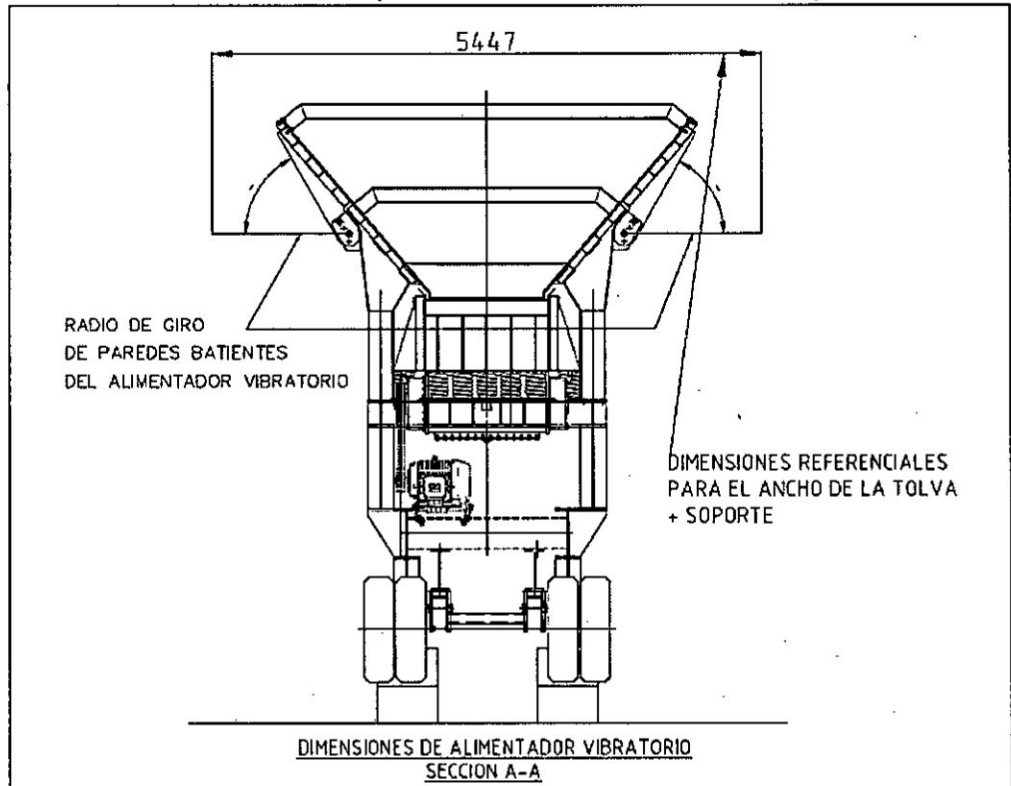
Fuente: Plano del cliente: Proyecto de reubicación de planta N°6 Jicamarca - Unicon

Ahora observaremos la sección A-A la cual nos permitirá determinar un ancho referencial que se necesitara para el diseño de la tolva de gruesos de 45mc.



FIGURA N° 4. 4

SECCION A-A (ALIMENTADOR VIBRATORIO)



Fuente: Plano del cliente: Proyecto de reubicación de planta N°6

Jicamarca - Uicon

- **Capacidad y cantidad de volquetadas por día**

El diseño de la tolva de gruesos va depender del paso de material al alimentador vibratorio, puesto que este diseño tendrá la mayor incidencia en la parte inclinada de la tolva, donde caerán las piedras de diferentes diámetros suministrados por los volquetes y la parte rectangular por medida de seguridad si hay algún atoro en el alimentador o un mal rebote del material, esta sección no estará sometida a presión constante.

**Cantidad de volquetadas por día**

Según datos de la empresa Unicon se suministran aproximadamente 21 *volquetadas/hora* la cual cada volquetada tiene una capacidad de  $15m^3$ .

### **Capacidad de tolva**

La capacidad de la tolva de gruesos está ligada a la parte inclinada de la tolva, donde incide la mayor cantidad de flujo de material suministrado por los volquetes. El volumen de trabajo en esa sección es  $45m^3$ , obtenido por la cantidad de volquetadas máximas que se puede acumular.

La capacidad neta de la tolva de gruesos es aproximadamente de  $60m^3$ , obtenido de las dimensiones del volumen rectangular.

- **Material de la tolva y de su soporte estructural.**

El espesor de la plancha usado como revestimiento para la sección rectangular es de 9.5 mm, lo cual no existe comercialmente, se considerará para el cálculo el valor de 9 mm.  $\approx 3/8"$ .

El material es de acero estructural ASTM A-36 o equivalente en acero St. 37 DIN 17000. ( $\sigma_f = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ )

## **Etapas 2: Memoria de cálculo de la tolva y su soporte estructural**

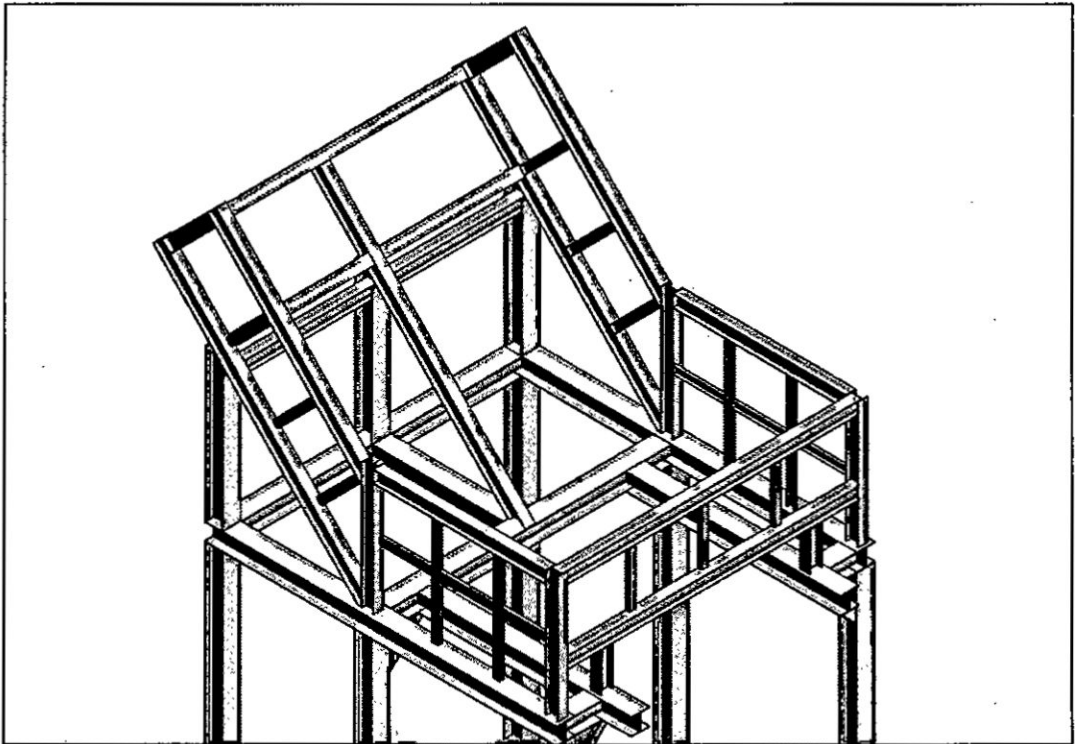
### **- Cálculo de tolva**

#### **Diseño de viga central de la parte inclinada**

Se considerara para el cálculo las posibles dimensiones que nos brinda los planos de ubicación del cliente y así verificar que tipos de vigas emplearemos.

**FIGURA N° 4. 5**

**ESTRUCTURA DE LA TOLVA**



Fuente: Elaboración Propia

Para la selección de las vigas inclinadas se analizó la viga del medio, ya que es la que soportaría la incidencia del peso de material

También he considerado como peso adicional a los elementos que se encuentran apoyados sobre las vigas, que son las planchas de 9mm de espesor y la cama de 18 vigas de impacto tipo riel 60 lb.ASCE.

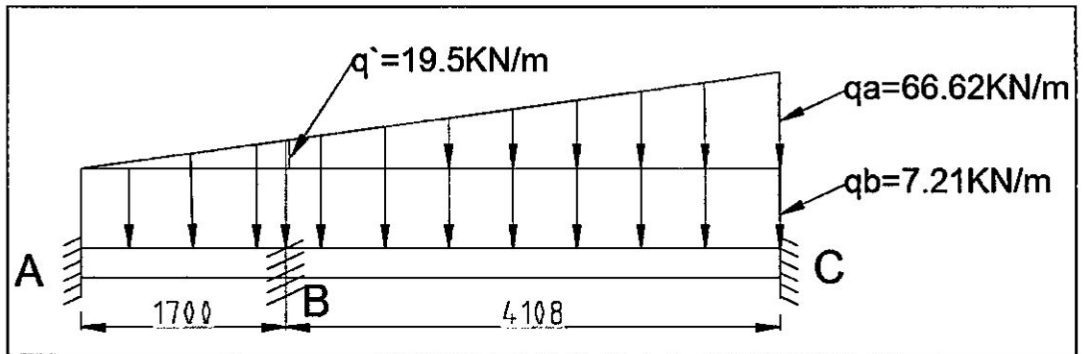
$$W_{MATERIAL} = 273.6KN$$

$$W_{RIELES} + W_{PLANCHAS} = 59.21KN$$

Por lo tanto el dcl de las cargas actuantes en la viga del centro de la parte inclinada es:

FIGURA N° 4. 6

DIAGRAMA DE CARGAS DE VIGA INCLINADA



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla de momentos de empotramiento de carga para piezas de  $I=$  constante tenemos las siguientes ecuaciones:

$$M_A = \frac{q \cdot l^2}{12} + \frac{q \cdot l^2}{15} \quad \text{Ecuación N°4.1}$$

$$M_{B \text{ IZQUIERDA}} = \frac{q \cdot l^2}{12} + \frac{q \cdot l^2}{30} \quad \text{Ecuación N°4.2}$$

$$M_{B \text{ DERECHA}} = \frac{q \cdot l^2}{12} + \frac{q \cdot l^2}{15} \quad \text{Ecuación N°4.3}$$

$$M_C = \frac{q \cdot l^2}{12} + \frac{q \cdot l^2}{30} \quad \text{Ecuación N°4.4}$$

Reemplazando datos de la figura N°4.4

$$M_A = \frac{7.21 \times 1.7^2}{12} + \frac{19.5 \times 1.7^2}{15} = 5.49kN \cdot m$$

$$M_{B \text{ izquierda}} = \frac{7.21 \times 1.7^2}{12} + \frac{19.5 \times 1.7^2}{30} = 3.61 \text{ kN.m}$$

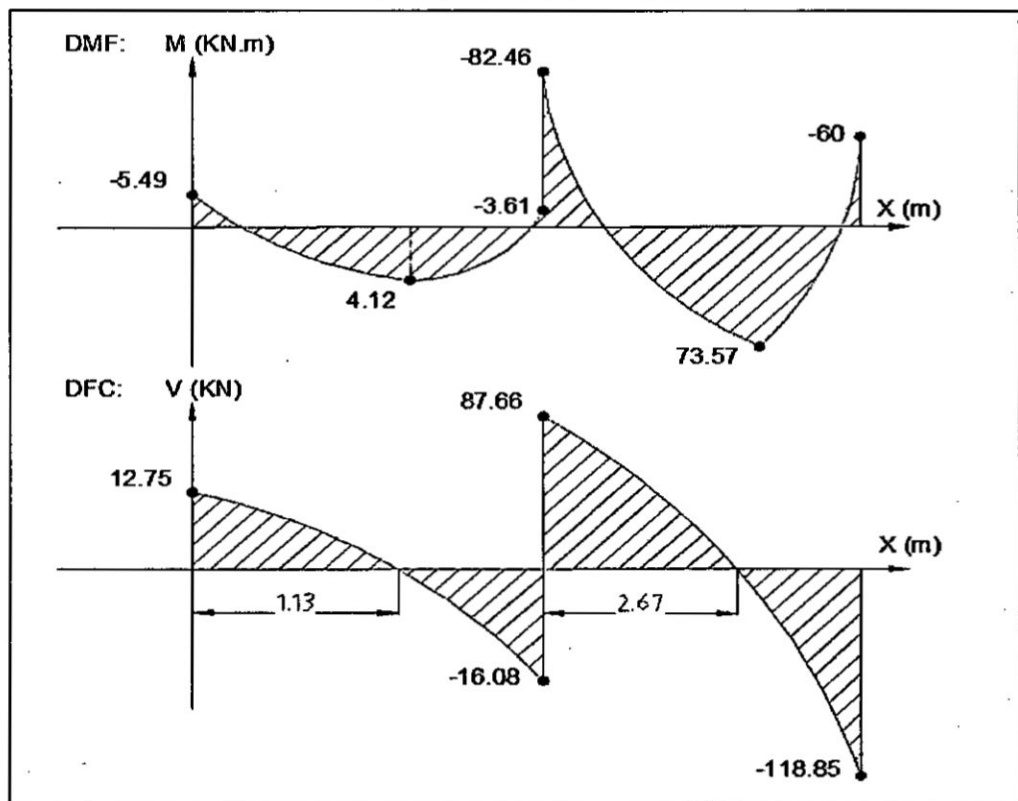
$$M_{B \text{ derecha}} = \frac{26.71 \times 4.108^2}{12} + \frac{39.91 \times 4.108^2}{15} = 82.46 \text{ kN.m}$$

$$M_C = \frac{26.71 \times 4.108^2}{12} + \frac{39.91 \times 4.108^2}{30} = 60 \text{ kN.m}$$

Ahora con los momentos podemos tener los diagramas de momento flector y de fuerzas cortantes:

FIGURA N° 4.7

DIAGRAMA DFC Y DMF



Fuente: Elaboración Propia

De los diagramas obtenemos lo siguiente:

$$M_{MAX} = -82.46 \text{ kN.m}$$

Además el esfuerzo de fluencia del Acero A-36 es  $F_y = 250\text{Mpa}$

Estos datos se reemplazaran a la siguiente ecuación:

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{S} \times C.D. \leq F_y \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.5$$

Para este diseño se considera como factor de carga dinámica

$C.D = 1.1$

$$\frac{M_{MAX}}{S} \times C.D. \leq F_y \quad \rightarrow \quad \frac{M_{MAX}}{F_y} \times C.D. \leq S$$

$$\frac{82.46}{250 \times 10^3} \times 1.1 \times 10^6 \leq S \quad (\text{cm}^3) \quad \rightarrow \quad S \geq 362.84 \text{cm}^3$$

Seleccionando en la tabla de perfiles:

$$\mathbf{W10X22} \quad \rightarrow \quad \mathbf{S = 23.24 \text{in}^3} \langle \rangle \mathbf{380.18 \text{cm}^3}$$

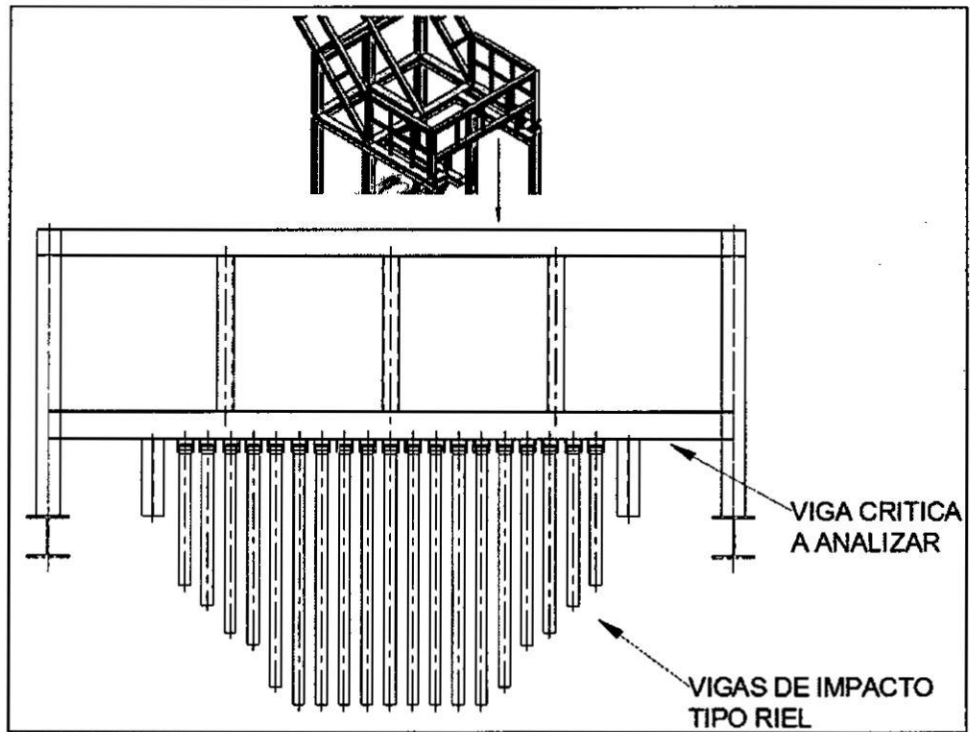
### **Diseño de viga que sostiene cortina de rieles**

Para esta sección rectangular de la tolva se hará el análisis de la parte más crítica la cual es la viga que sostiene los rieles de impacto del material y de esta manera se podrá determinar los demás perfiles de esta sección.

Esto es posible debido a que si en un perfil es analizado donde tiene la mayor concurrencia de cargas, esta selección del perfil será la adecuada para los demás perfiles, la cual no están inmersas a cargas.

FIGURA N° 4. 8

VIGA CRITICA DE SUJECCION DE RIELES

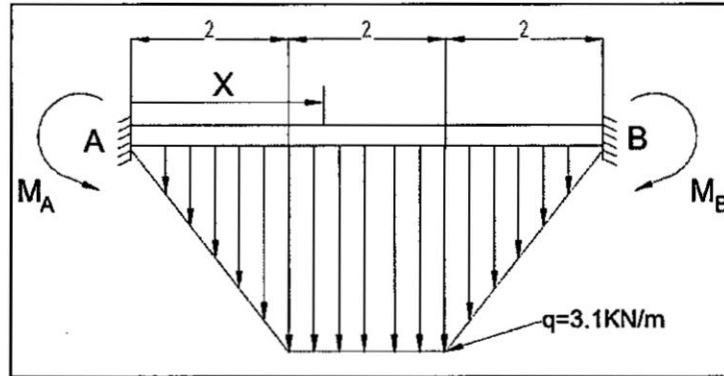


Fuente: Elaboración Propia

Para facilidad del analisis de esa viga critica se hara el diagrama de cargas en todo su recorrido la cual se vera plasmada en la siguiente figura:

FIGURA N° 4. 9

DIAGRAMA DE CARGAS DE LAS VIGAS RIEL



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla de momentos de empotramiento de carga para piezas de  $I$ =constante tenemos la siguiente ecuación:

$$M_A = \frac{q \cdot l}{96} (l + b) \left( 5 - \frac{b^2}{l^2} \right) \quad \text{Ecuación N°4.6}$$

Reemplazando datos de la figura N°4.4

$$M_A = \frac{3.1 \times 6}{96} (6 + 2) \left( 5 - \frac{2^2}{6^2} \right) = 7.58 \text{KN/m}$$

$$M_B = 7.58 \text{KN/m}$$

Momento en el punto central: ( $M_{CENTRAL}$ )

$$M_{CENTRAL} = 7.58 + \left( \frac{3.1 \times 2}{2} \right) \left( 2 + \frac{2}{3} \right) + 1 \times 3.1 \times 0.5 - 6.2 \times 3$$

$$M_{CENTRAL} = 1,2 \text{KN/m}$$

Por lo tanto los momentos críticos son  $M_A$  y  $M_B$

- **Calculo por esfuerzos:**

Reemplazando datos a la Ecuación N°4.1 tenemos:

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_A}{S} \leq F_y \quad \rightarrow \quad \frac{M_{MAX}}{F_y} \leq S$$



$$\frac{7.58}{250 \times 10^3} x 10^6 \leq S \quad \rightarrow \quad S \geq 30.32 \text{ cm}^3$$

- **Calculo por rigidez:**

Tenemos la siguiente ecuación de singularidad para la curva elástica.

$$f = \frac{1}{E.I} \left( 7.58 \cdot \frac{x^2}{2} - 6.2 \cdot \frac{x^3}{6} + \frac{4.65 \cdot x^5}{3 \cdot 5!} - \frac{1.55(x-2)^5}{5!} \right)$$

Ecuación N°4.7

Con un  $f_{max}$  en  $x = 3$

$$f_{max} = \frac{9.33}{E.I} \quad \text{donde } E = 200 \text{ GPa (Acero A36)}$$

Se obtiene:

$$f_{max} = \frac{4.665 \times 10^{-8}}{I} \quad (m)$$

Por recomendación de construcciones metálicas astm la rigidez

(R) debe tener el valor de 0,001

Por lo tanto reemplazando a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{f_{max}}{L} \cong 0,001 \quad \text{Ecuación N°4.8}$$

$$R = \frac{\frac{4.665 \times 10^{-8}}{I}}{6} \cong 0,001 \quad \rightarrow \quad I \cong 777,5 \text{ cm}^4$$

Seleccionando en la tabla de perfiles:

$$W6X12 \quad \rightarrow \quad I = 22,1 \text{ in}^4 \langle \rangle 919,87 \text{ cm}^4$$

Recalculando la rigidez con el perfil seleccionado:

$$R = \frac{\frac{4.665 \times 10^{-8}}{919.87 \times 10^{-8}}}{6} = 0,0008$$

También se va verificar el cálculo por esfuerzo de flexión

$$S \geq 30.32cm^3 \rightarrow S_{W6x12} = 7.31in^3 <> 119,79cm^3$$

Por lo tanto  $S_{W6x12} \geq 30.32cm^3$  entonces el perfil a usar es el adecuado.

### **Calculo de la estructura soporte de tolva**

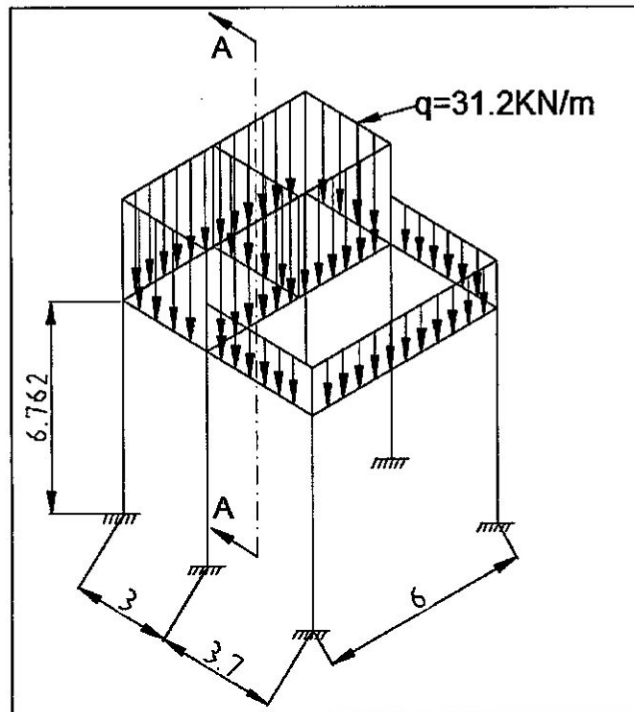
#### **- Análisis de cargas**

Las cargas evaluadas se distribuyen en el marco soporte del nivel 6762 en donde la zona de recepción (3 m x 6 m) es la que sufre un fuerte impacto razón por la cual en la figura 4.4 se presentan las cargas distribuidas sobre el perímetro de los marcos estructurales del nivel 6762. Estas cargas son generadas por soportar a la tolva de recepción y sus componentes de apoyo + accesorios + material descargado por los volquetes

Finalmente se evalúan las vigas y columnas para los casos mostrados de cargas, este análisis se realiza en el nivel 6762 y resulta lo siguiente:  $q = 31.2 \text{ KN / m}$

FIGURA N° 4. 10

DCL DE LAS CARGAS ACTUANTES



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se desarrolla un proceso iterativo de cálculo con la finalidad de optimizar los perfiles estructurales recomendados, luego se colocarán los resultados finales de la iteración y algunos comentarios más adelante

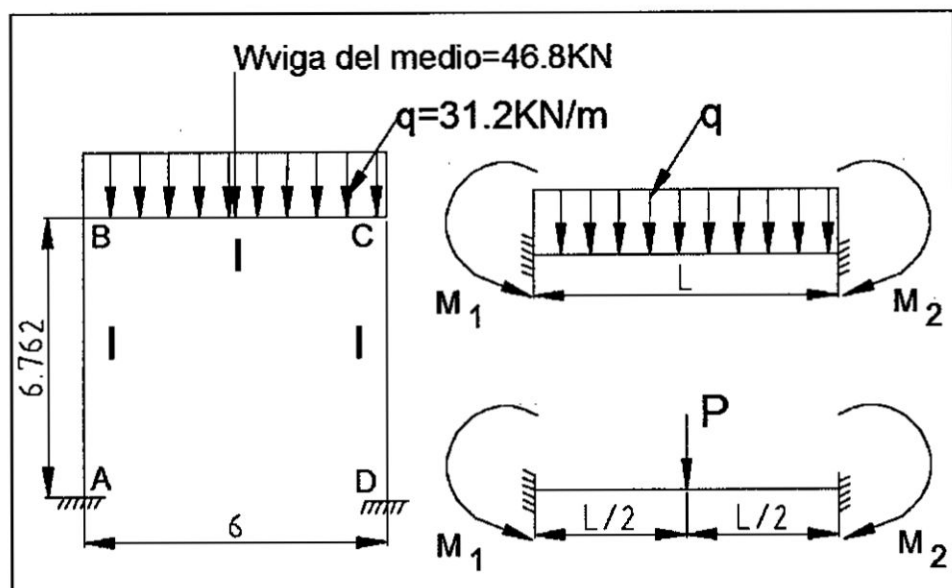
Para este análisis se harán cuatro estudios los cuales garantizarán un diseño estable bajo cargas, deformaciones, estabilidad y rigidez.

- **Calculo del esfuerzo**

Para este análisis se tienen evaluadas las cargas totales para el nivel 6762 según la figura N°4.9, lo cual representa cargas de equipos, material, y estructuras. En la figura 4.10 se analiza el diagrama de cargas actuantes en la sección A-A donde incide la mayor parte del peso del material.

FIGURA N° 4. 11

DIAGRAMA DE CARGAS ACTUANTES EN LA SECCION A-A



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla de momentos de empotramiento de carga para piezas de  $I$ =constante tenemos:

El momento para la carga distribuida es:

$$M_1 = M_2 = \frac{q \cdot L^2}{12}$$

El momento para la carga de la viga del medio es:

$$M_1 = M_2 = \frac{P \cdot L}{8}$$

De las ecuaciones generales de deformaciones angulares tenemos:

$$M_{AB} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_A + \theta_B - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_A^E \quad \text{Ecuación N°4.9}$$

$$M_{BA} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_B + \theta_A - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_B^E \quad \text{Ecuación N°4.10}$$

Para nuestro caso el desplazamiento relativo  $\Delta = 0$  y reemplazando datos en cada elemento de la sección A-A tenemos:

$$M_{AB} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_0 + \theta_B - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_B + 0 - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{BC} = \frac{2EI}{6} \left( 2x\theta_B + \theta_C - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) - 128.7$$

$$M_{CB} = \frac{2EI}{6} \left( 2x\theta_C + \theta_B - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) + 128.7$$

$$M_{CD} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_C + 0 - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{DC} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_0 + \theta_C - \frac{3x\theta_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$\text{Haciendo } \sum M_B = 0 \rightarrow M_{BA} + M_{BC} = 0$$

$$1.2582\theta_B + \frac{\theta_C}{3} = \frac{128.7}{EI} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Haciendo } \sum M_C = 0 \rightarrow M_{CB} + M_{CD} = 0$$

$$\frac{\theta_B}{3} + 1.2582\theta_C = -\frac{128.7}{EI} \dots \dots \dots (2)$$

De (1) y (2) obtenemos:

$$\theta_B = \frac{139.155}{EI} \quad \vee \quad \theta_C = -\frac{139.155}{EI}$$

Reemplazando en las ecuaciones de momentos de cada elemento Tenemos:

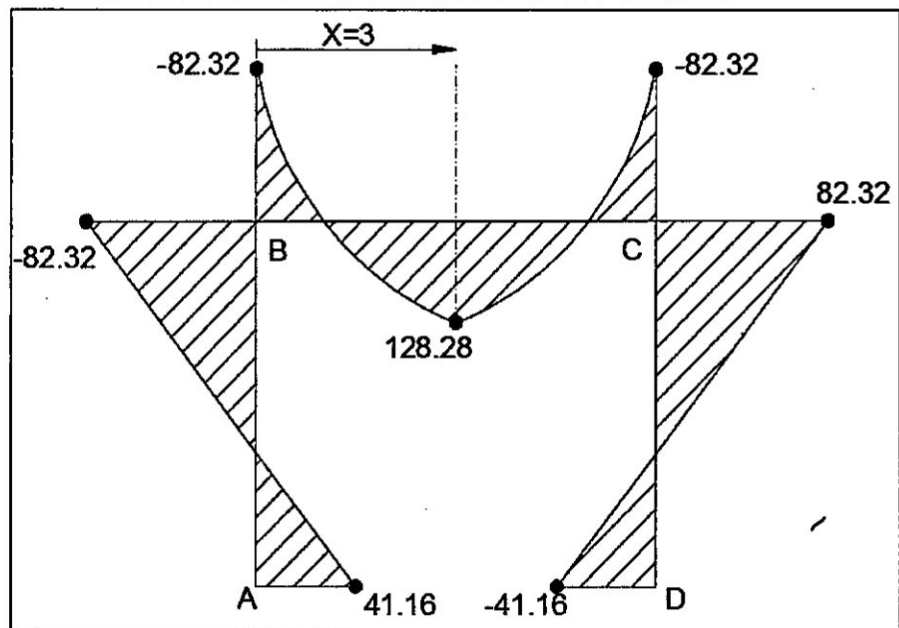
$$M_{AB} = 41.16 \text{KN.m} \quad \vee \quad M_{BA} = 82.32 \text{KN.m}$$

$$M_{BC} = -82.32 \text{KN.m} \quad \vee \quad M_{CB} = 82.32 \text{N.m}$$

$$M_{CD} = -82.32 \text{KN.m} \quad \vee \quad M_{DC} = -41.16 \text{KN.m}$$

**FIGURA N° 4. 12**

**DIAGRAMA DE MOMENTOS DEL PORTICO**



Fuente: Elaboración Propia

- Punto crítico para el análisis por flexión para el punto medio donde el momento es el máximo.

$$M_{max} = 128.28 \text{KN.m}$$

Reemplazando a la Ecuación N°4.5

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{S} \leq F_y \rightarrow \frac{128.28}{S} \leq 250 \times 10^3$$

$$S \geq 513.12 \text{ cm}^3$$

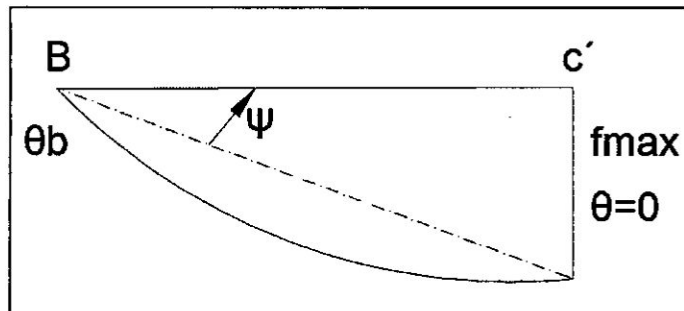
Seleccionando en la tabla de perfiles la posible viga:

$$W10X30 \rightarrow S = 32.4 \text{ in}^3 < 530.94 \text{ cm}^3$$

- Cálculo de rigidez y análisis de la deformación máxima

FIGURA N° 4. 13

DIAGRAMA DE LA DEF. MAXIMA EN EL PUNTO MEDIO DE BC



Fuente: Elaboración Propia

De la ecuación N°4.8

$$M_{BC} = \frac{2EI_{BC}}{L_{BC}} \left( 2\theta_B + \theta_C - \frac{3\Delta}{L_{BC}} \right) + M_B^E$$

Y sabiendo que:

$$\frac{\Delta}{L_{AB}} = \psi, \theta_C = 0 \text{ y } M_B^E = -23.4$$

Reemplazando datos tenemos:

$$-82.32 = \frac{2EI_{BC}}{3} (2\theta_B + 0 - 3\psi) - 23.4$$

$$\text{Donde } E = 200 \text{ GPa (A36) y } \theta_B = \frac{139.155}{EI}$$

$$\psi = \frac{122.23}{EI} = \frac{f_{max}}{3} \rightarrow f_{max} = \frac{1.833 \times 10^{-6}}{I} \dots \dots (A)$$

Por lo tanto reemplazando (A) en la Ecuación N°4.7:

$$R_1 = \frac{f_{max}}{L} \cong 0,001 \rightarrow I = 30550 \text{ cm}^4$$

Seleccionando en la tabla de perfiles la posible viga:

$$W12X87 \rightarrow I = 740.0 \text{ in}^4 <> 30801.02 \text{ cm}^4$$

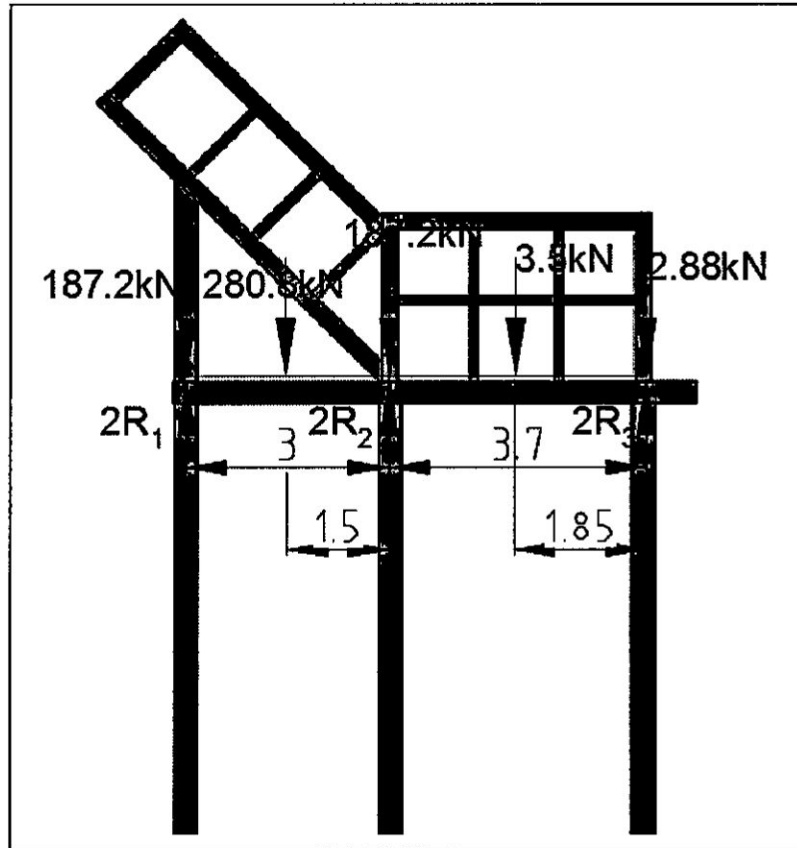
#### - Cálculo y Análisis por pandeo

Para este análisis se vuelve a observar la figura 4.9, en donde se considera el efecto de superposición de efectos dentro del campo elástico, para lo cual se supone a la columna cargada desde el primer nivel (+ 6.762 m) en las condiciones más desfavorables, es decir que la carga incida en la distancia donde se encuentra la parte inclinada y en una vista frontal se hará el DCL con todas las cargas en el recorrido de dicho nivel.



FIGURA N° 4. 14

DCL DE CARGAS FLUCTUANTES EN NIVEL 6.672m



Fuente: Elaboración Propia

De la figura tenemos:

$$\sum M = 0 \rightarrow 13.4R_1 + 7.4R_2 = 3413.52 \dots \dots \dots (1)$$

$$\sum F = 0 \rightarrow 2R_1 + 2R_2 + 2R_3 = 661.58 \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum \delta = 0 \rightarrow 3.7R_1 - 10.4R_2 + 6.7R_3 = 223.72 \dots \dots (2)$$

De (1), (2) y (3):

$$R_1 = 202.82KN$$

$$R_2 = 94.03KN$$

$$R_3 = 33.95KN$$

La carga  $R_1$  es la mayor por lo tanto es la indicada para realizar el análisis por pandeo (método de la AISC)

La columna tiene una longitud efectiva:

$$L_e = 2L = 13.52m \quad , \quad E = 200GPa \quad y \quad \sigma_y = 250MPa$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} = 40\pi \quad (\text{columna larga})$$

Para conseguir una columna cota el radio de giro debería ser muy grande excediendo los valores de los perfiles estandarizados, por lo tanto el análisis será como columna larga.

De la fórmula de Euler tenemos la siguiente ecuación:

$$P_{Cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 4.11$$

Reemplazando tenemos:

$$202.82 \times 10^3 = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^9 \times I}{FS \times 13.524^2} \quad FS = 1.92$$

Obtenemos el valor mínimo de la inercia que debe tener el perfil:

$$I = 3608.22 \text{ cm}^4 <> 86.68 \text{ in}^4$$

Seleccionando en la tabla de perfiles la posible viga:

$$W10X49 \rightarrow I = 93.4 \text{ in}^4 <> 3887.6 \text{ cm}^4$$

**Etap 3: Análisis y selección de arriostres para el soporte de tolva.**

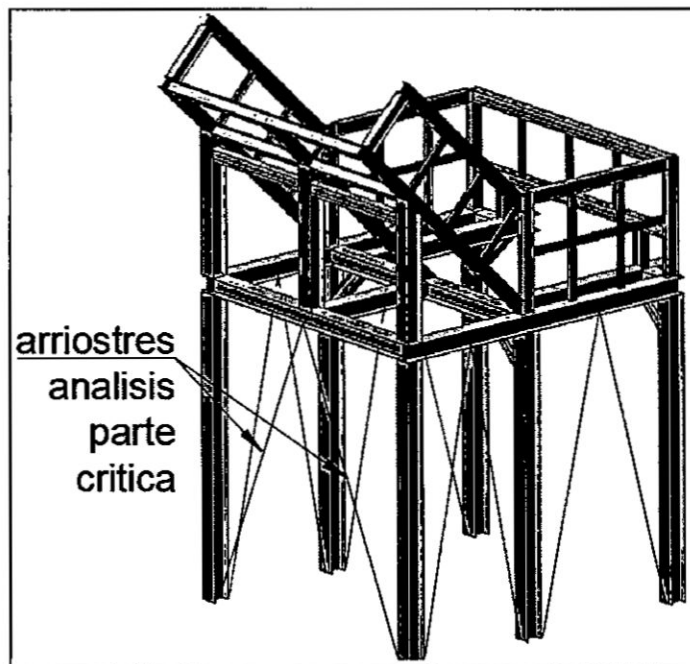
#### - Cálculo de arriostres

De los 3 posibles perfiles a priori el seleccionado debería ser el que garantice la resistencia de la estructura, es decir el W12x87

que fue resultado del cálculo para cumplir que la rigidez sugerida por la norma internacional. Por otro lado si es solo un problema de rigidez se puede reducir poniendo arriostres como refuerzos en la parte critica

**FIGURA N° 4. 15**

**DISTRIBUCION DE ARRIOSTRES**



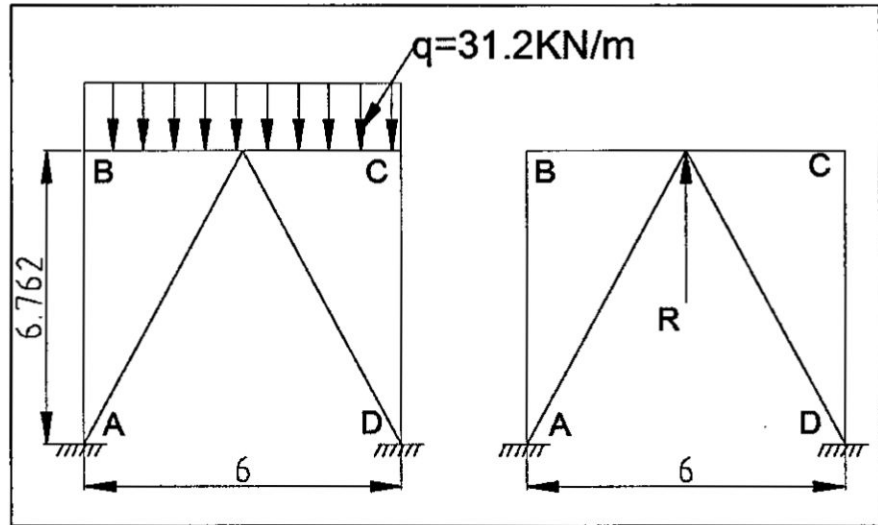
Fuente: Elaboración Propia

De la figura N°4.14 vemos el pórtico de la parte critica está sometido a carga distribuida  $q= 31.2 \text{ KN / m}$  que está representada en la figura N°4.9 y N°4.10 donde también se representara una reacción proveniente de los arriostres que se van a seleccionar.

Separando cada situación tenemos la siguiente figura.

FIGURA N° 4. 16

EFFECTOS PARA EL ANALISIS DE ARRIOSTRES



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar es el mismo caso que el de la Figura N°4.10, es decir se tomara el mismo procedimiento y los resultados obtenidos:

Por lo tanto considerando la deformación máxima la misma que en la ecuación (A)

$$f_{max} = \frac{1.833 \times 10^{-6}}{I}$$

Y tomando de referencia el siguiente perfil seleccionado:

$$W10X49 \rightarrow I = 3887.6\text{ cm}^4$$

Reemplazando tenemos:

$$f_{max} = 0.0471\text{ m}$$

De la tabla de momentos de empotramiento de carga para piezas de  $I$ =constante tenemos el momento para la carga  $R$  de la viga del es:

$$M_1 = M_2 = \frac{P.L}{8} = 0.75R$$

De las ecuaciones N°4.8 y 4.9 de deformaciones angulares tenemos:

$$M_{AB} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_A + \theta_B - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_A^E$$

$$M_{BA} = \frac{2EI_{AB}}{L_{AB}} \left( 2\theta_B + \theta_A - \frac{3\Delta}{L_{AB}} \right) + M_B^E$$

Para nuestro caso el desplazamiento relativo  $\Delta=0$  y reemplazando datos en cada elemento de la figura N°4.15 tenemos:

$$M_{AB} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x_0 + \theta_B - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_B + 0 - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{BC} = \frac{2EI}{6} \left( 2x\theta_B + \theta_C - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) - 0.75R$$

$$M_{CB} = \frac{2EI}{6} \left( 2x\theta_C + \theta_B - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) + 0.75R$$

$$M_{CD} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x\theta_C + 0 - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$M_{DC} = \frac{2EI}{6.762} \left( 2x_0 + \theta_C - \frac{3x_0}{L_{AB}} \right) + 0$$

$$\text{Haciendo } \sum M_B = 0 \rightarrow M_{BA} + M_{BC} = 0$$

$$1.2582\theta_B + \frac{\theta_C}{3} = -\frac{0.75R}{EI} \dots \dots \dots (1)$$

Haciendo  $\sum M_C = 0 \rightarrow M_{CB} + M_{CD} = 0$

$$\frac{\theta_B}{3} + 1.2582\theta_C = \frac{0.75R}{EI} \dots \dots \dots (2)$$

De (1) y (2) obtenemos:

$$\theta_B = -\frac{0.8109R}{EI} \quad \vee \quad \theta_C = \frac{0.8109R}{EI}$$

Reemplazando en las ecuaciones de momentos de cada elemento en función de R tenemos:

$$M_{AB} = -0.2398R \quad \vee \quad M_{BA} = -0.4797R$$

$$M_{BC} = 0.4797R \quad \vee \quad M_{CB} = -0.4797R$$

$$M_{CD} = 0.4797R \quad \vee \quad M_{DC} = 0.2398R$$

De la ecuación N°4.8 analizamos hasta el punto medio de BC

$$M_{BC} = \frac{2EI_{BC}}{L_{BC}} \left( 2\theta_B + \theta_C - \frac{3\Delta}{L_{BC}} \right) + M_B^E$$

Tenemos:

$$0.4797R = \frac{2EI}{3} \left( 2 \left( -\frac{0.8109R}{EI} \right) + \frac{3f}{3} \right) + 0 \dots \dots (3)$$

Por recomendación de construcciones metálicas ASTM la rigidez (R) debe tener el valor de 0,001

Por lo tanto el  $f_{max}$  a la distancia de 6m

$$R = \frac{f_{max}}{6} \cong 0,001 \quad \rightarrow \quad f_{max} = 0.006$$

Pero la deformación  $f$  que genera R será la diferencia de las de las deformaciones siguientes

$$f = 0.0471 - 0.006 = 0.0411$$

Reemplazando en (3) donde ,  $E = 200GPa$  y  $I = 3887.6cm^4$

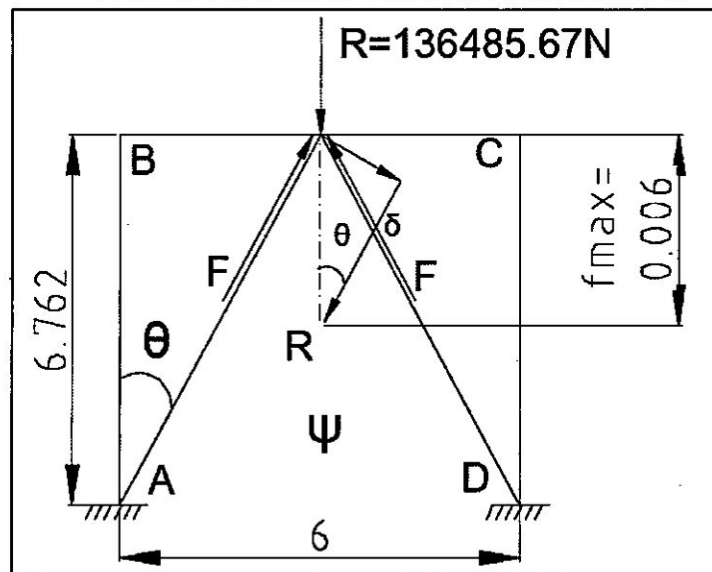
$$0.4797R = \frac{2EI}{3} \left( 2 \left( -\frac{0.8109R}{EI} \right) + \frac{3 \times 0.0411}{3} \right) + 0$$

$$R = 136485.67N$$

Ahora hacemos DCL en los arriostres obteniendo la siguiente figura

FIGURA N° 4. 17

DCL DE CARGAS EN LOS ARRIOSTRES



Fuente: Elaboración Propia

De la figura N°4.16 obtenemos lo siguiente:

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow \frac{2F}{\cos\theta} = R = 136485.67N$$

$$\text{Donde : } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{3}{6.762} \right) = 23.92^\circ$$

Reemplazando tenemos  $F = 74654.7N$

y tambien:  $\delta = 0.006 \cos 23.92^\circ = 0.00548m$

Ahora reemplazamos todos los datos obtenidos en la ecuacion de deformacion de una fuerza axial.

$$\delta = \frac{FL}{EA} \quad \text{Ecuacion N}^\circ 4.12$$

Obteniendo como area :  $A = 5.04cm^2 <> 0.78in^2$

En la tabla de perfiles "L" seleccionamos el perfil mas adecuado según el àrea obtenida

$$\text{Perfil L} = 2x2x\frac{1}{4}$$

**- Calculo por pandeo**

De la fórmula de Euler que esta descrita en la ecuación N°4.10:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2}$$

Reemplazando datos obtenidos halamos el momento de inercia I:

$$74654.7 = \frac{\pi^2 x 200 x 10^9 x I}{FS x 13.524^2} \quad \text{y } FS = 1.92$$

$$I = 397.32cm^4$$

En la tabla de perfiles "L" seleccionamos el perfil mas adecuado según el momento de inercia obtenido, como ya se sabe la estructura no puede fallar por pandeo asi que este perfil corrobora al perfil anteriormente obtenido

$$I = 397.32cm^4 <> 9.55in^4 \rightarrow \text{Perfil L} = 5x5x\frac{1}{2}$$

$$I = 11.3in^4$$



### **4.3 Poblacion y Muestra**

#### **a) Población**

Según Balestrini (2006) define la población como: "conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos, que presentan características comunes" (p. 137)

#### **b) Muestra**

Balestrini (2006), señala que: "una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible. (p.141)".

Para los fines de la presente investigación La población es conocida y se puede identificar por lo consiguiente no es necesario realizar un muestro, dado que el objetivo de la investigación es realizar el diseño de la tolva de gruesos de 45mc, donde todos los elementos necesarios ya están delimitados y es accesible en su totalidad.

### **4.4 Tecnicas e Intrumentos de recoleccion de datos**

La tabla N°4.1 define el tipo de técnicas y su instrumentos utilizados en la presente investigación

**TABLA N° 4. 1**

**TECNICA E INSTRUMENTOS**

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"><li>• Especificaciones de diseño a ASD</li><li>• Planos de Aprobación de Planta Unicon – Jicamarca.</li><li>• Fichas de trabajo</li><li>• Registros de ángulo de reposo del material</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°4.1 define el tipo de técnicas y su instrumentos utilizados en la presente investigación

**4.5 Procedimiento de recolección de datos**

**Bases de diseño**

Se base en los conceptos de estados límite. El estado límite es para describir una condición en la que una estructura o parte de ella deja de cumplir su pretendida función.

Existen dos tipos de estados límite:

- a) Los de resistencia
- b) Los de servicio

**Los estados límite de resistencia:**

Se basan en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluyen las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, etc.

**Los estados límite de servicio:**

Se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio y tienen que ver con aspectos asociados con el uso y ocupación, tales como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

**Diseño por resistencia usando diseño en base a resistencias admisibles (ASD)**

El diseño de acuerdo con las disposiciones de 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. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la sección B.3.3 (LRFD)

El diseño se realizara de acuerdo con la ecuación B3-2:

$$Ra = \frac{Rn}{\Omega} \quad \text{Ecuacion (B3 - 2)}$$

Donde.

Ra= resistencia requerida (ASD)

Rn= resistencia nominal, según se especifica en los capítulos B a K

$\Omega$  = factor de seguridad, según se especifica en los capítulos B a K

$\frac{Rn}{\Omega}$  = resistencia admisible

- **Planos de Aprobación de Planta Unicon – Jicamarca.**

Para realizar el diseño estructural de la tolva de gruesos se necesitaba información del cliente, dado que la presente investigación cuenta con planos de aprobación de la zona de chancado primario de la cantera, de los cuales son

- a) Planos de elevación de las zona de chancado (incluye detalles de los equipos y estructuras colindantes a la tolva de gruesos)
- b) Planos de dimensionamiento de alimentador vibratorio ( incluye datos del equipo vibrante y dimensionamiento de tolvin con brazos basculantes)

- **Ficha de trabajo**

La ficha de trabajo es una forma de organizar la información documental usada en los trabajos de investigación de cualquier tipo. Se utiliza para recopilar, resumir o anotar los contenidos de las fuentes o datos utilizados en la investigación.

Para el tipo de investigación que se está realizando se menciona las fichas de trabajo de la empresa UNICON la cual menciona datos productivos como por ejemplo:

- a) Volquetadas por hora promedio para mantener la frecuencia productiva

- b) Máximo acumulativo de volquetadas promedio permisible en la tolva de gruesos (Dato muy importante que me sirvió como capacidad de trabajo de la tolva de gruesos)
- c) Control dimensional y reportes topográficos de la zona de chancado primario.

- **Registros de ángulo de reposo del material.**

Para determinar el ángulo de inclinación de la parte inclinada de la tolva va depender de los siguientes registros.

- a) Granulometría del material
- b) Porcentaje de grueso (no se aplica)
- c) Porcentaje de humedad (no se aplica)
- d) Angulo de reposo del material:

Según registros se indica que el material el ángulo de reposo fluctúa entre 35° a 37° (material de cantera)

Si usamos el ángulo de reposo de  $\alpha=35^\circ$  mediante la siguiente ecuación obtenemos el ángulo de inclinación requerido  $\beta$ :

$$\beta = \alpha + 15^\circ$$

Se obtendrá un ángulo de inclinación ideal de 50°, para el caso de del diseño de la tolva de gruesos se diseñara con un ángulo de inclinación de 45°, este ángulo menor no afectara debido a que el material se encontrara en movimiento por la caída desde los volquetes, y así encajara con el dimensionamiento y los parámetros de diseño estructural.

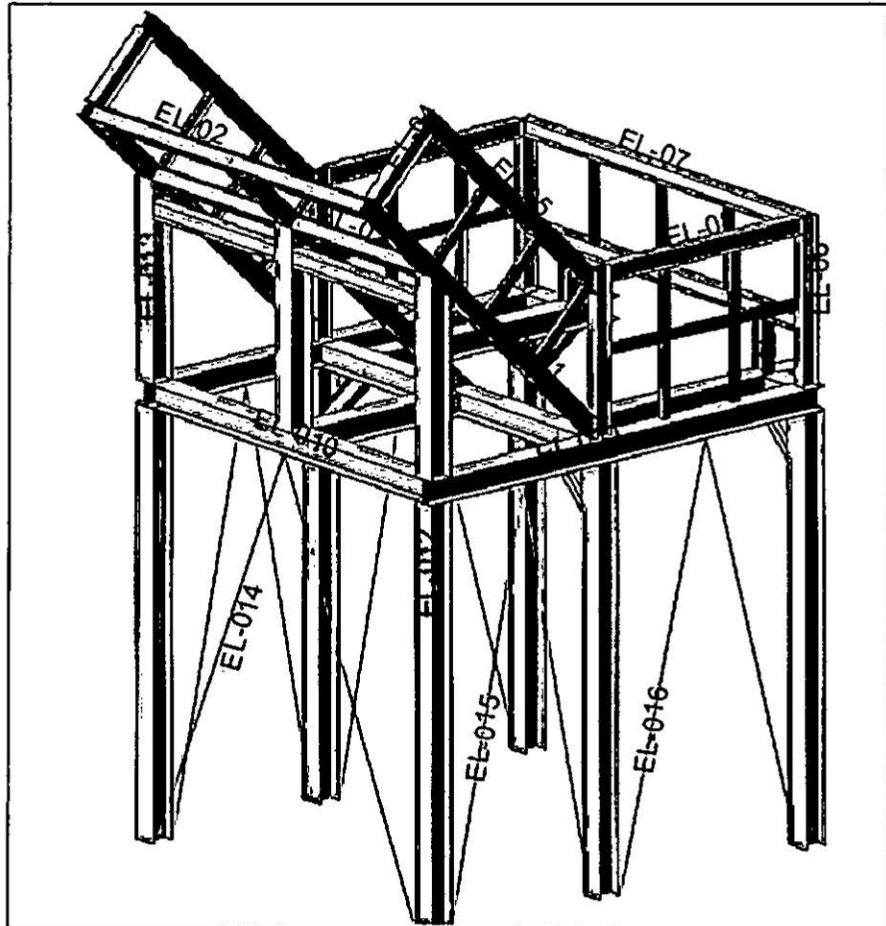
#### **4.6 Procesamiento Estadístico y análisis de datos**

En base al tipo de investigación que estoy realizando no amerita hacer procesamiento estadístico y análisis de datos.

## V. RESULTADOS

FIGURA N° 5. 1

### DISTRIBUCION FINAL DE ELEMENTOS



Fuente: Elaboración Propia

- Elementos de parte superior (parte inclinada y sección rectangular)

**TABLA N° 5. 1**

**ELEMENTOS DE SECCION SUPERIOR (SIST.INGLES)**

Unidades en sistema ingles					
Elemento	Designación (in)	Ix (in <sup>4</sup> )	Sx (in <sup>3</sup> )	Longitud (in)	cantidad
EL-01	W10X22	118	23.2	228.35	3
EL-02	W10X22	118	23.2	221.65	1
EL-03	W10X22	118	23.2	118.11	2
EL-04	W6X12	22.1	7.31	50.39	2
EL-05	W6X12	22.1	7.31	168.5	2
EL-06	W6X12	22.1	7.31	98.43	4
EL-07	W6X12	22.1	7.31	236.22	2
EL-08	W6X12	22.1	7.31	135.83	2
EL-09	W6X12	22.1	7.31	25.98	2

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5. 2**

**ELEMENTOS DE SECCION SUPERIOR (S.I)**

Unidades en sistema internacional					
Elemento	Designación (mm)	Ix 10 <sup>6</sup> (mm <sup>4</sup> )	Sx 10 <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> )	Longitud 10 <sup>3</sup> (mm)	cantidad
EL-01	W250X32.7	48.9	379	5.8	3
EL-02	W250X32.7	48.9	379	5.63	1
EL-03	W250X32.7	48.9	379	3	2
EL-04	W150X18	20	194	1.28	2
EL-05	W150X18	20	194	4.28	2
EL-06	W150X18	20	194	2.5	4
EL-07	W150X18	20	194	6	2
EL-08	W150X18	20	194	3.45	2
EL-09	W150X18	20	194	0.66	2



**TABLA N° 5. 3**

**ANALISIS DE VIGAS CRÍTICAS**

Elemento critico	Análisis	Designación (in)	q (KN/m)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	FS
EL-01	flexión	W10X22	66.62 (qa)	238.59	250	1.04
			7.21 (qb)			
EL-07	rigidez	W10X22	3.1	63.69	250	3.9

Fuente: Elaboración Propia

- Elementos de soporte de tolva (columnas)

**TABLA N° 5. 4**

**ELEMENTOS DE SECCION SOPORTE DE TOLVA (SIST.INGLES)**

Unidades en sistema ingles					
Elemento	Designación (in)	Iy (in <sup>4</sup> )	Sy (in <sup>3</sup> )	Longitud (in)	cantidad
EL-010	W10X49	93.4	18.7	235.83	2
EL-011	W10X49	93.4	18.7	272.24	2
EL-012	W10X49	93.4	18.7	266.22	6
EL-013	W10X49	93.4	18.7	81.22	3

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5. 5**

**ELEMENTOS DE SECCION SOPORTE DE TOLVA (S.I.)**

Unidades en sistema internacional					
Elemento	Designación (mm)	Ix 10 <sup>6</sup> (mm <sup>4</sup> )	Sx 10 <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> )	Longitud 10 <sup>3</sup> (mm)	cantidad
EL-010	W250X73	38.8	306	5.99	2
EL-011	W250X73	38.8	306	6.915	2
EL-012	W250X73	38.8	306	6.762	6
EL-013	W250X73	38.8	306	2.06	3

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5. 6**

**ANALISIS DE VIGAS CRÍTICAS**

Elemento crítico	Análisis	Designación (in)	q (KN/m)	σ (MPa)	σy (MPa)	FS
EL-010	flexión	W10X30	31.2	241.6	250	1.03
	rigidez	W12X87		66.34	250	3.8
EL-012	pandeo	W10X30	31.2	143.37	250	1.8

Fuente: Elaboración Propia

- **Elementos adicionales (arriostres)**

**TABLA N° 5. 7**

**ARRIOSTRES DE REFUERZO (SIST.INGLES)**

Unidades en sistema ingles					
Elemento	Designación (in)	I (in <sup>4</sup> )	S (in <sup>3</sup> )	Longitud (in)	cantidad
EL-014	L5X5X1/2	11.3	3.16	273.62	2
EL-015	L5X5X1/2	11.3	3.16	253.54	4
EL-016	L5X5X1/2	11.3	3.16	257.48	4

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5. 8**

**ARRIOSTRES DE REFUERZO (S.I.)**

Unidades en sistema internacional					
Elemento	Designación (mm)	I 10 <sup>6</sup> (mm <sup>4</sup> )	S 10 <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> )	Longitud 10 <sup>3</sup> (mm)	cantidad
EL-014	L127X127X12.7	4.68	51.7	6.95	2
EL-015	L127X127X12.7	4.68	51.7	6.44	4
EL-016	L127X127X12.7	4.68	51.7	6.54	4

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5. 9**

**ANALISIS DE ARRIOSTRES**

Elemento critico	Análisis	Designación (in)	q (KN/m)	σ (MPa)	σ <sub>y</sub> (MPa)	FS
EL-014	rigidez	L2X2X1/4	31.2	121.97	250	3
	pandeo	L5X5X1/2	31.2	24.39	250	10

Fuente: Elaboración Propia

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación de las hipótesis con los resultados**

- Si se determina la geometría de la tolva de gruesos de 45mc, entonces permitirá la conexión con el tolván de acoplamiento al alimentador vibratorio.

#### **Resultados de la geometría de la tolva**

Alto de tolva: 10.41m

Ancho de tolva: 6m

Longitud y ángulo de parte inclinada: 5.8 m y 45°

Altura de columnas: 6.762

Separación de las 6 columnas: 3 y 3.7 m

- Si se realiza el análisis estructural, metrado de cargas, determinación de los parámetros de diseño y la selección de perfiles, entonces se determinará la memoria de cálculo de la tolva de 45mc

#### **Resultados de la memoria de cálculo de la tolva**

Carga en la parte inclinada (KN/m): 66.62 (qa) y 7.21 (qb)

Carga en parte rectangular por sujeción de rieles (KN/m): 3.1

Carga en columnas (KN/m): 31.2

Perfiles a usar en parte superior: W10X22, W6X12

Perfiles para las columnas: W10X49

Tipo de viga riel: 60lb - ASCE

Perfil de arriostres: L5x5x1/2

## 6.2 Contrastacion de los resultados con otros estudios similares

Para la contrastación cabe indicar que se tomó lo más resaltante de otros estudios similares, que sirvió como apoyo en la elaboración de esta tesis.

<b>Tesis de grado</b>	Diseño de una tolva de finos con planchas de acero estructural astm a36 para almacenar mineral polimetálico a 300 msnm	Diseño de una tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario - Planta Unicon - Jicamarca
<b>Objetivo general</b>	El diseño de una tolva de finos utilizando acero estructural ASTM A36 donde se calculará las dimensiones y el espesor del acero para poder almacenar 240TM de mineral polimetálico en un terreno que está a 300 msnm	El diseño la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario para mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca
<b>Descripción</b>	Parámetros de diseño para determinar la geometría de la tolva y el ángulo de inclinación	Parámetros de diseño para determinar la geometría de la tolva y el ángulo de inclinación y soportes de tolva

## VII. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de la tolva de gruesos bajo el diseño en base a resistencias admisibles (ASD) de la norma AISC –sección B.3.4. la cual nos permitió la selección de los perfiles de todos los elementos estructurales de la tolva de gruesos.
- Se determinó la geometría de la tolva, ya que se recopiló la información necesaria que estaba ligada a los planos proporcionados de la zona geográfica de la geomalla, cimentación y sobre todo al tolván del alimentador vibratorio que une a la chancadora primaria con la tolva de gruesos de 45mc.
- Se determinó la memoria de cálculo estructural debido a que se realizó el metrado de cargas en la parte inclinada, rectangular y columnas de la tolva de gruesos, además se hizo un análisis de los elementos críticos, la cual en base a esos perfiles se pudo determinar los demás y como elementos para reforzamiento de la estructura de la tolva, se determinó el tipo de vigas riel de impacto en la parte inclinada y rectangular, además el tipo de perfil de los arriostres de la columnas.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Para la viga del elemento EL-01 de perfil W10x22, esta podría cambiar a una designación mayor dado que cumple con su factor de seguridad pero este podría aumentar si es que fluctuaran nuevas cargas adicionales en esa sección, y así el diseño sería más estable.
- La elección de un solo tipo de perfil es recomendable para toda la base por facilidad de manufactura y estética, sin descuidar la fortaleza de la misma.
- En una futura fabricación y montaje, las vigas tipo riel deberían ser inspeccionadas constantemente ya que cumple la función de revestimiento y protección de la parte superior de la tolva y es donde incide el material, por ende sufren un desgaste constante.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AISC. **Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de Acero Versión En Español**. Asociación Latinoamérica Del Acero.2010  
Obtenido En: [https://aceroplatea.es/docs/comites/documento5\\_86.pdf](https://aceroplatea.es/docs/comites/documento5_86.pdf)
- ARIADEL SAMANIEGO, Carmen Yessenia. **Diseño De Una Tolva De Finos Con Planchas De Acero Estructural Astm A36 Para Almacenar Mineral Polimetálico A 300 Msnm**. Tesis de grado. Machala. Unidad Académica De Ciencias Químicas Y De La Salud. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7664>
- BALESTRINI ACUÑA, Mirian. **Como se Elabora el Proyecto de Investigación**. BI Consultores Asociados. Sexta edición: febrero. 2002. Caracas, Venezuela. / 248p
- BEER Ferdinand P. / JOHNSTON Russell E. / DEWOLF John T. / MAZUREK David. **Mecánica De Materiales**. Mc Graw Hill. Quinta Edición. 2010
- CORTEZ CANAZA, Fredy Efraín. **Diseño y construcción de una planta de LIX –SX-FT-EW de mineral de cobre para la producción de 30 TON/MES de cátodos de cobre**. Tesis de grado. Tacna. Universidad nacional jorge basadre grohmann – Tacna. Recuperado de: <http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/518/TG0379.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología De La Investigación**. Lima. Libro Publicaciones. Tercera Edición 2010.



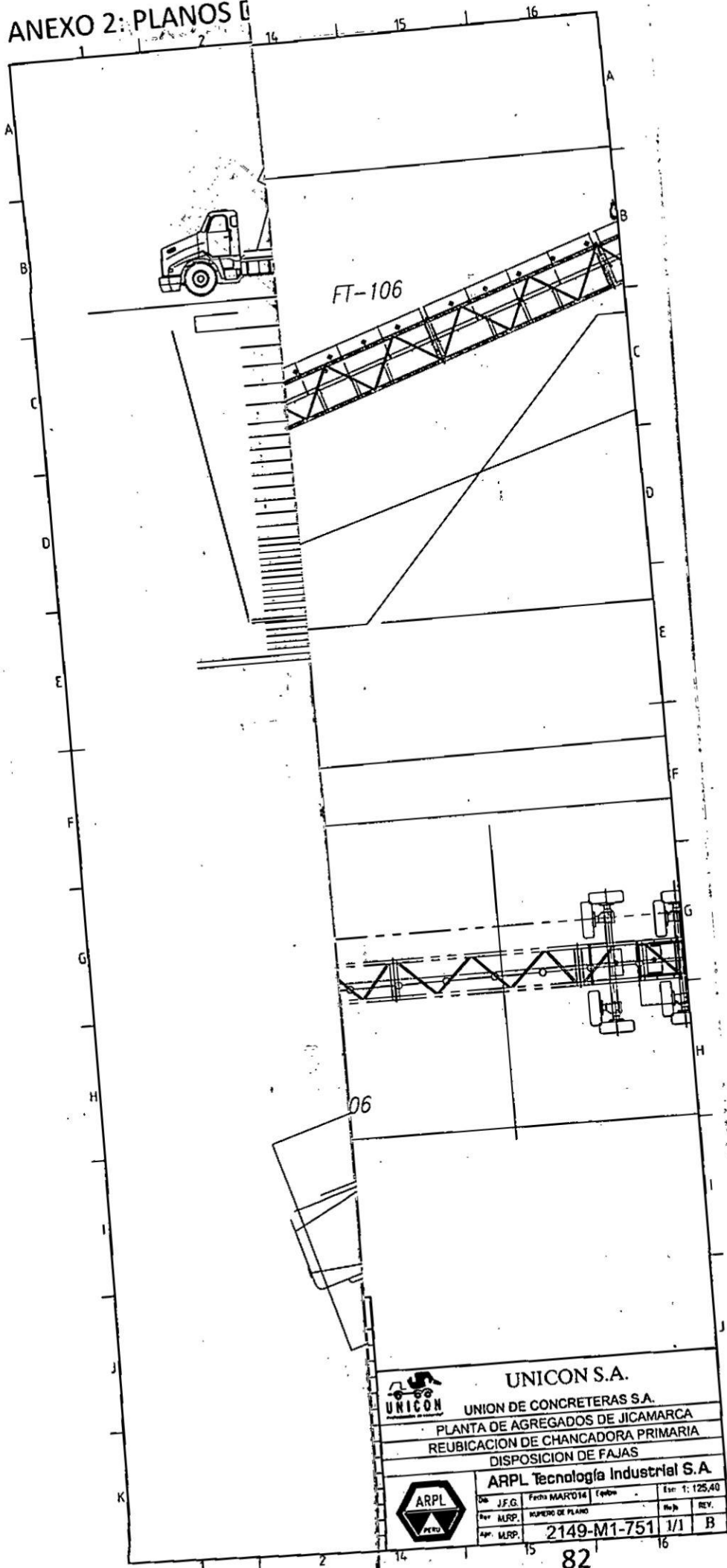
- HIBBELER R.C. **Análisis Estructural** .Pearson Education, Inc. Octava edición.2012.
- MUÑOZ PELAEZ, Alejandro / Montalbetti S. Juan Antonio .**Curso multimedia de resistencia de materiales**. Pontificia Universidad Católica del Perú-PUCP - Fondo Editorial. Lima. Recuperado de: <http://www.librosperuanos.com/autores/autor/1746/Montalbetti-Alejandro>
- ORTEGA PERALVO, Diego Fernando / TORRES ANDRADE, Felipe Santiago. **Diseño de un silo de fondo cónico para almacenar maíz con capacidad de 25 toneladas con carga y descarga**. Tesis de grado. Quito. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13116>

**ANEXOS**

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo realizar el diseño de la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario para mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo determinar la geometría de la tolva de gruesos de 45mc?</li> <li>• ¿Cómo determinar la memoria de cálculo de la tolva de gruesos de 45mc?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Diseñar la tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario para mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la geometría de la tolva de gruesos de 45mc</li> <li>• Determinar la memoria de cálculo de la tolva de gruesos de 45mc</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Al diseñar una tolva de gruesos de 45mc en la zona de chancado primario, se logrará mantener la frecuencia en el proceso productivo de la planta Unicon - Jicamarca</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se determina la geometría de la tolva de gruesos de 45mc, entonces permitirá la conexión con el tolván de acoplamiento a alimentador vibratorio</li> <li>• Si se realiza el análisis estructural, metrado de cargas, determinación de los parámetros de diseño y la selección de perfiles, entonces se determinará la memoria de cálculo de la tolva de 45mc.</li> </ul>	<p><b>Variable I:</b></p> <p>Diseño de una tolva de gruesos de 45mc</p> <p><b>Variable II:</b></p> <p>Frecuencia en el proceso productivo</p>	<p><b>Indicadores variable I:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entorno geográfico</li> <li>• Capacidad</li> <li>• Dimensión de tolvin de conexión a faja de chancado primario</li> <li>• Cargas</li> <li>• Rigidez</li> <li>• Pandeo</li> <li>• Deformación</li> <li>• Palanquillas (Vigas riel)</li> <li>• Impacto</li> <li>• Normas de diseño</li> </ul> <p><b>Indicadores variable II:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de recepción de la piedra para el proceso de chancado primario</li> </ul>	<p><b>Tipos de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación tecnológica de nivel aplicada.</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Diseño no experimental</p> <p><b>Técnicas:</b></p> <p>Documentación (cálculos), descripción, investigación de campo, entrevista.</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Documentación, observación directa y controlada.</p>

ANEXO 2: PLANOS



 <b>UNICON S.A.</b> UNION DE CONCRETERAS S.A.			
PLANTA DE AGREGADOS DE JICAMARCA REUBICACION DE CHANCADORA PRIMARIA DISPOSICION DE FAJAS			
<b>ARPL Tecnología Industrial S.A.</b>			
	Dto J.F.G. Fecha MARZO 14	Escala 1: 125,40	
Rev. M.R.P.	NUMERO DE PLANO	No. de REV.	
Apr. M.R.P.	2149-M1-751	1/1	B

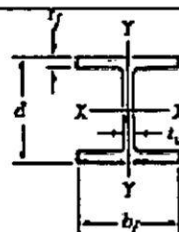
ANEXO 4: PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES USADOS EN INGENIERIA

Material	Peso específico lb/m. <sup>3</sup>	Resistencia última			Cedencia <sup>1</sup>		Módulo de elasticidad, 10 <sup>6</sup> psi	Módulo de rigidez, 10 <sup>7</sup> psi	Coeficiente de expansión, 10 <sup>-6</sup> /°F	Ductilidad, porcentaje de elongación en 2 in.
		Tensión, ksi	Compresión, <sup>2</sup> ksi	Corriente, ksi	Tensión, ksi	Corriente, ksi				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	0.284	58			36	21	29	11.2	6.5	21
Alta resistencia-baja aleación										
ASTM-A709 Grado 50	0.284	65			50		29	11.2	6.5	21
ASTM-A913 Grado 65	0.284	80			65		29	11.2	6.5	17
ASTM-A992 Grado 50	0.284	65			50		29	11.2	6.5	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 100	0.284	110			100		29	11.2	6.5	18
Inoxidable AISI 302										
Laminado en frío	0.286	125			75		28	10.8	9.6	12
Recocido	0.286	95			38	22	28	10.8	9.6	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	0.283	70			40		29	11	6.5	
Alta resistencia	0.283	90			60		29	11	6.5	
<b>Fundición:</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	0.260	25	95	35			10	4.1	6.7	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	0.264	50	90	48	33		24	9.3	6.7	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)										
	0.098	16		10	14	8	10.1	3.7	13.1	9
Aleación 2014-T6	0.101	66		40	58	33	10.9	3.9	12.8	13
Aleación 2024-T4	0.101	68		41	47		10.6		12.9	19
Aleación 5456-H116	0.095	46		27	33	19	10.4		13.3	16
Aleación 6061-T6	0.098	38		24	35	20	10.1	3.7	13.1	17
Aleación 7075-T6	0.101	83		48	73		10.4	4	13.1	11
<b>Cobre</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	0.322	32		22	10		17	6.4	9.4	45
Endurecido	0.322	57		29	53		17	6.4	9.4	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	0.306	74		43	60	36	15	5.6	11.6	8
Recocido	0.306	46		32	15	9	15	5.6	11.6	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	0.316	85		46	63		17	6.4	10.4	3
Recocido	0.316	39		31	10		17	6.4	10.4	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)	0.318	45			21		14		10	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	0.302	95			48		15		12	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	0.301	90	130		40		16	6.1	9	6

ANEXO 5: PROPIEDADES DE PERFILES LAMINADOS DE ACERO

Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero  
(Unidades utilizadas en Estados Unidos)

Perfiles W  
(Perfiles de aleta ancha)

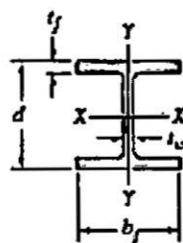


Designación†	Área A, in. <sup>2</sup>	Altura d, in.	Aleta		Espesor del alma t_w, in.	Eje X-X			Eje Y-Y		
			Ancho b_f, in.	Espesor t_f, in.		I_x, in. <sup>4</sup>	S_x, in. <sup>3</sup>	r_x, in.	I_y, in. <sup>4</sup>	S_y, in. <sup>3</sup>	r_y, in.
W36 × 300	88.3	36.74	16.655	1.680	0.945	20 300	1 110	15.2	1 300	156	3.83
135	39.7	35.55	11.950	0.790	0.600	7 800	439	14.0	225	37.7	2.38
W33 × 201	59.1	33.68	15.745	1.150	0.715	11 500	684	14.0	749	95.2	3.56
118	34.7	32.86	11.480	0.740	0.550	5 900	359	13.0	187	32.6	2.32
W30 × 173	50.8	30.44	14.985	1.065	0.655	8 200	539	12.7	598	79.8	3.43
99	29.1	29.65	10.450	0.670	0.520	3 990	269	11.7	128	24.5	2.10
W27 × 146	42.9	27.38	13.965	0.975	0.605	5 630	411	11.4	443	63.5	3.21
84	24.8	26.71	9.960	0.640	0.460	2 850	213	10.7	106	21.2	2.07
W24 × 104	30.6	24.06	12.750	0.750	0.500	3 100	258	10.1	259	40.7	2.91
68	20.1	23.73	8.965	0.585	0.415	1 830	154	9.55	70.4	15.7	1.87
W21 × 101	29.8	21.36	12.290	0.800	0.500	2 420	227	9.02	248	40.3	2.89
62	18.3	20.99	8.240	0.615	0.400	1 330	127	8.54	57.5	13.9	1.77
44	13.0	20.66	6.500	0.450	0.350	843	81.6	8.06	20.7	6.36	1.26
W18 × 106	31.1	18.73	11.200	0.940	0.590	1 910	204	7.84	220	39.4	2.66
76	22.3	18.21	11.035	0.680	0.425	1 330	146	7.73	152	27.6	2.61
50	14.7	17.99	7.495	0.570	0.355	800	88.9	7.38	40.1	10.7	1.65
35	10.3	17.70	6.000	0.425	0.300	510	57.6	7.04	15.3	5.12	1.22
W16 × 77	22.6	16.52	10.295	0.760	0.455	1 110	134	7.00	138	26.9	2.47
57	16.8	16.43	7.120	0.715	0.430	758	92.2	6.72	43.1	12.1	1.60
40	11.8	16.01	6.995	0.505	0.305	518	64.7	6.63	28.9	8.25	1.57
31	9.12	15.88	5.525	0.440	0.275	375	47.2	6.41	12.4	4.49	1.17
26	7.68	15.69	5.500	0.345	0.250	301	38.4	6.26	9.59	3.49	1.12
W14 × 370	109	17.92	16.475	2.660	1.655	5 440	607	7.07	1 990	241	4.27
145	42.7	14.78	15.500	1.090	0.680	1 710	232	6.33	677	87.3	3.98
82	24.1	14.31	10.130	0.855	0.510	882	123	6.05	148	29.3	2.48
68	20.0	14.04	10.035	0.720	0.415	723	103	6.01	121	24.2	2.46
53	15.6	13.92	8.060	0.660	0.370	541	77.8	5.89	57.7	14.3	1.92
43	12.6	13.66	7.995	0.530	0.305	428	62.7	5.82	45.2	11.3	1.89
38	11.2	14.10	6.770	0.515	0.310	385	54.6	5.87	26.7	7.88	1.55
30	8.85	13.84	6.730	0.385	0.270	291	42.0	5.73	19.6	5.82	1.49
26	7.69	13.91	5.025	0.420	0.255	245	35.3	5.65	8.91	3.54	1.08
22	6.49	13.74	5.000	0.335	0.230	199	29.0	5.54	7.00	2.80	1.04

† Un perfil de aleta ancha se designa por la letra W seguida de la altura en in. y el peso en lb/ft.

**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**  
(Unidades SI)

**Perfiles W**  
(Perfiles de aleta ancha)

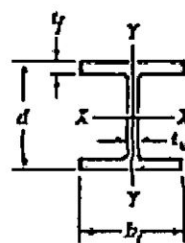


Designación†	Área A, mm <sup>2</sup>	Altura d, mm	Aleta		Espesor del alma t <sub>w</sub> , mm	Eje X-X			Eje Y-Y		
			Ancho b <sub>f</sub> , mm	Espesor t <sub>f</sub> , mm		I <sub>x</sub> 10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> mm	I <sub>y</sub> 10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> mm
W920 × 446	57 000	933	423	42.70	24.0	8 470	18 200	385	540	2 550	97.3
201	25 600	903	304	20.10	15.2	3 250	7 200	356	94.4	621	60.7
W840 × 299	38 100	855	400	29.20	18.2	4 790	11 200	355	312	1 560	90.5
176	22 400	835	292	18.80	14.0	2 460	5 890	331	78.2	536	59.1
W760 × 257	32 600	773	381	27.10	16.6	3 420	8 850	324	250	1 310	87.6
147	18 700	753	265	17.00	13.2	1 660	4 410	298	52.9	399	53.2
W690 × 217	27 700	695	355	24.80	15.4	2 340	6 730	291	185	1 040	81.7
125	16 000	678	253	16.30	11.7	1 190	3 510	273	44.1	349	52.5
W610 × 155	19 700	611	324	19.00	12.7	1 290	4 220	256	108	667	74.0
101	13 000	603	228	14.90	10.5	764	2 530	242	29.5	259	47.6
W530 × 150	19 200	543	312	20.30	12.7	1 010	3 720	229	103	660	73.2
92	11 800	533	209	15.60	10.2	552	2 070	216	23.8	228	44.9
66	8 370	525	165	11.40	8.9	351	1 340	205	8.57	104	32.0
W460 × 158	20 100	476	284	23.90	15.0	796	3 340	199	91.4	644	67.4
113	14 400	463	280	17.30	10.8	556	2 400	196	63.3	452	66.3
74	9 450	457	190	14.50	9.0	333	1 460	188	16.6	175	41.9
52	6 630	450	152	10.80	7.6	212	942	179	6.34	83.4	30.9
W410 × 114	14 600	420	261	19.30	11.6	462	2 200	178	57.2	438	62.6
85	10 800	417	181	18.20	10.9	315	1 510	171	18.0	199	40.8
60	7 580	407	178	12.80	7.7	216	1 060	169	12.1	136	40.0
46.1	5 890	403	140	11.20	7.0	156	774	163	5.14	73.4	29.5
38.8	4 990	399	140	8.80	6.4	127	637	160	4.04	57.7	28.5
W360 × 551	70 100	455	418	67.60	42.0	2 260	9 930	180	825	3 950	108
216	27 600	375	394	27.70	17.3	712	3 800	161	283	1 440	101
122	15 500	363	257	21.70	13.0	365	2 010	153	61.5	479	63.0
101	12 900	357	255	18.30	10.5	302	1 690	153	50.6	397	62.6
79	10 100	354	205	16.80	9.4	227	1 280	150	24.2	236	48.9
64	8 140	347	203	13.50	7.7	178	1 030	148	18.9	186	48.2
57.8	7 220	358	172	13.10	7.9	161	899	149	11.1	129	39.2
44	5 730	352	171	9.80	6.9	122	693	146	8.18	95.7	37.8
39	4 980	353	128	10.70	6.5	102.0	578	143	3.75	58.6	27.4
32.9	4 170	349	127	8.50	5.8	82.7	474	141	2.91	45.8	26.4

† Un perfil de aleta ancha se designa por la letra W seguida de la altura nominal en milímetros y la masa en kilogramo por metro.

**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**  
(Unidades utilizadas en Estados Unidos)  
(Continuación de la página 750)

**Perfiles W**  
(Perfiles de aleta ancha)



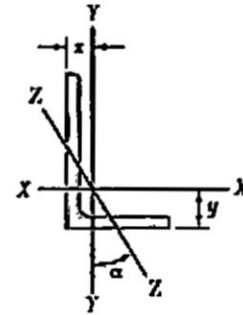
Designación†	Área A, in. <sup>2</sup>	Altura d, in.	Aleta		Espesor del alma t <sub>w</sub> , in.	Eje X-X			Eje Y-Y		
			Ancho b <sub>f</sub> , in.	Espesor t <sub>f</sub> , in.		I <sub>x</sub> , in. <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> , in. <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> , in.	I <sub>y</sub> , in. <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> , in. <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> , in.
W12 × 96	28.2	12.71	12.160	0.900	0.550	833	131	5.44	270	44.4	3.09
72	21.1	12.25	12.040	0.670	0.430	597	97.4	5.31	195	32.4	3.04
50	14.7	12.19	8.080	0.640	0.370	394	64.7	5.18	56.3	13.9	1.96
40	11.8	11.94	8.005	0.515	0.295	310	51.9	5.13	44.1	11.0	1.93
35	10.3	12.50	6.560	0.520	0.300	285	45.6	5.25	24.5	7.47	1.54
30	8.79	12.34	6.520	0.440	0.260	238	38.6	5.21	20.3	6.24	1.52
26	7.65	12.22	6.490	0.380	0.230	204	33.4	5.17	17.3	5.34	1.51
22	6.48	12.31	4.030	0.425	0.260	156	25.4	4.91	4.66	2.31	0.847
16	4.71	11.99	3.990	0.265	0.220	103	17.1	4.67	2.82	1.41	0.773
W10 × 112	32.9	11.36	10.415	1.250	0.755	716	126	4.66	236	45.3	2.68
68	20.0	10.40	10.130	0.770	0.470	394	75.7	4.44	134	26.4	2.59
54	15.8	10.09	10.030	0.615	0.370	303	60.0	4.37	103	20.6	2.56
45	13.3	10.10	8.020	0.620	0.350	248	49.1	4.32	53.4	13.3	2.01
39	11.5	9.92	7.985	0.530	0.315	209	42.1	4.27	45.0	11.3	1.98
33	9.71	9.73	7.960	0.435	0.290	170	35.0	4.19	36.6	9.20	1.94
30	8.84	10.47	5.810	0.510	0.300	170	32.4	4.38	16.7	5.75	1.37
22	6.49	10.17	5.750	0.360	0.240	118	23.2	4.27	11.4	3.97	1.33
19	5.62	10.24	4.020	0.395	0.250	96.3	18.8	4.14	4.29	2.14	0.874
15	4.41	9.99	4.000	0.270	0.230	68.9	13.8	3.95	2.89	1.45	0.810
W8 × 58	17.1	8.75	8.220	0.810	0.510	228	52.0	3.65	75.1	18.3	2.10
48	14.1	8.50	8.110	0.685	0.400	184	43.3	3.61	60.9	15.0	2.08
40	11.7	8.25	8.070	0.560	0.360	146	35.5	3.53	49.1	12.2	2.04
35	10.3	8.12	8.020	0.495	0.310	127	31.2	3.51	42.6	10.6	2.03
31	9.13	8.00	7.995	0.435	0.285	110	27.5	3.47	37.1	9.27	2.02
28	8.25	8.06	6.535	0.465	0.285	98.0	24.3	3.45	21.7	6.63	1.62
24	7.08	7.93	6.495	0.400	0.245	82.8	20.9	3.42	18.3	5.63	1.61
21	6.16	8.28	5.270	0.400	0.250	75.3	18.2	3.49	9.77	3.71	1.26
18	5.26	8.14	5.250	0.330	0.230	61.9	15.2	3.43	7.97	3.04	1.23
15	4.44	8.11	4.015	0.315	0.245	48.0	11.8	3.29	3.41	1.70	0.876
13	3.84	7.99	4.000	0.255	0.230	39.6	9.91	3.21	2.73	1.37	0.843
W6 × 25	7.34	6.38	6.080	0.455	0.320	53.4	16.7	2.70	17.1	5.61	1.52
20	5.87	6.20	6.020	0.365	0.260	41.4	13.4	2.66	13.3	4.41	1.50
16	4.74	6.28	4.030	0.405	0.260	32.1	10.2	2.60	4.43	2.20	0.966
12	3.55	6.03	4.000	0.280	0.230	22.1	7.31	2.49	2.99	1.50	0.918
9	2.68	5.90	3.940	0.215	0.170	16.4	5.56	2.47	2.19	1.11	0.905
W5 × 19	5.54	5.15	5.030	0.430	0.270	26.2	10.2	2.17	9.13	3.63	1.28
16	4.68	5.01	5.000	0.360	0.240	21.3	8.51	2.13	7.51	3.00	1.27
W4 × 13	3.83	4.16	4.060	0.345	0.280	11.3	5.46	1.72	3.86	1.90	1.00

† Un perfil de aleta ancha se designa por la letra W seguida de la altura en in. y el peso en lb/ft.



**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**  
(Unidades utilizadas en Estados Unidos)

**Ángulos**  
Piernas desiguales



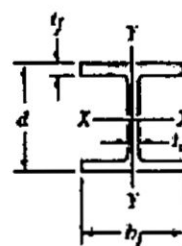
Tamaño y espesor, in.	Peso por ft, lb/ft.	Área, in. <sup>2</sup>	Eje X-X				Eje Y-Y				Eje Z-Z	
			$I_x$ , in. <sup>4</sup>	$S_x$ , in. <sup>3</sup>	$r_x$ , in.	$y$ , in.	$I_y$ , in. <sup>4</sup>	$S_y$ , in. <sup>3</sup>	$r_y$ , in.	$x$ , in.	$r_z$ , in.	$\tan \alpha$
L8 × 6 × 1	44.2	13.0	80.8	15.1	2.49	2.65	38.8	8.92	1.73	1.65	1.28	0.543
½	33.8	9.94	63.4	11.7	2.53	2.56	30.7	6.92	1.76	1.56	1.29	0.551
⅜	23.0	6.75	44.3	8.02	2.56	2.47	21.7	4.79	1.79	1.47	1.30	0.558
L6 × 4 × ½	23.6	6.94	24.5	6.25	1.88	2.08	8.68	2.97	1.12	1.08	0.860	0.428
½	16.2	4.75	17.4	4.33	1.91	1.99	6.27	2.08	1.15	0.987	0.870	0.440
⅜	12.3	3.61	13.5	3.32	1.93	1.94	4.90	1.60	1.17	0.941	0.877	0.446
L5 × 3 × ⅜	12.8	3.75	9.45	2.91	1.59	1.75	2.58	1.15	0.829	0.750	0.648	0.357
½	9.8	2.86	7.37	2.24	1.61	1.70	2.04	0.888	0.845	0.704	0.654	0.364
⅜	6.6	1.94	5.11	1.53	1.62	1.66	1.44	0.614	0.861	0.657	0.663	0.371
L4 × 3 × ⅜	11.1	3.25	5.05	1.89	1.25	1.33	2.42	1.12	0.864	0.827	0.639	0.543
½	8.5	2.48	3.96	1.46	1.26	1.28	1.92	0.866	0.879	0.782	0.644	0.551
⅜	5.8	1.69	2.77	1.00	1.28	1.24	1.36	0.599	0.896	0.736	0.651	0.558
L3½ × 2½ × ⅜	9.4	2.75	3.24	1.41	1.09	1.20	1.36	0.760	0.704	0.705	0.534	0.486
½	7.2	2.11	2.56	1.09	1.10	1.16	1.09	0.592	0.719	0.660	0.537	0.496
⅜	4.9	1.44	1.80	0.755	1.12	1.11	0.777	0.412	0.735	0.614	0.544	0.506
L3 × 2 × ⅜	7.7	2.25	1.92	1.00	0.924	1.08	0.672	0.474	0.546	0.583	0.428	0.414
½	5.9	1.73	1.53	0.781	0.940	1.04	0.543	0.371	0.559	0.539	0.430	0.428
⅜	4.1	1.19	1.09	0.542	0.957	0.993	0.392	0.260	0.574	0.493	0.435	0.440
L2½ × 2 × ⅜	5.3	1.55	0.912	0.547	0.768	0.831	0.514	0.363	0.577	0.581	0.420	0.614
½	3.62	1.06	0.654	0.381	0.784	0.787	0.372	0.254	0.592	0.537	0.424	0.626
L64 × 64 × 12.7	6.4	7.3	932			0.517	9.50	23.6		21.4		15.0
9.5	11.4	1460			0.524	12.1	18.9		20.6		12.5	
8.7	8.7	1130			0.419	9.40	19.3		19.4		12.5	
6.4	6.1	778			0.302	6.62	19.7		18.4		12.6	
4.8	4.6	591			0.235	5.09	19.9		17.8		12.7	
L51 × 51 × 9.5	7.0	879			0.202	5.80	15.2		16.2		9.95	
6.4	4.7	612			0.147	4.09	15.5		15.1		9.94	
3.2	2.4	316			0.0806	2.17	16.0		13.9		10.1	

**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**

(Unidades SI)

Continuación de la página 751

**Perfiles W**  
(Perfiles de aleta ancha)

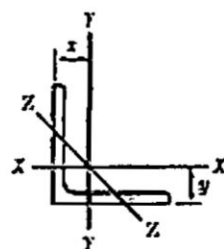


Designación†	Área A, mm <sup>2</sup>	Altura d, mm	Aleta		Espesor del alma t <sub>w</sub> , mm	Eje X-X			Eje Y-Y		
			Ancho b <sub>f</sub> , mm	Espesor t <sub>f</sub> , mm		I <sub>x</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> mm	I <sub>y</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> mm
W310 × 143	18 200	323	309	22.9	14.0	348	2 150	138	113	731	78.8
107	13 600	311	306	17.0	10.9	248	1 590	135	81.2	531	77.3
74	9 480	310	205	16.3	9.4	165	1 060	132	23.4	228	49.7
60	7 590	303	203	13.1	7.5	129	851	130	18.3	180	49.1
52	6 670	318	167	13.2	7.6	119	748	134	10.3	123	39.3
44.5	5 690	313	166	11.2	6.6	99.2	634	132	8.55	103	38.8
38.7	4 940	310	165	9.7	5.8	85.1	549	131	7.27	88.1	38.4
32.7	4 180	313	102	10.8	6.6	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4
23.8	3 040	305	101	6.7	5.6	42.7	280	119	1.16	23.0	19.5
W250 × 167	21 300	289	265	31.8	19.2	300	2 080	119	98.8	746	68.1
101	12 900	264	257	19.6	11.9	164	1 240	113	55.5	432	65.6
80	10 200	256	255	15.6	9.4	126	984	111	43.1	338	65.0
67	8 580	257	204	15.7	8.9	104	809	110	22.2	218	51.0
58	7 420	252	203	13.5	8.0	87.3	693	108	18.8	185	50.3
49.1	6 250	247	202	11.0	7.4	70.6	572	106	15.1	150	49.2
44.8	5 720	266	148	13.0	7.6	71.1	535	111	7.03	95.0	35.1
32.7	4 180	258	146	9.1	6.1	48.9	379	108	4.73	64.8	33.7
28.4	3 630	260	102	10.0	6.4	40.0	308	105	1.78	34.9	22.1
22.3	2 850	254	102	6.9	5.8	28.9	228	101	1.23	24.1	20.8
W200 × 86	11 000	222	209	20.6	13.0	94.7	853	92.4	31.4	300	53.2
71	9 100	216	206	17.4	10.2	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8
59	7 560	210	205	14.2	9.1	61.1	582	89.9	20.4	199	51.9
52	6 660	206	204	12.6	7.9	52.7	512	89.0	17.8	175	51.7
46.1	5 860	203	203	11.0	7.2	45.5	448	87.9	15.3	151	51.1
41.7	5 310	205	166	11.8	7.2	40.9	399	87.8	9.01	109	41.2
35.9	4 580	201	165	10.2	6.2	34.4	342	86.7	7.64	92.6	40.8
31.3	4 000	210	134	10.2	6.4	31.4	299	88.6	4.1	61.2	32.0
26.6	3 390	207	133	8.4	5.8	25.8	249	87.2	3.3	49.6	31.2
22.5	2 860	206	102	8.0	6.2	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3
19.3	2 480	203	102	6.5	5.8	16.6	164	81.8	1.15	22.5	21.5
W150 × 37.1	4 730	162	154	11.6	8.1	22.2	274	68.5	7.07	91.8	38.7
29.8	3 790	157	153	9.3	6.6	17.2	219	67.4	5.56	72.7	38.3
24.0	3 060	160	102	10.3	6.6	13.4	168	66.2	1.83	35.9	24.5
18.0	2 290	153	102	7.1	5.8	9.17	120	63.3	1.26	24.7	23.5
13.5	1 730	150	100	5.5	4.3	6.87	91.6	63.0	0.918	18.4	23.0
W130 × 28.1	3 580	131	128	10.9	6.9	10.9	166	55.2	3.81	59.5	32.6
23.8	3 010	127	127	9.1	6.1	8.80	139	54.1	3.11	49.0	32.1
W100 × 19.3	2 480	106	103	8.8	7.1	4.77	90.0	43.9	1.61	31.3	25.5

† Un perfil de aleta ancha se designa por la letra W seguida de la altura nominal en mm y la masa en kilogramos por metro.

**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**  
(Unidades utilizadas en Estados Unidos)

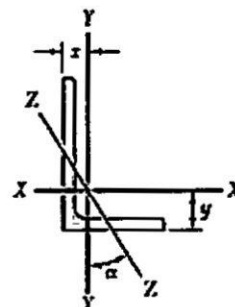
**Ángulos**  
Piernas iguales



Tamaño y espesor, in.	Peso por pie, lb/ft	Área, in. <sup>2</sup>	Eje X-X y eje Y-Y				Eje Z-Z r, in.
			I, in. <sup>4</sup>	S, in. <sup>3</sup>	r, in.	x o y, in.	
<b>L8 × 8 × 1</b>	51.0	15.0	89.0	15.8	2.44	2.37	1.56
½	38.9	11.4	69.7	12.2	2.47	2.28	1.58
¼	26.4	7.75	48.6	8.36	2.50	2.19	1.59
<b>L6 × 6 × 1</b>	37.4	11.0	35.5	8.57	1.80	1.86	1.17
½	28.7	8.44	28.2	6.66	1.83	1.78	1.17
¼	24.2	7.11	24.2	5.66	1.84	1.73	1.18
⅜	19.6	5.75	19.9	4.61	1.86	1.68	1.18
½	14.9	4.36	15.4	3.53	1.88	1.64	1.19
<b>L5 × 5 × ½</b>	23.6	6.94	15.7	4.53	1.51	1.52	0.975
¼	20.0	5.86	13.6	3.86	1.52	1.48	0.978
⅜	16.2	4.75	11.3	3.16	1.54	1.43	0.983
½	12.3	3.61	8.74	2.42	1.56	1.39	0.990
<b>L4 × 4 × ½</b>	18.5	5.44	7.67	2.81	1.19	1.27	0.778
¼	15.7	4.61	6.66	2.40	1.20	1.23	0.779
⅜	12.8	3.75	5.56	1.97	1.22	1.18	0.782
½	9.8	2.86	4.36	1.52	1.23	1.14	0.788
¾	6.6	1.94	3.04	1.05	1.25	1.09	0.795
<b>L3½ × 3½ × ½</b>	11.1	3.25	3.64	1.49	1.06	1.06	0.683
¼	8.5	2.48	2.87	1.15	1.07	1.01	0.687
⅜	5.8	1.69	2.01	0.794	1.09	0.968	0.694
<b>L3 × 3 × ½</b>	9.4	2.75	2.22	1.07	0.898	0.932	0.584
¼	7.2	2.11	1.76	0.833	0.913	0.888	0.587
⅜	4.9	1.44	1.24	0.577	0.930	0.842	0.592
<b>L2½ × 2½ × ½</b>	7.7	2.25	1.23	0.724	0.739	0.806	0.487
¼	5.9	1.73	0.984	0.566	0.753	0.762	0.487
⅜	4.1	1.19	0.703	0.394	0.769	0.717	0.491
½	3.07	0.902	0.547	0.303	0.778	0.694	0.495
<b>L2 × 2 × ½</b>	4.7	1.36	0.479	0.351	0.594	0.636	0.389
¼	3.19	0.938	0.348	0.247	0.609	0.592	0.391
⅜	1.65	0.484	0.190	0.131	0.626	0.546	0.398

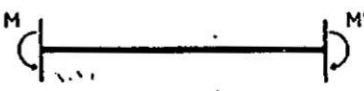
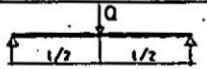
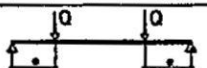
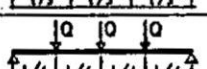
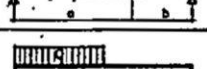
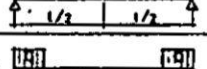
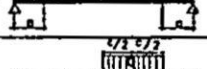
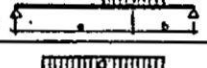
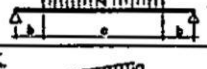



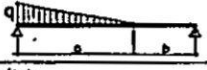
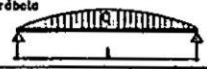
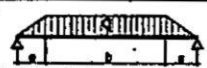
**Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero**  
(Unidades SI)

**Ángulo**  
Piernas desiguales



Tamaño y espesor, mm	Mesa por metro, kg/m	Área, mm <sup>2</sup>	Eje X-X				Eje Y-Y				Eje Z-Z	
			$I_x$ 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	$S_x$ 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	$r_x$ mm	$y$ mm	$I_y$ 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	$S_y$ 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	$r_y$ mm	$x$ mm	$r_z$ mm	$\tan \alpha$
L203 × 152 × 25.4	65.5	8 370	33.5	247	63.3	67.4	16.0	145	43.7	41.9	32.4	0.541
19.0	50.1	6 380	26.2	190	64.1	65.1	12.7	113	44.6	39.6	32.7	0.551
12.7	34.1	4 350	18.4	131	65.0	62.7	8.96	78.1	45.4	37.3	33.0	0.556
L152 × 102 × 19.0	35.0	4 470	10.1	102	47.5	52.5	3.65	49.0	28.6	27.5	21.9	0.435
12.7	24.0	3 060	7.20	70.8	48.5	50.3	2.64	34.4	29.4	25.3	22.2	0.446
9.5	18.2	2 320	5.56	54.0	49.0	49.1	2.06	26.4	29.8	24.1	22.4	0.452
L127 × 76 × 12.7	19.0	2 420	3.93	47.6	40.3	44.4	1.06	18.6	20.9	19.0	16.3	0.355
9.5	14.5	1 840	3.06	36.6	40.8	43.3	0.841	14.5	21.4	17.8	16.6	0.362
6.4	9.8	1 260	2.14	25.2	41.2	42.1	0.598	10.1	21.8	16.6	16.8	0.369
L102 × 76 × 12.7	16.4	2 100	2.12	31.1	31.8	33.9	1.00	18.1	21.8	20.9	16.2	0.536
9.5	12.6	1 600	1.66	24.0	32.2	32.8	0.792	14.1	22.2	19.8	16.3	0.545
6.4	8.6	1 100	1.17	16.6	32.6	31.6	0.564	9.83	22.6	18.6	16.5	0.552
L89 × 64 × 12.7	13.9	1 780	1.36	23.3	27.6	30.6	0.581	12.7	18.1	18.1	13.7	0.491
9.5	10.7	1 360	1.07	18.0	28.0	29.5	0.463	9.83	18.5	16.9	13.8	0.503
6.4	7.3	938	0.759	12.5	28.4	28.3	0.333	6.91	18.8	15.8	13.9	0.512
L76 × 51 × 12.7	11.5	1 450	0.795	16.4	23.4	27.4	0.283	7.84	14.0	14.9	10.9	0.420
9.5	8.8	1 120	0.632	12.7	23.8	26.2	0.228	6.11	14.3	13.7	10.9	0.434
6.4	6.1	772	0.453	8.90	24.2	25.1	0.166	4.32	14.7	12.6	11.1	0.446
L64 × 51 × 9.5	7.9	1 000	0.388	9.10	19.5	21.3	0.217	5.99	14.7	14.8	10.8	0.610
6.4	5.4	695	0.280	6.39	20.1	20.2	0.158	4.24	15.1	13.7	10.8	0.621

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PARA CARGAS DE VARIAS CLASES

	EMPOTRAMIENTO EN UN APOYO		EMPOTRAMIENTO EN AMBOS APOYOS	
				
CARGAS	M	M'	M	M'
	$\frac{Qab}{2l^2} (l+b)$	$\frac{Qab}{2l^2} (l+a)$	$\frac{Qab}{l^2} b$	$\frac{Qab}{l^2} a$
	$\frac{3}{16} Ql$	$\frac{3}{16} Ql$	$\frac{1}{8} Ql$	$\frac{1}{8} Ql$
	$\frac{3}{2} Qa (1-\frac{a}{l})$	$\frac{3}{2} Qa (1-\frac{a}{l})$	$Qa (1-\frac{a}{l})$	$Qa (1-\frac{a}{l})$
	$\frac{1}{3} Ql$	$\frac{1}{3} Ql$	$\frac{2}{9} Ql$	$\frac{2}{9} Ql$
	$\frac{15}{32} Ql$	$\frac{15}{32} Ql$	$\frac{5}{16} Ql$	$\frac{5}{16} Ql$
	$\frac{1}{8} ql^2$	$\frac{1}{8} ql^2$	$\frac{1}{12} ql^2$	$\frac{1}{12} ql^2$
	$\frac{qa^2}{8} (2-\frac{a}{l})^2$	$\frac{qa^2}{8} (2-\frac{a}{l})^2$	$\frac{qa^2}{12} (6-8\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{12} (4\frac{a}{l}-3\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{9}{128} ql^2$	$\frac{7}{128} ql^2$	$\frac{11}{192} ql^2$	$\frac{5}{192} ql^2$
	$\frac{qa^2}{4} (3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{4} (3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{6} (3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{6} (3-2\frac{a}{l})$
	$\frac{qabc}{2l^2} (l+b-\frac{1}{4}\frac{c^2}{a})$	$\frac{qabc}{2l^2} (l+a-\frac{1}{4}\frac{c^2}{b})$	$\frac{qc}{l^2} [ab^2+\frac{c^2}{12}(l-3b)]$	$\frac{qc}{l^2} [a^2b+\frac{c^2}{12}(l-3a)]$
	$\frac{qla}{16} (3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{16} (3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{24} (3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{24} (3-\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{qa^2}{120} (40-45\frac{a}{l}+12\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60} (10-5\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{30} (10-15\frac{a}{l}+6\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{20} (5\frac{a}{l}-4\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{7}{120} ql^2$	$\frac{1}{15} ql^2$	$\frac{1}{30} ql^2$	$\frac{1}{20} ql^2$
	$\frac{5}{64} ql^2$	$\frac{5}{64} ql^2$	$\frac{5}{96} ql^2$	$\frac{5}{96} ql^2$
	$\frac{qa^2}{120} (20-15\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{120} (10-3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60} (10-10\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60} (5\frac{a}{l}-3\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{1}{10} ql^2$	$\frac{1}{10} ql^2$	$\frac{1}{15} ql^2$	$\frac{1}{15} ql^2$
	$\frac{ql}{64} (l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{64} (l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{96} (l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{96} (l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$
	$\frac{m}{2} (1-3\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{m}{2} (1-3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{mb}{l} (2-3\frac{b}{l})$	$\frac{ma}{l} (2-3\frac{a}{l})$