

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS
METÁLICAS DE UNA NAVE MULTIPLE CON SISTEMA
TUBEST, PARA UNA PLANTA INDUSTRIAL UBICADO EN
ZONA INDUSTRIAL DE LURÍN**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

**AEDO GONZALEZ EDDY MARINO
PROMOCIÓN 1992-1**

**LIMA - PERÚ
2014**

DEDICATORIA

A mis Padres , mi esposa Mariela, a mis hijos Renato y Valeria, y a mis hermanos por el apoyo y el cariño que siempre me brindan.

INDICE

	Pág.
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 ALCANCES	5
CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1 DEFINICIÓN DE NAVE INDUSTRIAL	6
2.1.1 Ventajas de las naves industriales.....	7
2.1.2 Desventajas de las naves industriales	8
2.2 DIMENSIONES DE UNA NAVE INDUSTRIAL.....	9
2.3 COMPONENTES TÍPICOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL.....	10
2.4 TIPOS DE NAVE INDUSTRIAL	11
2.5 SOLICITACIONES EN LAS NAVES INDUSTRIALES.....	18
2.5.1 Carga Muerta.....	18
2.5.2 Carga Viva.....	18
2.5.3 Carga de Viento.....	19
2.5.4 Carga Sísmica	19
2.6 PERFILES DE ACERO FORMADOS EN FRIO	19
2.6.1 Descripción de los perfiles de acero formados en frío.....	19
2.6.2 Ventajas de los perfiles de acero formados en frío	20
2.6.3 Procesos de fabricación de los perfiles de acero formados en frío	21
2.6.4 Tipos de perfiles de acero formados en frío	22
2.6.5 Características de materiales de acero formados en frío	23

2.6.6 Aplicaciones de los Perfiles de acero formados en frío.....	24
CAPITULO III: IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS	27
3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	27
3.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y DEL OBJETIVO PRINCIPAL	29
CAPITULO IV: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL	31
4.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	31
4.2 CÁLCULO DE CARGAS.....	33
4.2.1 Cargas para pórtico principal.....	33
4.2.2. Cargas para Correas	34
4.3 COMBINACIÓN DE CARGAS	38
4.3.1 Combinación de cargas para Pórtico Principal.....	38
4.3.2 Combinación de cargas para correas	38
4.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	38
4.5 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	39
4.5.1 Diseño de Columna de Pórtico Principal.....	39
4.5.2 Diseño de Viga de Pórtico Principal.....	41
4.5.3 Diseño de Puntales.....	44
4.5.4 Diseño de Arriostres Verticales.....	44
4.5.5 Diseño de Arriostres Horizontales.....	45
4.5.6 Diseño de Correas de techo	45
4.5.7 Diseño de Correas de pared.....	49
CAPITULO V: FABRICACIÓN	50
5.1 GENERALIDADES	50
5.1.1 Pedido de Material.....	51
5.1.2 Recepción del material	51

5.2	CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES	52
5.3	METRADO DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	52
5.4	METRADO DE MATERIALES DE ESTRUCTURA METÁLICA.....	52
5.5	REQUISITOS DE LA MANO DE OBRA.....	52
5.6	REQUISITO DE MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	53
5.7	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA FABRICACIÓN	56
5.8	PROCESO DE FABRICACIÓN.....	56
	5.8.1 Inspección	57
	5.8.2 Trazado y Habilitado.....	57
	5.8.3 Armado y Apuntalado	58
5.9	SOLDADURA	61
	5.9.1 Tipos de Soldadura.....	62
	5.9.2 Soldadura por Arco Eléctrico Revestido (SMAW)	64
	5.9.3 Aplicaciones y utilidades de la soldadura SMAW.....	67
	5.9.4 Soldadura de Arco de Metal con Gas (MIG o GMAW)	69
	5.9.5 Aplicaciones y utilidades de la soldadura MIG o GMAW.....	71
	5.9.6 Tipos de procesos de soldadura MIG	71
	5.9.7 Tipos de Uniones a Soldar.....	73
	5.9.8 Inspección	75
	5.9.9 Pruebas, Verificación y Acabados	75
	5.9.10 Formatos de Control	76
5.10	RESULTADOS DE FABRICACION	78
5.11	SISTEMA DE PROTECCION SUPERFICIAL	78
	5.11.1 Limpieza y Pintura.....	78
	5.11.2 Aplicación de la Pintura.....	80

CAPITULO VI: MONTAJE	83
6.1 GENERALIDADES	83
6.1.1 Embarque de las Piezas a la Obra	84
6.1.2 Recepción y Manejo del Embarque en la Obra.....	85
6.1.3 Preparación de las Piezas en la Obra.....	86
6.1.4 Montaje.....	87
6.1.5 Cronograma de Actividades.....	87
6.2 OPERACIÓN DE MONTAJE	88
6.3 REQUERIMIENTO PARA EL MONTAJE.....	88
6.3.1 Materiales.....	88
6.4 MANO DE OBRA.....	89
6.5 PERSONAL MONTAJISTA.....	89
6.6 MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ADICIONALES.	89
6.7 PROGRAMA DE ACTIVIDADES	90
6.8 TIEMPO DE EJECUCION DE MONTAJE.....	90
6.9 SECUENCIA DE MONTAJE.....	90
6.9.1 Objeto.....	90
6.9.2 Alcance.....	91
6.9.3 Definiciones.....	91
6.9.4 Documentación aplicable.....	92
6.9.5 Responsabilidades	92
6.9.6 Desarrollo	93
CAPITULO VII: COSTOS	97
7.1 GENERALIDADES	97
1.2.1 Costos directos.....	97
7.1.1 Costo indirecto.....	97

7.2	COSTOS DE FABRICACION DE ESTRUCTURAS.....	98
7.2.1	Mano de obra de fabricación	98
7.2.2	Equipos y maquinas	99
7.2.3	Equipos de protección personal y seguridad.....	99
7.2.4	Consumibles, varios	100
7.2.5	Materiales.....	101
7.3	COSTOS DE MONTAJE DE ESTRUCTURAS.....	102
7.3.1	Mano de obra	102
7.3.2	Equipos y herramientas	103
7.3.3	Equipos de protección personal.....	103
7.3.4	Consumibles.....	103
7.3.5	Transporte de estructura metálica	104
7.3.6	Grúa	105
7.3.7	Materiales.....	105
7.4	RESUMEN DE COSTOS DE MONTAJE	106
7.4.1	Resumen total de fabricación y montaje	106
7.5	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	106
	CONCLUSIONES	108
	RECOMENDACIONES	109
	BIBLIOGRAFIA	110

PRÓLOGO

El presente trabajo titulado Diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas con Sistema Tubest para una planta industrial ubicado en zona industrial de Lurín, consta de siete capítulos que contienen los siguientes puntos:

En el Capítulo I, se presenta la introducción al tema, los antecedentes, el objetivo del estudio y sus alcances.

En el Capítulo II, se describe el fundamento teórico para el diseño, fabricación y montaje de los elementos estructurales de la nave industrial.

En el Capítulo III, se identifica el problema y la hipótesis del trabajo.

En el Capítulo IV, se desarrolla el diseño de la estructura metálica, estableciéndose las sobrecargas y consideraciones de diseño, la metodología y los parámetros de diseño.

En el Capítulo V, se describen los procedimientos de fabricación, señalándose en forma detallada el programa de actividades y el tiempo de ejecución, así como los procesos y resultados de la fabricación.

En el Capítulo VI, se describen los procedimientos del montaje de las estructuras metálicas, detallándose las operaciones de montaje, el personal, los equipos, las herramientas, los tiempos y la secuencia de las operaciones de montaje.

En el Capítulo VII, se determinan los costos de diseño, fabricación y montaje de las estructuras metálicas, así como el costo total del proyecto.

Se finaliza con las conclusiones del presente trabajo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Perú, debido al creciente desarrollo del sector industrial y minero, se ha incrementado la construcción de naves industriales, cuyos diseños tienen que satisfacer requisitos de resistencia, durabilidad y además tener precios competitivos, compatibles con las cargas que les impone su propia función y el medio ambiente.

Las naves industriales son estructuras muy utilizadas en los diferentes sectores industriales, tales como en la industria siderúrgica, metal mecánica, manufacturera y alimenticia con la finalidad de obtener seguridad y protegerlas instalaciones así como contrarrestar las diferentes acciones climáticas.

En la industria metal mecánica, las estructuras de naves industriales son importantes porque protege a los trabajadores de los rayos solares que en estaciones de verano les generan mayor fatiga y desgano reduciendo sus eficiencias. En estaciones de invierno las temporadas de lluvia, también podrían generar problemas debido a que la presencia de agua en el momento de realizar la soldadura podría producir cortos circuitos, también cuando el

acero está húmedo dificulta la labor del armador o calderero para realizar trazos sobre el acero, haciendo que se prolongue el tiempo de acabado. Para realizar cortes con equipos de oxicorte la superficie del acero ferroso debe estar seco, caso contrario se necesitaría tiempo adicional para el secado lo que retardaría el trabajo de corte. Para aumentar la capacidad de producción, reducir los tiempos muertos por las lluvias, por el cuidado de la salud y seguridad del trabajador.

Para proteger los equipos e instalaciones eléctricas y mecánicas se hace necesaria la construcción de una nave Industrial implementada pertinentemente para cada uso en particular.

En el presente trabajo se realizará el diseño de una nave industrial con perfiles conformados en frío denominados "Tubest" que serán utilizados para la construcción de una Planta, de la empresa TUPEMESA, dirigida a la fabricación de tubos electro soldados y perfiles metálicos, asimismo se describirá los procedimientos de fabricación y montaje de los elementos estructurales de la nave industrial.

El Sistema Tubest, consiste de perfiles tubulares rectangulares tipo cajón de acero que se forman con la unión de dos pares de perfiles abiertos, Sigma y Ohm, los cuales se sueldan mediante electrodos convencionales, la presencia de tres atiesadores en cada alma le confieren al Tubest, una gran eficiencia estructural, lo que permite obtener un elemento constructivo muy nítido y esbelto.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo principal:

El objetivo principal del proyecto consiste en diseñar, fabricar y montar las estructuras metálicas de una Nave Industrial múltiple con el sistema Tubest, para una planta ubicada en la zona industrial de Lurín.

Objetivos específicos:

- 1) Realizar el diseño de una nave industrial múltiple, considerando los criterios de diseño establecidos en el reglamento nacional de edificaciones.
- 2) Realizar la fabricación de la nave industrial
- 3) Realizar el montaje de la nave industrial
- 4) Determinar los costos del proyecto y el plan de ejecución

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la demanda propia de la empresa TUPEMESA, empresa metalmecánica, se justifica la realización del diseño, la fabricación y el montaje de las estructuras metálicas correspondientes, de modo que se protejan las instalaciones, los equipos y los trabajadores, siguiendo las prácticas de ingeniería relacionadas a construcción de Naves Industriales que garantizan la eficacia de la instalación.

La realización del presente informe también se justifica debido a que mediante su presentación se cumple con el requisito que pide la Universidad de Ingeniería y poder titularme como ingeniero mecánico. Se ha hecho gracias a la experiencia y a mi participación directa y propia.

1.4 ALCANCES

El presente informe tiene como alcance presentar la manera como se ha realizado el diseño de los elementos estructurales de una nave industrial múltiple, formado por tres naves múltiple a dos aguas de estructura metálica con pórtico de marco rígido de 20.00 m de luz, con un ancho total de 60m, 48.00 m de longitud, altura al hombro de 7.00 m, una pendiente del 20% y con una área construida de 2880.00 m², así como el de presentar el proceso de fabricación, montaje y los costos de las estructuras metálicas.



Fig. 1.1 Vista de la nave múltiple.
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 DEFINICIÓN DE NAVE INDUSTRIAL

Nave Industrial es un edificio de uso industrial destinado a almacenar los bienes industriales y a albergar la producción de la industria.

Una nave industrial es una construcción techada adaptable a un gran número de usos, cuya separación entre columnas permite grandes espacios libres, de tal manera que se pueda operar sin obstáculos ni restricciones, trabajando así con mucha versatilidad, con mayor libertad para la distribución de la tabiquería interna y un mayor aprovechamiento de las áreas útiles. Por lo general son estructuras de un solo nivel, con pavimento y fachadas cerradas o abiertas. Eventualmente pueden albergar instalaciones destinadas a usos administrativos o como depósitos.

Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer la nave industrial varían en función de las innumerables actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior, lo que ha conducido al desarrollo de un gran número de soluciones constructivas. Por ejemplo, en las naves que albergan cadenas de producción la longitud suele ser la dimensión predominante de la construcción.

La nave industrial se caracteriza porque es un edificio grande, de una sola planta, con el techo alto y sin divisiones, que se usa como fábrica, como granja o como almacén para resolver problemas operacionales de una industria.

2.1.1 Ventajas de las naves industriales

a) Rapidez.- Una nave industrial es muy fácil y rápida de construir ya que la mayoría de los elementos son prefabricados, se construyen en plantas o talleres y sólo se colocan y se ensamblan en campo, para esto se utilizan grúas, las cuales son fáciles de mover y rápidamente colocan los prefabricados, por consecuencia se pueden construir estas naves en corto tiempo.

b) Economía.- En la construcción de naves industriales existe una gran economía debido al ahorro que se tiene al salvar grandes claros, también porque los elementos que forman las armaduras y la cubierta de techo son muy ligeros, todo esto ayuda a la economía ya que pueden ser construidas en poco tiempo y con poca mano de obra.

c) Versatilidad.- Las naves industriales pueden ser modificadas con mucha facilidad con costos bajos y puede adaptarse a diversos usos y exigencia de acuerdo a la demanda del cliente.

d) Amplias áreas de trabajo.- Gracias a los materiales con que se construyen las naves industriales y al propio diseño estructural es posible ofrecer amplios espacios libres para la realización de cualquier actividad.

2.1.2 Desventajas de las naves industriales

a) Susceptibilidad al fuego.- Aunque los miembros estructurares son incombustibles, su resistencia se reduce considerablemente durante los incendios, mientras los otros materiales se queman, el acero al ser vulnerable al calor debilita la estructura.

b) Condiciones desfavorables de iluminación.- Por las grandes áreas que cubren las naves industriales pueden llegar a interferir con la entrada de iluminación, por lo cual en ocasiones es necesario sistemas o disposiciones especiales que permitan la iluminación natural o artificial del espacio, como el uso de teatinas o claraboyas, paneles traslucidos entre otros.

c) Exposición a ambientes agresivos.- Por lo general las naves industriales son susceptibles a la corrosión al estar expuestas al aire, al agua u otras sustancias, debiéndose pintarse periódicamente.

d) Dificultad en el montaje.- Es necesaria la utilización de equipos pesados (grúas) en su montaje e instalación debido a los grandes pesos y tamaño de estas estructuras.

e) Limitada mano de obra calificada.- Se hace necesaria la utilización de mano de obra calificada para la elaboración y montajes de estas estructuras que nos garanticen la calidad de la obra terminada.

2.2 DIMENSIONES DE UNA NAVE INDUSTRIAL

Las dimensiones de una nave industrial quedan definidas en función de las siguientes magnitudes:

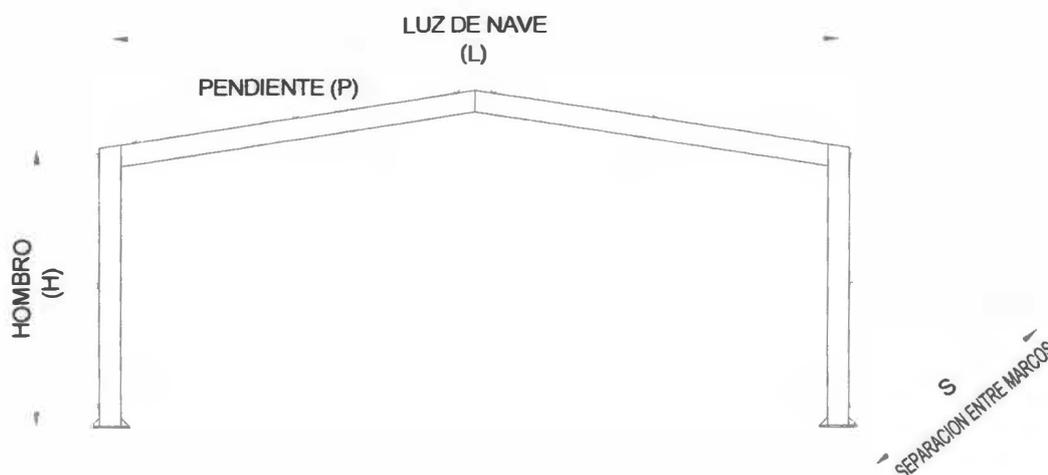
a) Ancho o Luz (L): Amplitud necesaria, capaz de cubrir el ancho máximo proyectado en el diseño.

b) Hombro o Altura útil (H): También llamada altura de columna, equivale a la altura disponible para la instalación de equipos, accesorios al galpón o la altura necesaria para el paso de vehículos, si fuera necesario.

c) Pendiente (P): Angulo de la vertiente con respecto a la horizontal que pasa por los extremos de las columnas. Deberá representar la inclinación necesaria que impida el efecto pleno del viento sobre las vertientes, además debe evacuar convenientemente el aguas de las lluvias y permitir su apropiado deslizamiento.

d) Longitud (Z): Extensión, capaz de cubrir la longitud máxima proyectada en el diseño.

e) Separación entre Marcos (S): La experiencia en el cálculo de naves de acero, recomienda una separación entre marcos que varíe entre cuatro y seis metros.



2.3 COMPONENTES TÍPICOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL

Como se aprecia en la figura 2.1 la estructura de una nave está formada por pórticos separada a distancias convenientes, generalmente es cada 6.0 metros por un tema de la longitud comercial de los perfiles.

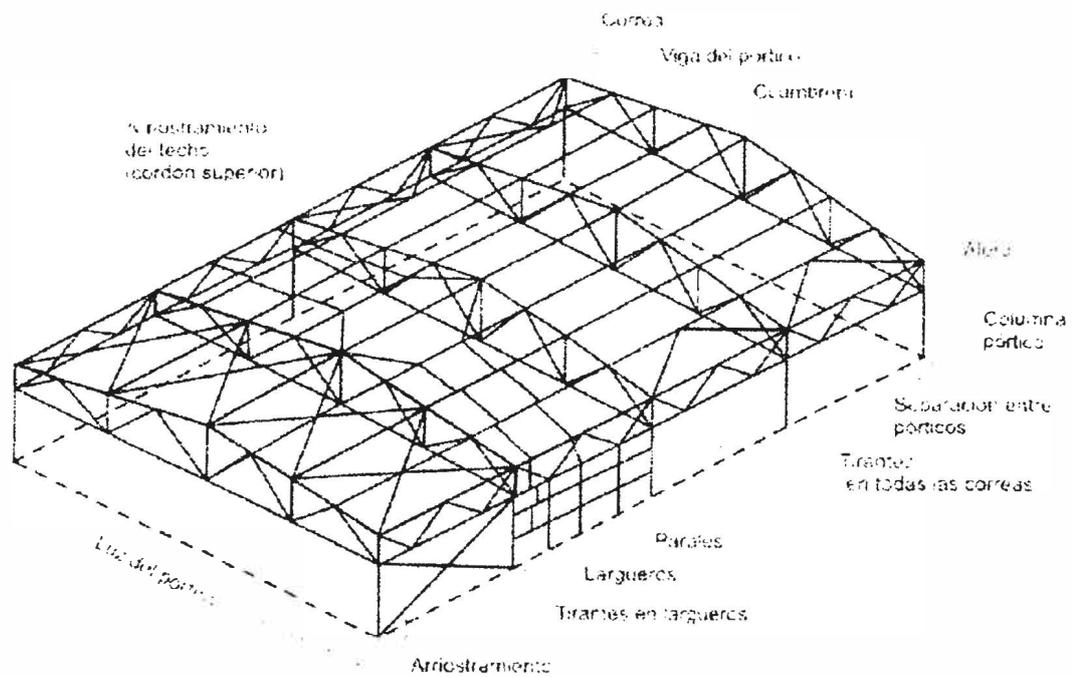


Fig. 2.1.- Componentes de una nave industrial

Fuente: Seminario técnico sobre arquitectura, estructura y construcción de galpones de acero. Valencia (Venezuela): SIDETUR, 2007. pág. 23.

Sobre las vigas de los pórticos se apoyan las correas de techo que soportan la cubierta del techo. Las correas que soportan la cubierta del cerramiento de las paredes y fachadas se denominan correas de pared o largueros, y se apoyan directamente sobre las columnas. Cuando la separación entre columnas es muy grande, se recomienda apoyar la cubierta de las fachadas sobre unos miembros verticales intermedios llamados parantes, postes o columnas de viento. Los elementos que unen o amarran longitudinalmente la parte superior de las columnas de los pórticos se llaman vigas de amarre o puntales.

Para garantizar la rigidez y resistencia necesarias para las fuerzas producidas por las acciones de sismo, viento, o puentes grúas, se disponen de arriostramientos horizontales que se ubican en el techo y arriostramientos verticales que se ubican en las paredes o fachadas, que son los encargados de canalizar y transmitir las solicitaciones actuantes a las cimentaciones.

2.4 TIPOS DE NAVE INDUSTRIAL

Existen diversos tipos de naves industriales que dependen de un sistema estructural que sea seguro y económico, la selección de estas es la fase más difícil y a la vez la más importante de la Ingeniería Estructural. A menudo se requieren varios estudios independientes de diferentes soluciones antes de decidir cuál es la forma más apropiada (marco, armadura, arco, etc.). Una vez tomada la decisión, se especifican las cargas, materiales, disposición de los miembros y de sus dimensiones de conjunto.

Las naves industriales se pueden clasificar de acuerdo a los criterios indicados en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Clasificación de galpones

CLASIFICACION				
POR NUMERO DE TRAMOS	POR TIPO DE TECHO		POR TIPO DE ESTRUCTURA	
	SIMPLE	CON FORMA	TIPO PÓRTICO	CON FORMA
Simple	A dos o más aguas	Plana	Vigas laminadas	Sección constante
		Arco	Vigas soldadas	Sección variable
Múltiple	A una agua	Diente de sierra	Vigas de celosía	Triangular
				Trapezoidal
				Parabólica
				Circular

Fuente: SEMINARIO TÉCNICO: arquitectura, estructura y construcción de galpones de acero. Valencia (Venezuela): SIDETUR, 2007. pág. 25.

a) Al número de tramos.

De acuerdo al número de tramos los galpones se clasifican en simples y múltiples.

- **Naves de tramo simple:** las naves de un solo tramo son adecuados cuando se requiere amplios espacios tales como gimnasios, auditorios, comedores, o estacionamientos.



Fig. 2.2 Nave de tramo simple

- **Naves de tramos múltiples:** son utilizados principalmente en oficinas, debido a que son estructuras de gran anchura lo cual facilita la instalación de columnas interiores para obtener una mayor resistencia estructural y dar mejor soporte al techo.

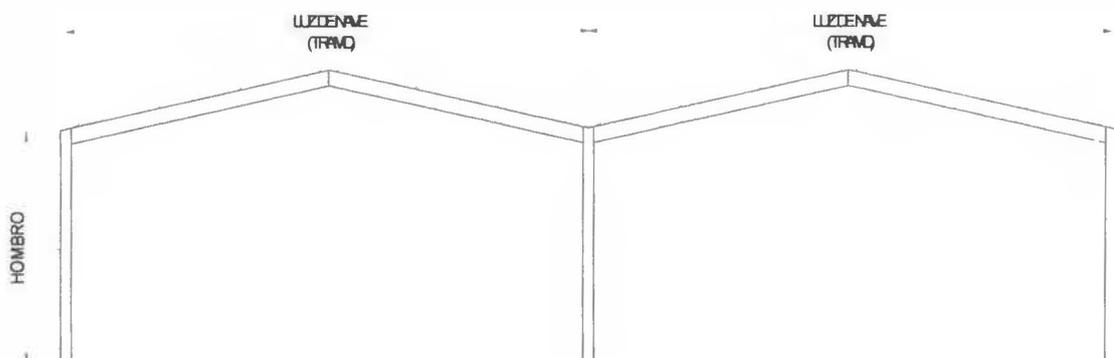


Fig. 2.3 Nave de tramos múltiples

b) A la inclinación del techo.

De acuerdo a la inclinación del techo los galpones se clasifican en galpón con techo de un agua y galpón con techo de dos o más aguas.

- **Naves con techo a una agua:** son utilizados en ambientes de anchos reducidos, el lado de menor altura debe estar en la dirección contraria al eje del viento predominante en que se encuentra ubicado la nave.

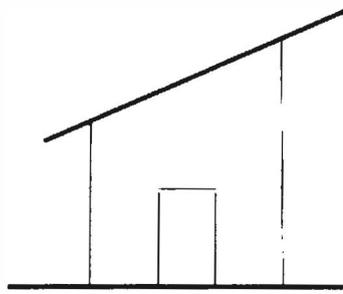
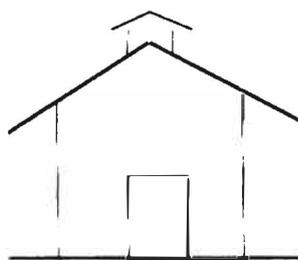


Fig. 2.4 Nave con techo a una agua

- **Naves con techo a dos aguas:** Pueden ser simétricas o asimétricas, se utilizan en ambientes de gran anchura, en zonas o ambientes calurosos se recomienda utilizar claraboyas o teatinas.

TECHO A DOS AGUAS SIMÉTRICAS CON

CLARABOYA



TECHO A DOS AGUAS ASIMÉTRICAS

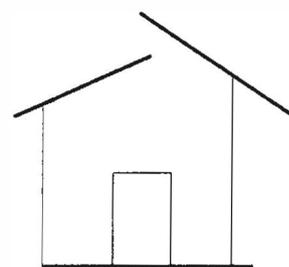


Fig. 2.5 Nave con techo a una agua y a dos aguas

Los galpones pueden ser de pórticos con vigas laminadas y/o soldadas y vigas de celosías.

c) Pórticos con vigas laminadas soldadas: pueden ser empotrados, bi-articulados y tri-articulados.

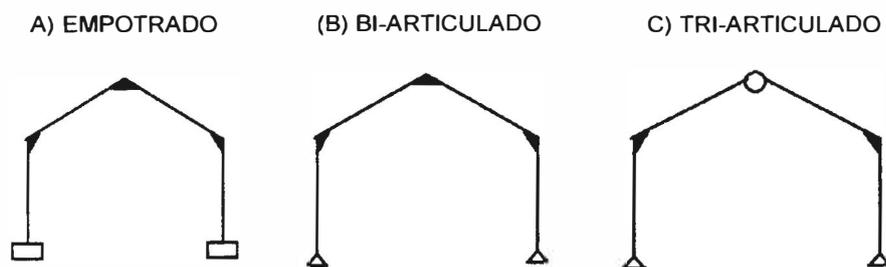


Fig. 2.6 Pórticos con vigas laminadas o soldadas

En ingeniería estructural, una celosía es una estructura reticular de barras rectas interconectadas en nodos formando triángulos planos (en celosías planas) o pirámides tridimensionales (en celosías espaciales). En muchos países se les conoce como armaduras o reticulados. El interés de este tipo de estructuras es que las barras trabajen predominantemente a compresión y tracción presentando comparativamente flexiones pequeñas.

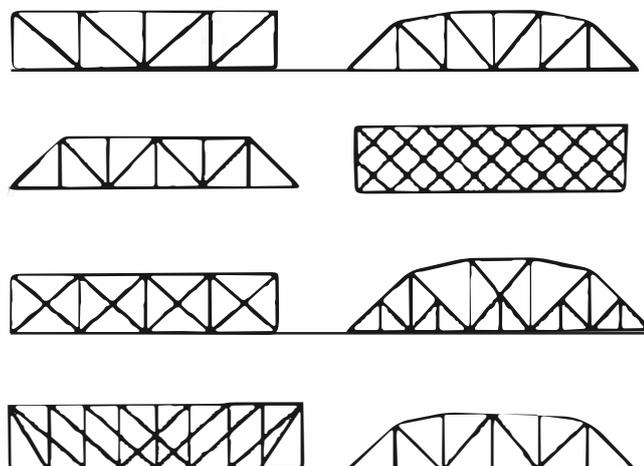


Fig. 2.7 Celosías en pórticos con vigas laminadas o soldadas

d) Pórticos con marcos rígidos.

Los marcos rígidos se usan a menudo en edificios y se componen de vigas y columnas que están articuladas o bien son rígidas en sus cimentaciones. Los marcos pueden ser bidimensionales o tridimensionales. La carga en un marco ocasiona flexión en sus miembros, y debido a las conexiones entre barras rígidas, esta estructura es generalmente “indeterminada” desde el punto de vista del análisis estructural.



Fig. 2.8 Nave industrial de marco rígido con sección Tubest
Fuente: Elaboración propia

e) Pórticos tijerales o armaduras

Cuando se requiere que el claro de una estructura sea grande y su altura no es criterio importante de diseño, puede seleccionarse una armadura o tijeral. Las armaduras consisten en barras en tensión y elementos esbeltos tipo columna, usualmente dispuestos en forma triangular. Las armaduras planas se componen de miembros situados en el mismo plano y se usan a menudo para

puentes y techos, mientras que las armaduras espaciales tienen miembros en tres dimensiones y son apropiadas para grúas y torres.

Debido al arreglo geométrico de sus miembros, las cargas que causan la flexión en las armaduras se convierten en fuerza de tensión o compresión en los miembros, y por esto una de las ventajas de la armadura, respecto a una viga, que utiliza menos material para soportar una carga determinada, pudiéndose adaptar de varias maneras para soportar una carga impuesta.

En las armaduras de cubiertas de naves industriales la carga se transmite a través de los nudos por medio de una serie de largueros. La armadura de cubiertas junto con sus columnas de soporte se llama marco.

Ordinariamente, las armaduras de techo están soportadas por columnas de acero, concreto armado o por muros de mampostería.



Fig. 2.9 Nave industrial de marcos compuestos por armaduras y columnas
Fuente: Elaboración propia

f) Otros sistemas estructurales.

Los arcos constituyen otra solución. Estas son generalmente utilizadas para cubiertas de naves industriales o hangares, como también en estructuras de puentes.

Al igual que los cables, los arcos pueden usarse para reducir los momentos flexionantes en estructuras de grandes claros. Esencialmente un arco es un cable invertido, por lo que recibe su carga principal en compresión aunque, debido a su rigidez debe resistir cierta flexión y fuerza cortante dependiendo de cómo este cargado y conformado.



Fig. 2.10 Nave industrial tipo arco
Fuente: electrofringenieros.wix.com

2.5 SOLICITACIONES EN LAS NAVES INDUSTRIALES

2.5.1 Carga Muerta

Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros divisorios, los revestimientos de piso muros y fachadas, ventanas, las instalaciones y todos los elementos aquellos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura. La carga muerta es la principal acción permanente.

El cálculo de la carga muerta en general requiere la determinación de los volúmenes de los distintos componentes de la construcción y su multiplicación por los pesos volumétricos de los materiales constitutivos. En su mayoría las cargas muertas se representan por medio de cargas uniformemente distribuidas sobre las distintas áreas de la construcción, aunque hay casos de cargas lineales y concentradas, por ejemplo cuando hay equipos fijos que son soportados.

2.5.2 Carga Viva

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. Entran así la carga viva el peso y las cargas debidas a muebles,

mercancías equipos y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño.

2.5.3 Carga de Viento

Son causadas por el efecto del viento sobre la superficie tales como techo, paredes laterales y frontales . Se ha considerado una velocidad de viento mínima de 75 km/h.

2.5.4 Carga Sísmica

Los movimientos del suelo provocados por sismos pueden ocasionar efectos perjudiciales, principalmente las cargas horizontales que se presentan, producen altas distorsiones en las zonas de mayor luz.

2.6 PERFILES DE ACERO FORMADOS EN FRÍO

2.6.1 Descripción de los perfiles de acero formados en frío

Los perfiles de acero formados en frío son elementos cuyo espesor varía entre 0.4 mm y 6.4 mm, con una adecuada maquinaria se puede inclusive conformar secciones de hasta 25,4 mm (1"). Estos perfiles son empleados en la industria blanca, industria automotriz, equipos contenedores, drenajes y, también, en el sector de la construcción para la fabricación de estructuras metálicas, como correas de cubiertas y como viguetas para sistemas de entrepiso. El uso y desarrollo de estos perfiles están reglamentados por el Instituto Americano del Acero y el Hierro (AISI - American Iron and Steel Institute).

Los perfiles doblados en frío se obtienen de láminas planas o barras de acero a las cuales se aplican operaciones de conformado a temperatura ambiental, en lugar de los procesos a altas temperaturas usados para la fabricación de los perfiles estructurales laminados pesados, usados en la construcción de edificios metálicos. En el proceso de doblado en frío, una delgada lámina plana de acero se hace pasar a través de una serie de rodillos, cada una de las cuales la va curvando progresivamente hasta lograr la forma final, con el tamaño y características deseadas. El número de pases puede variar entre 5 y 20 aproximadamente, dependiendo de la complejidad de la forma a obtener. De esta manera se pueden fabricar en serie los perfiles doblados en frío, acelerando así su producción y disminuyendo el costo unitario, sin embargo, cuando se necesitan cantidades limitadas de perfiles se utilizan prensas manuales.

Para la fabricación de perfiles dobles o múltiples, las partes se unen mediante remaches, pernos o puntos de soldadura hasta lograr la forma compuesta que se requiere.

2.6.2 Ventajas de los perfiles de acero formados en frío

Presentan una serie de ventajas respecto a los otros tipos de perfiles tradicionales de acero que se mencionan a continuación:

- Economía de material con eficientes relaciones peso-resistencia para diversos tipos de carga (elementos livianos), lo cual genera flexibilidad y versatilidad en los diseños.
- Fabricación masiva y en serie.
- Excelente acabado para estructuras a la vista.

- Facilidad y rapidez en la instalación.
- Complemento para cualquier sistema estructural debido a su compatibilidad con cualquier material o sistema constructivo.
- Economía y facilidad en el transporte con gran manejabilidad en la obra.
- Material reciclable, recuperable, no combustible y resistente al ataque de hongos.
- Elementos formados con gran exactitud.
- Mantenimientos mínimos.
- Facilidad y sencillez de efectuar uniones en los miembros que conforman la estructura empleándose soldaduras por cordones, remaches en frío, grapas, o anclajes específicos.

2.6.3 Procesos de fabricación de los perfiles de acero formados en frío

a) Materia prima

El material de trabajo para este proceso son los rollos o bobinas de acero laminados en caliente ASTM A36.

b) Formación en frío

El proceso de formado en frío permite la producción de una gran variedad de secciones. Las operaciones de formado de las secciones se hacen en frío, a temperatura ambiente mediante trenes de configuración predefinida. En este proceso primero se desenrolla la bobina y se pasa por un rodillo de cuchillas ajustables que las cortan en tiras con el ancho deseado, el cual corresponde a la longitud de

desarrollo de la sección transversal. Posteriormente estas tiras entran a una serie de bastidores con parejas de rodillos complementarios que poco a poco transforman las tiras planas en los perfiles deseados.

2.6.4 Tipos de perfiles de acero formados en frío

Existen varios tipos de perfiles que pueden ser clasificados según su geometría, el acabado, dimensiones y espesores (calibre). Según su geometría pueden ser Perfil C, Perfil Z, perfil sigma, perfil, ohm, entre otros. En la figura 2.9 y 2.10 se muestran modelos de perfiles y secciones.



Fig. 2.11 TIPOS DE PERFILES

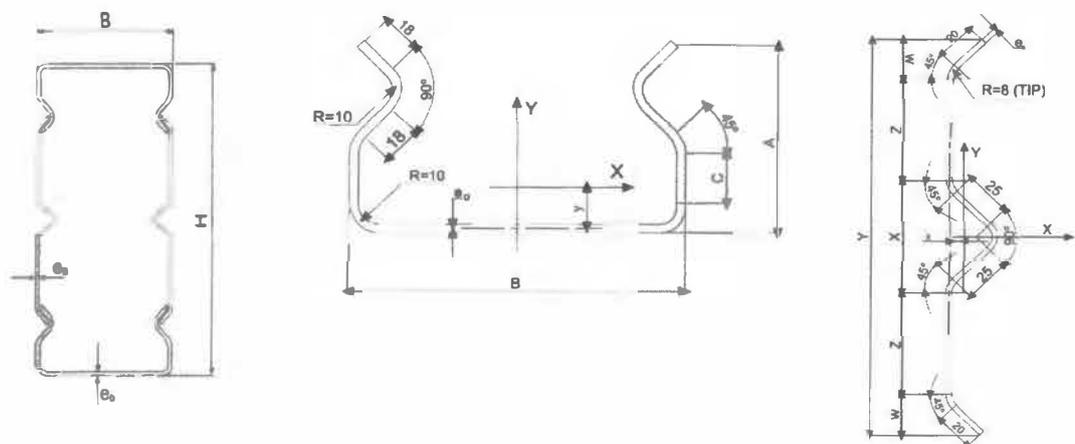


Fig. 2.12 SECCIONES DEL PERFIL TUBULAR RECTANGULAR SOLDADO TUBEST, PERFIL TIPO OHM Y PERFIL TIPO SIGMA

Las correas o costaneras son perfiles en forma de Z o C. En la figura 2.11 se muestra la sección de una canaleta y la del perfil Z.

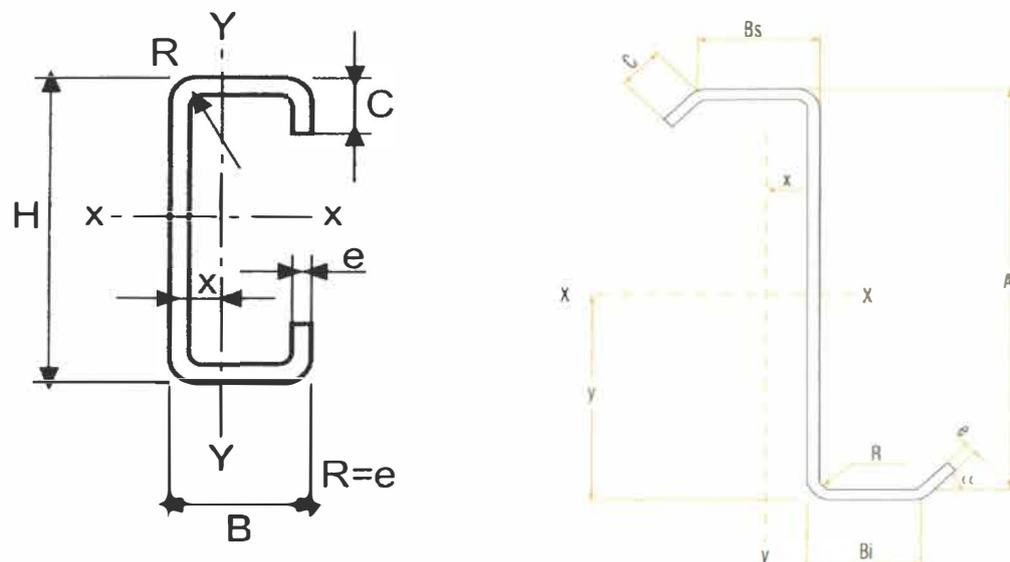


Fig. 2.13 SISTEMA DE COSTANERAS DE TECHO Y CIERRE LATERAL

2.6.5 Características de materiales de acero formados en frío

Según las especificaciones del instituto americano del fierro y del acero AISI se emplean varios tipos de aceros de calidad estructural definidas por las especificaciones de la sociedad americana de prueba de materiales ASTM (*American Society for Testing and Materials*):

ASTM A36/A36M, Carbon Structural Steel.

ASTM A242/A242M, High-Strength Low-Alloy Structural Steel.

ASTM A283/A283M, Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates.

ASTM A500, Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.

ASTM A529/A529M, High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality.

- ASTM A570/A570M, Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality.
- ASTM A572/A572M, High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel.
- ASTM A588/A588M, High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi (345 MPa) Minimum Yield Point to 4 in. (100 mm) Thick
- ASTM A606, Steel, Sheet and Strip, High Strength, Low Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance
- ASTM A607, Steel, Sheet and Strip, High Strength, Low Alloy, Columbium or Vanadium, or both, Hot-Rolled and Cold-Rolled
- ASTM A611 (Grades A, B, C, and D), Steel, Sheet, Carbon, Cold-Rolled, Structural Quality.
- ASTM A653/A653M (SQ Grades 33, 37, 40, and 50 Class 1 and Class 3; HSLA Types I and II, Grades 50, 60, 70 and 80), Steel Sheet, Zinc-Coated(Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvanealed) by the Hot-Dip Process.
- ASTM A715 (Grades 50, 60, 70 and 80), Steel Sheet and Strip, High-Strength,Low-Alloy, Hot-Rolled, and Steel Sheet, Cold Rolled, High-Strength, Low-Alloy UIT Improved Formability.
- ASTM A792/A792M (Grades 33, 37, 40, and 50A), Steel Sheet, 55% Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process.

2.6.6 Aplicaciones de los Perfiles de acero formados en frío

Los perfiles de acero formados en frío pueden ser empleados: como correas, viguetas en tableros de pisos y muros de contención, en

estructuras para cubiertas, cerchas, pórticos, carrocerías, estanterías, silos, torres industriales, paneles divisorios, mezzanines y escaleras.

La utilización de los perfiles de acero formados en frío es idónea en la constitución de entramados estructurales que han de resistir cargas ligeras o moderadas, o bien en luces cortas, en las cuales el empleo de los perfiles convencionales laminados en caliente no resulta económico, motivo por el cual han adquirido un extraordinario auge y representa para el ingeniero un nuevo campo de aplicación de incalculables posibilidades.

El uso de los perfiles de acero formados en frío no excluye como tal la utilización de productos laminados en caliente, entendiéndose por tanto que ambos tipos se complementan mutuamente. En algunos casos las estructuras se proyectan de manera que los miembros principales sometidos a cargas pesadas se diseñan con perfiles laminados en caliente, armados o en concreto reforzados, y los miembros secundarios, sometidos a cargas bajas o ligeras, se diseñan utilizando miembros de acero formados en frío.

El Sistema Constructivo **Tubebest**, satisface la necesidad de contar con columnas y vigas tubulares rectangulares tipo cajón de acero para la construcción de naves industriales y comerciales en nuestro país.

Estos productos tubulares cerrados son higiénicos ya que no acumulan polvo ni permiten la proliferación de plagas y además son fáciles de proteger contra incendios y contra la corrosión. De esta forma se emplean en la construcción de naves industriales en supermercados, centros comerciales, edificios habitacionales, de oficina, etc.

Esta familia de perfiles presenta grandes ventajas para las maestranzas, ya que las columnas y vigas se forman con la unión de dos pares de perfiles abiertos, Sigma y Ohm, los cuales se sueldan mediante electrodos convencionales, soldadura MIG o arco sumergido, sin necesidad de contar con complejos equipos de pre armado y enderezado, logrando de esta forma un costo de operación muy competitivo.

Con estos perfiles las maestranzas podrán aumentar en forma significativa su capacidad de producción de estructuras, sin necesidad de nuevas inversiones, ya que el tiempo para armar los marcos completos de una nave es inferior al requerido en los sistemas convencionales que se conocen en el mercado.

Para el almacenamiento y transporte de estos tubulares ya soldados se obtienen grandes ahorros debido a su forma rectangular compacta, lo que facilita un óptimo aprovechamiento del espacio y un fácil apilamiento.

Su forma rectangular, con su geometría particular de tres nervaduras, que hacen la función de atiesadores, en cada alma le confieren al Tubest, una gran eficiencia estructural, lo que permite obtener, como ya se indicó, un elemento constructivo muy nítido y esbelto, de esta forma se cuentan con vigas y columnas hechas de perfiles abiertos, fáciles de vincular y muy competitivas en costo.

CAPITULO III

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

- Tendido de la planta.

Ante la necesidad de disponer mayor espacio para satisfacer la demanda de fabricaciones metálicas de gran envergadura se ha proyectado construir una nueva planta en la Zona Industrial de Lurín. En la Fig. 3.1 se presenta el tendido de la planta requerida.

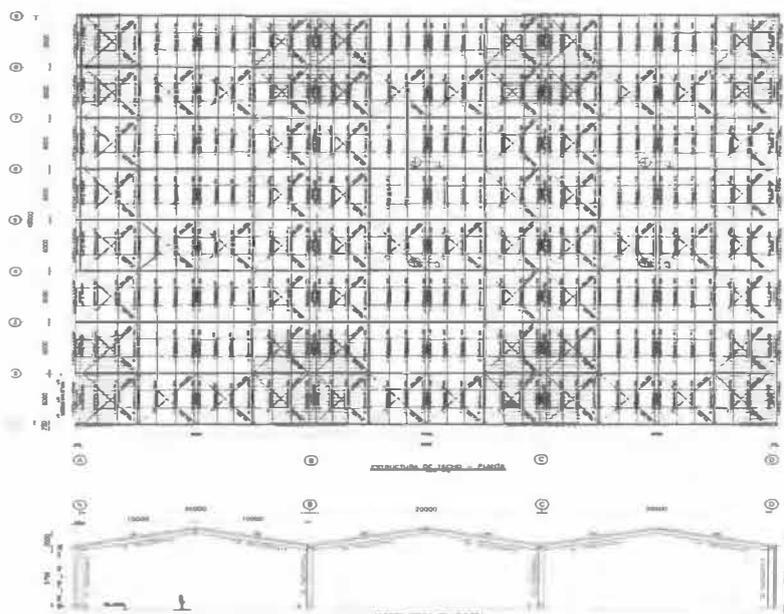


Fig. 3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA PLANTA NUEVA

Ubicación

El proyecto estructural de la Planta Metal Mecánica se ubica en el Distrito de Lurín, Provincia y Departamento de Lima. La edificación ocupa una área construida de 60.00 x 48.00m, es decir, 2 880.00 m², medida a muros perimetrales. Consiste de estructuras de acero, con pórticos rígidos, columnas y vigas metálicas de secciones tubulares rectangulares LAC conformados en frío.

- Características

La estructura propuesta consiste de una nave industrial múltiple, formada por tres naves a dos aguas, con un sistema primario de pórticos de acero fabricados con perfiles metálicos conformados en frío, con una luz Triple de 20.00m y espaciados a 6.00 m entre ejes. Un sistema secundario de correas tipo C, que se apoya sobre los pórticos, que sirven para el soporte y fijación del sistema de techos y fachadas. Los techos tienen una pendiente del 20% y una altura al hombro de 7.00m.

Todos los componentes del sistema estructural se encuentran convenientemente arriostrados para garantizar su acción en conjunto y la estabilidad del edificio.

- Capacidad

La nave industrial proyectada tiene una capacidad operativa de 2,880.00 m².

- Tipo de servicio

La nave industrial proyectada tiene uso destinado para manufactura y almacenamiento.

En virtud de lo señalado, el problema quedó identificado mediante la siguiente interrogante:

¿Es factible el Diseño, la Fabricación y el Montaje de una nave industrial múltiple, formada por tres naves de 20.00m de luz y 48.0m de longitud cada una, usando el sistema tubest?

3.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y DEL OBJETIVO PRINCIPAL

Considerando que:

1º Se comprendió el problema principal

2º Por la formación profesional y por la experiencia propia en el ramo de la construcción de estructuras metálicas, se pudo preestablecer que:

- Se podría realizar el diseño de una nave industrial, considerando los criterios de diseño establecidos en el reglamento nacional de edificaciones.
- Se podría realizarla fabricación.
- Se podría realizar el montaje de las estructuras metálicas.
- Se podría determinar los costos del proyecto y el plan de ejecución.

Entonces, fue necesario como punto de partida de la solución postular la hipótesis de trabajo que se menciona a continuación:

Es factible el Diseño, la Fabricación y el Montaje de una nave industrial múltiple, formada por tres naves de 20.00m de luz y 48.00m de longitud, usando el sistema tubest.

Dicha hipótesis ayudó a precisar el objetivo principal que consiste en diseñar, fabricar y montar una nave industrial múltiple, formada por tres naves de

20.00m de luz y 48.0m de longitud cada una, usando el sistema tubest, en el Distrito de Lurín, Provincia y Departamento de Lima para la empresa TUBOS Y PERFILES METALICOS S.A. (TUPEMESA).

En la figura 3.2 se muestra el correlato entre los objetivos secundarios y el objetivo principal.

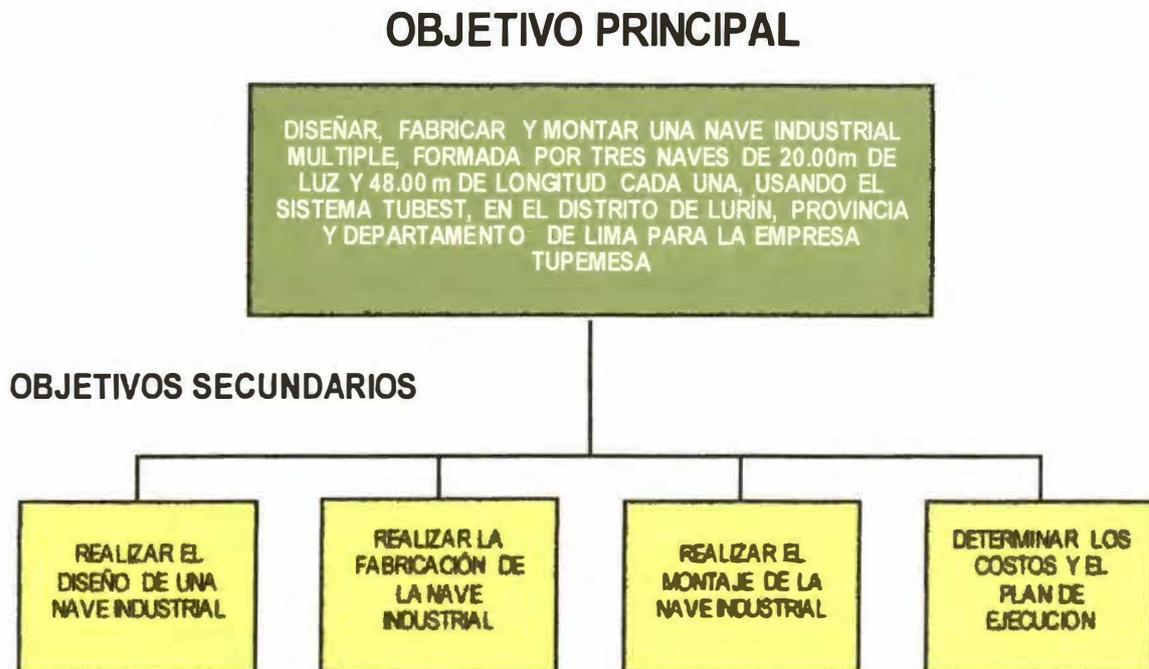


Fig. 3.2 Correlato entre el objetivo principal y los objetivos secundarios

CAPITULO IV

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL

4.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

El propósito de diseñar estructuras metálicas es lograr estructuras económicas, seguras y que cumpla con ciertos requisitos funcionales y estéticos, para lograrlo se debe conocer suficientemente los procesos de manufactura, el análisis estructural, las propiedades de los materiales, la función y el comportamiento de los elementos constitutivos de la estructura. Una vez consideradas las condiciones del suelo, se inicia el diseño estructural tomando en cuenta varios sistemas estructurales, diversos tipos y distribución de miembros y sus conexiones, describiéndolos en detalle a través de notas y esquemas, permitiendo con ello la fabricación y construcción de los esqueletos estructurales o armadura.

El proyecto estructural de la nave Industrial propuesto se usará para una instalación de una planta industrial, como se mencionó, está ubicado en la zona industrial de Lurín-Lima. La edificación ocupa una área techada de 2880.00 m² y con medidas perimetrales de 60.00m x 48.00 m. Consiste de una estructura de acero aporticado con columnas y vigas tubulares rectangulares tipo cajón

(sistema tubest) con techos a dos aguas y pendiente de 20%, la altura de las columnas metálicas es de 7.00m, medida al hombro del edificio.

La estructura propuesta consiste de un sistema aporticado de vigas y columnas tubulares de acero fabricados con perfiles conformados en frío, está formada por tres naves, tienen una luz de 20.00m y longitud 48.00m cada una, pórticos espaciados a 6.00m entre ejes. Un sistema secundario de correas de canales Z, que se apoya sobre los pórticos, que sirven para el soporte y fijación del sistema de techos y fachadas. Todos los componentes del sistema estructural se encuentran convenientemente arriostrados para garantizar su acción en conjunto y la estabilidad del edificio.

El Análisis y diseño están de acuerdo a los siguientes códigos y estándares:

- 2010 LRFD Specification for design Steel Building AISC 2010
- 2008 North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, AISI 2008.
- RNE - E.020 Reglamento Nacional de Edificaciones – Cargas.
- RNE - E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones - Diseño Sismoresistente.
- RNE - E.090 Reglamento Nacional de Edificaciones - Estructuras Metálicas

4.2 CÁLCULO DE CARGAS

4.2.1 Cargas para pórtico principal

Tabla N° 4.1 Cargas que soporta el pórtico principal

a) CARGAS MUERTA DE TECHO Y DE PARES

	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la estructura de techo	15.0	kg/m ²
Peso panel PV4 (t=0.5 mm)	5.0	kg/m ²
Instalaciones	5.0	kg/m ²
CARGA MUERTA TECHO	25.00	kg/m²

Luz de pórtico	20.0	m
Separación pórticos	6.0	m
Carga distribuida(W _D)	150.0	kg/m

DATOS PARA ESTIMAR LA CARGA MUERTA PARED	CANTIDAD	UNIDAD
Peso estructurado de pared	10.0	kg/m ²
Peso panel PV4 (t=0.5 mm)	5.0	kg/m ²
Otros	5.0	kg/m ²
CARGA MUERTA PARED	20.0	kg/m²

b) CARGA VIVA DE TECHO

	CANTIDAD	UNIDAD
Carga viva de techo	30.0	kg/m ²
67%reducción de carga viva	20.1	kg/m ²
Sepración pórticos	6.0	m
Carga distribuida	112.0	kg/m

Carga Viva de Techo 30.0 kg/m²

La Norma E020-Cargas permite reducir la carga viva:

67% Reducción de Carga Viva 20.1 kg/m² (Cap. 3-Art.10 RNE E.020)

$$L_r = L_o [0.25 + 4.6 / \sqrt{A_i}]$$

$$L_r = 30\text{kg/m}^2 [0.25 + 4.6 / \sqrt{6*20}] = 0.67 * 30 = 20.1 \text{ kg/m}^2$$

L_r = Intensidad de carga viva reducida.

L_o = Intensidad de carga viva sin reducir.

A_i = Area de influencia del elemento.

Carga viva lineal para ingresar al programa SAP 2000 W_{Lr}:

$$W_{Lr} = 20.1 \text{ kg/m} * 6.0\text{m} = 120.6 \text{ kg/m}$$

c) CARGAS DE VIENTO

	CANTIDAD	UNIDAD
V = Velocidad del viento	75.0	kph
h = Altura sobre el terreno en m	8.0	m
Vh = Velocidad de diseño en la altura h	75.0	kph
Ph = Presión dinámica de viento = $0,005 \times C_x \times Vh^2$	28.125	kg/m ²

DESCRIPCIÓN	PRESIÓN DE DISEÑO		
	C	Ph (kg/m ²)	Wx(kg/m)
Pared Barlovento	0.8	22.500	+135
Pared Sotavento	-0.6	-16.875	-101
Techo Barlovento	-0.7	-19.688	-118
	+0.3	8.438	+51
TechoSotavento	-0.6	-16.875	-101

d) CARGAS DE SISMO EN DIRECCIÓN X-X e Y-Y

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de techo = $25 \times 6.0 \times 60.0$	9000	Kg
Peso paredes ejes A y B = $20 \times 6.0 \times 7.0/2 \times 2$	840	Kg
Peso total P _D	9840	Kg
Carga viva techo al 25% PL = $0.25 \times 30 \times 6.0 \times 60.0$	2700	kg
PT = P _D + 25% P _L	12540	kg

Z = Factor de zona	0.4
U = Coeficiente de uso	1.0
S = Factor de suelo	1.2
C = Coeficiente de aceleración sísmica	2.5
Rx = Factor de reducción	3.0
Ry = Factor de reducción	3.0

Vx = $0.4 \times 1.0 \times 1.2 \times 2.5 / 9.5 \times P_T =$	0.400 P _T
Vx = 5016kg (por cada pórtico)	
Vy = $0.4 \times 1.0 \times 1.2 \times 2.5 / 6.0 \times P_T =$	0.400 P _T
Vy = 5016 kg (por cada pórtico)	

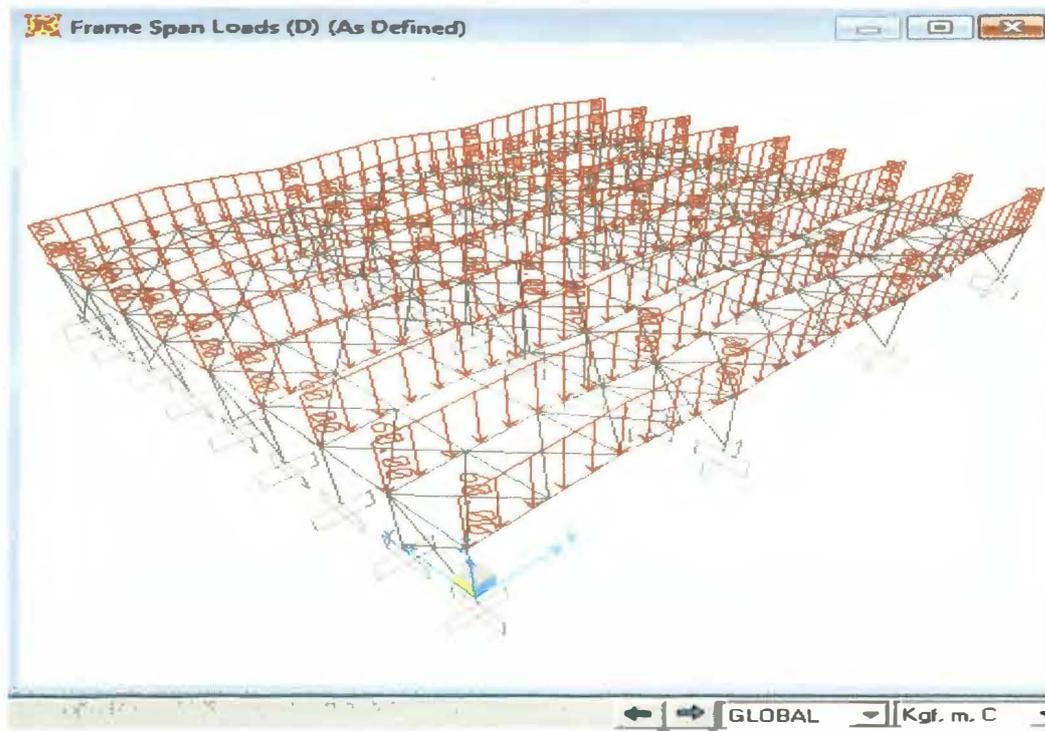
4.2.2. Cargas para Correas

Tabla N° 4.2 Cargas que soporta las correas

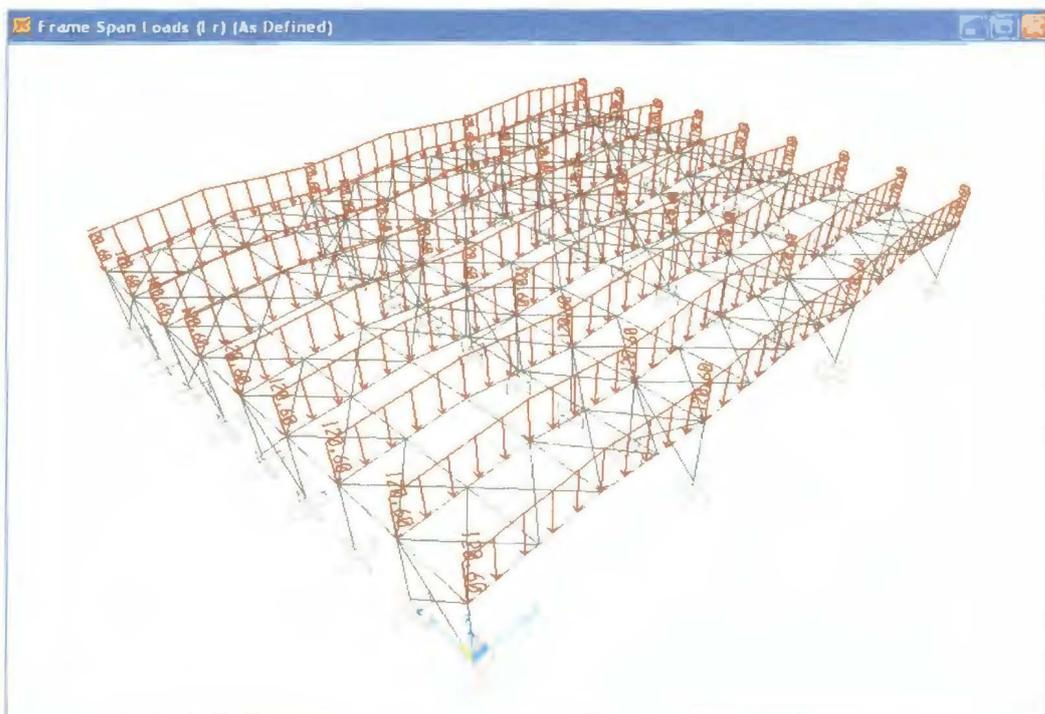
a) Carga muerta		
Peso propio	5.0	Kg/m ²
Peso panel TR4 (t = 0.5 mm)	5.0	Kg/m ²
Otros	10.0	Kg/m ²
TOTAL CARGA MUERTA	20.0	Kg/m ²
Separación	2.18	m
Carga distribuida W _D	44.0	g/m
b) Carga viva	30.0	Kg/m ²
Separación	2.18	m
Carga distribuida W _L	66.0	Kg/m

4.3 APLICACIÓN DE CARGAS

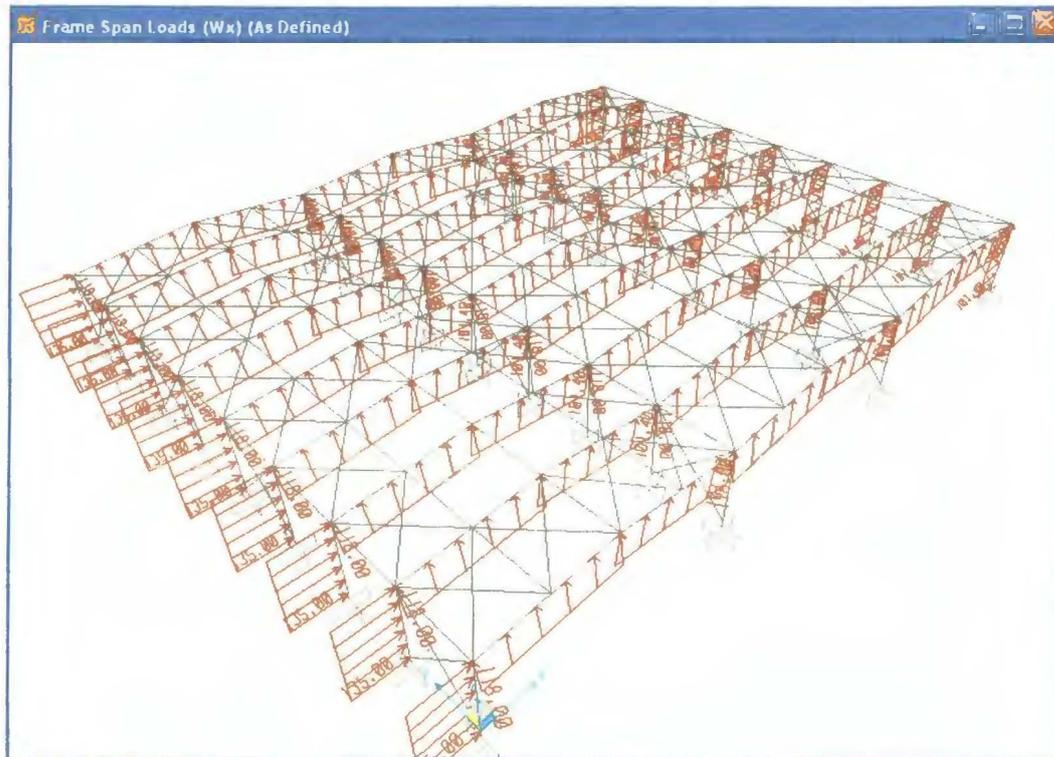
a) Aplicación de Carga Muerta (D)



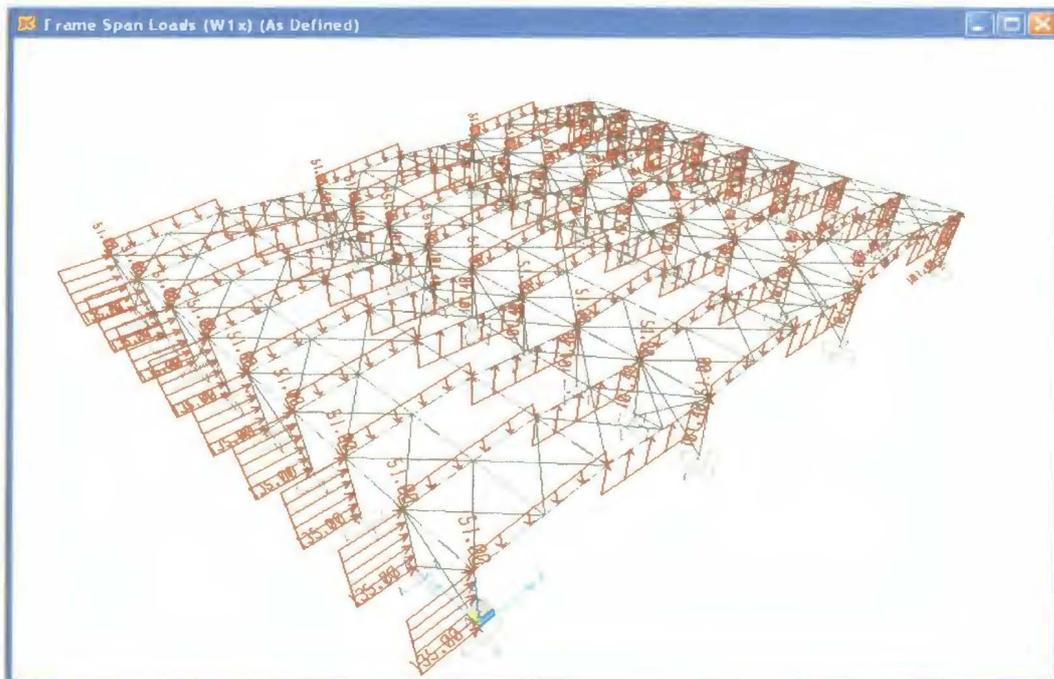
b) Aplicación de Carga Viva de techo (Lr)

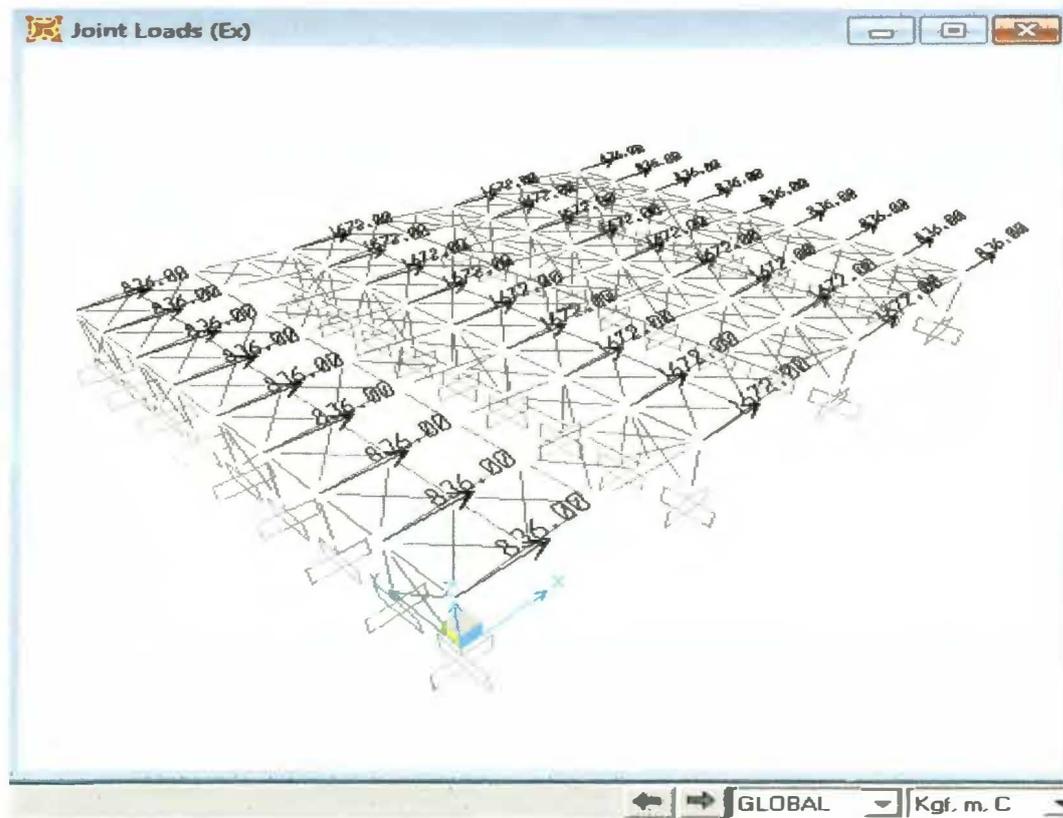
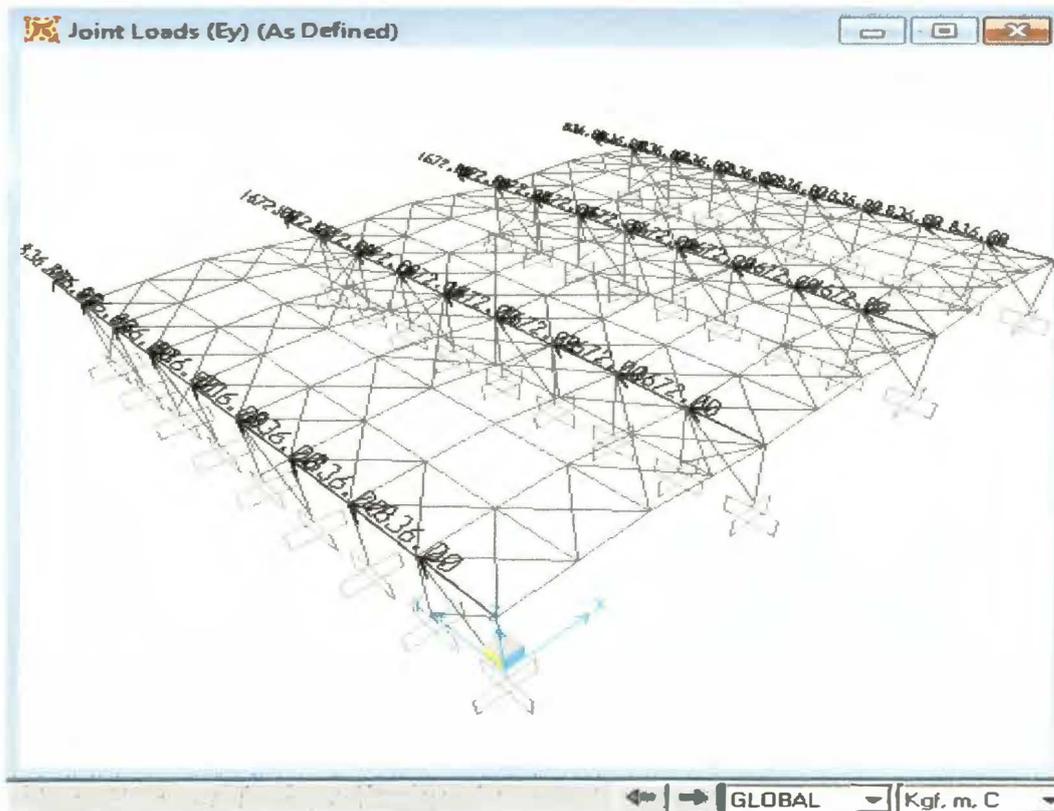


c) Aplicación de Carga de Viento (W_x)



d) Aplicación de Carga de Viento ($W1x$)



e) Aplicación de Carga de Sismo en eje "X" (Ex)**f) Aplicación de Carga de Sismo en eje "Y" (Ey)**

4.3 COMBINACIÓN DE CARGAS

4.3.1 Combinación de cargas para Pórtico Principal

Tabla N° 4.3 Combinaciones de cargas (LRFD)

COM 1	=	1.4 D
COM 2	=	1.2 D + 1.6 Lr
COM 3	=	1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 Wx
COM 4	=	1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 W1x
COM 5	=	1.2D + 0.5 Lr + 1.3 Wx
COM 6	=	1.2 D + 0.5Lr + 1.3 W1x
COM 7	=	0.9 D + 1.3 Wx
COM 8	=	0.9 D + 1.3 W1x
COM 9	=	1.2 D + Ex
COM 10	=	1.2 D + Ex
COM 11	=	1.2 D + Ey
COM 12	=	1.2 D - Ey

4.3.2 Combinación de cargas para correas

Tabla N° 4.4 Combinación de cargas para correas (LRFD)

W ₁	=	1.2 W _D + 1.6 W _L
W ₂	=	1.2 W _D + 1.6 W _L + 0.8 W _w
W ₃	=	0.9 W _D + 1.3 W _w
W ₄	=	1.2 W _D + 1.6 W _L - 0.8W _w
W ₅	=	0.9 W _D - 1.3 W _w

4.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el Análisis Estructural se realizó un Modelo Tridimensional con el programa SAP 2000, en la imagen se muestra la numeración de nudos. Las bases de columnas son empotradas.

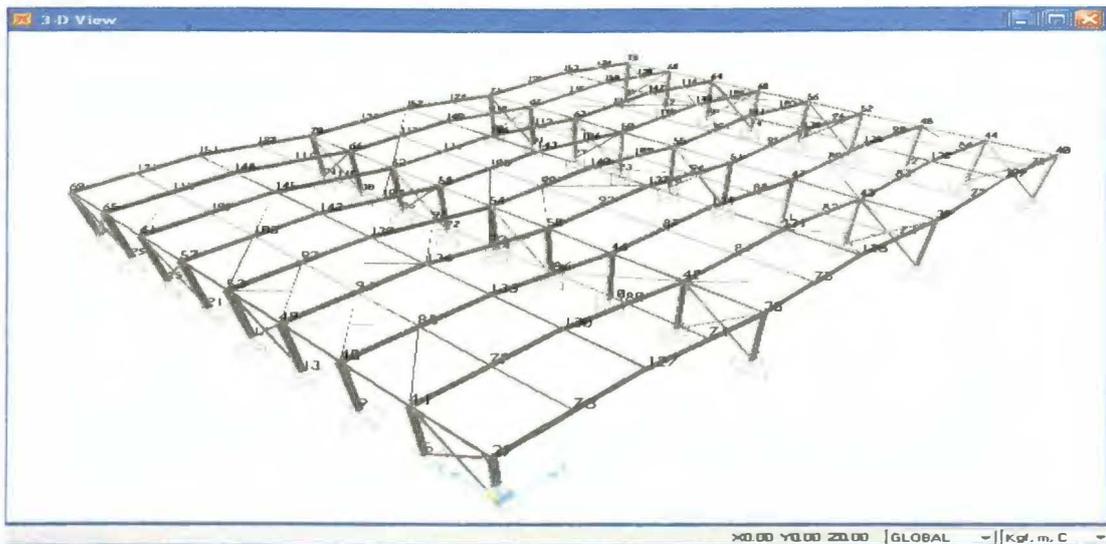


Fig. N° 4.1 Numeración de nudos

4.5 DISEÑO ESTRUCTURAL

4.5.1 Diseño de Columna de Pórtico Principal

En la imagen se muestra el diagrama de momentos del pórtico típico, la combinación crítica es COM 13: $1.2D + 0.5Lr + Ex$

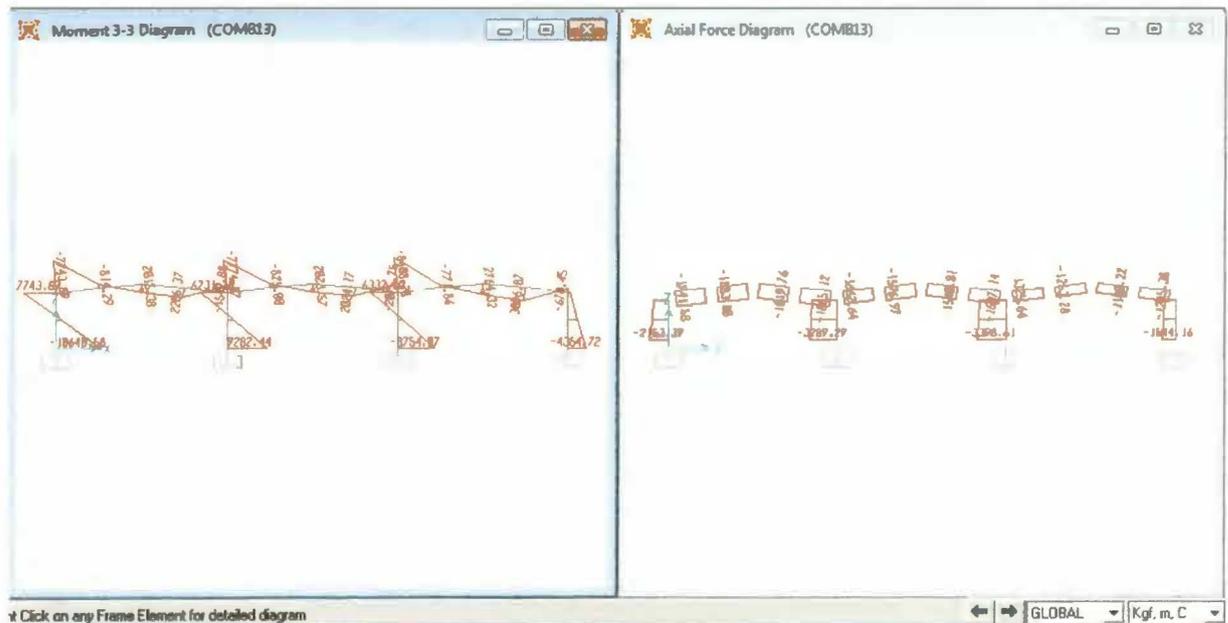


Fig. N° 4.2 Diagrama de momentos y Fuerza axial del pórtico típico

$$Mu = 10641 \text{ kg-m}$$

$$P_u = 2154 \text{ kg}$$

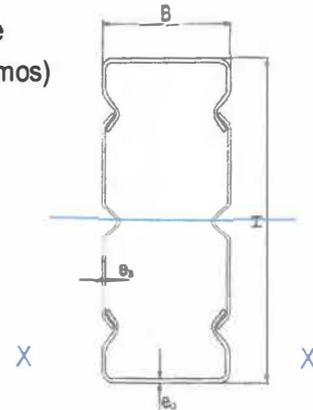
Escogemos un perfil de la siguiente manera:

$$\phi_b M_n = \phi^* F_y * S_x \geq M_u$$

$$S_x = M_u / (\phi^* F_y) \quad (\text{escogemos un perfil con modulo de secci3n mayor al obtenido y verificamos})$$

Asumiendo TB-500x200x4x3

A =	54.8 cm ²	(Area de secci3n)
I _x =	18505 cm ⁴	(Momento de Inercia)
S _x =	740.0 cm ³	(M3dulo de secci3n S _x = I _x / c)
S _c =	715.0 cm ³	0.97 (La secci3n trabaja al 96.6%)
r _x =	18.40 cm	(Radio de giro en eje x)
r _y =	8.46 cm	(Radio de giro en eje y)
H _c =	700.00 cm	(Altura de columna)



Verificaci3n al pandeo flexotorsional

L =	700 cm	(Longitud del elemento)
S _w =	20 cm	(Separaci3n entre almas)
F _y =	2530 kg/cm ²	(Esfuerzo de fluencia del acero)
E =	2.1 x 10 ⁶ kg/cm ²	(M3dulo de Elasticidad del acero)

$$L/S_w \leq 0.086 * E/F_y$$

$$35 < 71.383 \text{ (OK!)} \quad (\text{La seccion asumida no se ve afectada por pandeo flexotorsional})$$

Esbeltez

k _x =	1.67	(Factor de longitud efectiva en eje X, obtenido del programa)
k _y =	1.00	(Factor de longitud efectiva en eje Y, obtenido del programa)
L _x =	700.0 cm	
L _y =	700.0 cm	
λ _x =k _x L _x /r _x =	64	
λ _y =k _y L _y /r _y =	83	(CONTROLA)

Para Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexotorsional:

$$F_e = \eta^2 E / \lambda^2 = 3027 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de Euler})$$

(Eq.C4.1-1 Manual COLD FORMED STEEL)

$$F_y = 2531 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de Fluencia})$$

$$\lambda_c = \sqrt{F_y / F_e} = 0.914 \leq 1.5 \quad (\text{Esbeltez crítica})$$

(Eq.C4-4 Manual COLD FORMED STEEL)

$$\phi_c F_{cr} = 1516 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo crítico})$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A = 83080 \text{ kg} \quad (\text{Eq.C4-2 Manual COLD FORMED STEEL})$$

(Eq.C4-1 Manual COLD FORMED STEEL)

$$P_u / \phi_c P_n = 0.026 < 0.20$$

Si $P_u / \phi_c P_n < 0.2$ entonces:

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right)$$

Momento Nominal:

$$\phi_b M_n = \phi_b F_y S_x$$

$$\phi_b M_n = 16281 \text{ kg-m} \quad (\text{Momento Nominal de la sección})$$

$$M_{ux} = 10641 \text{ kg-m} \quad (\text{Momento último actuante})$$

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = 0.013 + 0.654 = 0.667 < 1.0 \quad (\text{OK})$$

Usar: TB-500x200x4x3 (La sección trabaja al 66.7% de su capacidad a flexocompresión)

4.5.2 Diseño de Viga de Pórtico Principal

En la imagen se muestra el diagrama de momentos del pórtico típico, la combinación crítica es COM 4: 1.2 D + 1.6 Lr + 0.8W1x

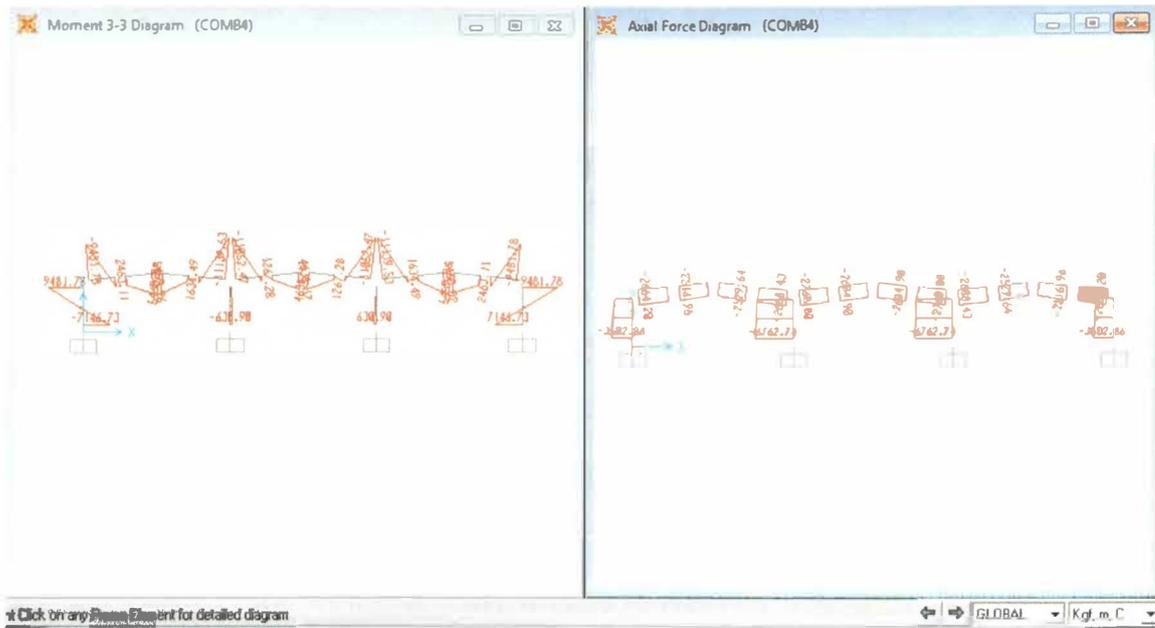


Fig. N° 4.3 diagrama de momentos y fuerza axial de la viga del pórtico

$$M_u = 11140 \text{ kg-m}$$

$$P_u = 2688 \text{ kg}$$

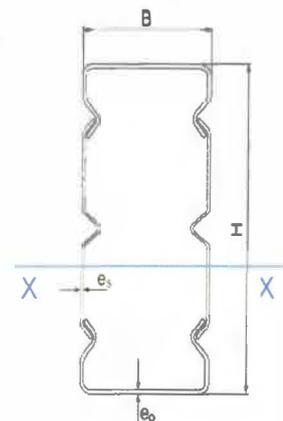
Escogemos un perfil de la siguiente manera:

$$\phi_b M_n = \phi_b F_y S_x \geq M_u$$

$$S_x = M_u / (\phi_b F_y) \quad (\text{escogemos un perfil con modulo de secci3n mayor al obtenido y verificamos})$$

Asumiendo **TB-500x200x4x3**

A =	54.8 cm ²	(Area de secci3n)
I _x =	18505 cm ⁴	(Momento de Inercia)
S _x =	740.0 cm ³	(M3dulo de secci3n S _x = I _x / c)
S _c =	715.0 cm ³	0.966 (La secci3n trabaja al 96.6%)
r _x =	18.40 cm	(Radio de giro en eje x)
r _y =	8.46 cm	(Radio de giro en eje y)
L _v =	1000.00 cm	(Longitud de viga)



Verificación al pandeo flexotorsional

$$L = 500 \text{ cm} \quad (\text{Longitud del elemento no arriostrado})$$

$$S_w = 20 \text{ cm} \quad (\text{Separación entre almas})$$

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de fluencia del acero})$$

$$L/S_w \leq 0.086 \cdot E/F_y$$

$$25 < 71.383 \text{ (OK!)} \quad (\text{La sección asumida no se ve afectada por pandeo flexotorsional})$$

Esbeltez

$$k_x = 1.20 \quad (\text{Factor de longitud efectiva en eje X, obtenido del programa})$$

$$k_y = 1.00 \quad (\text{Factor de longitud efectiva en eje Y, obtenido del programa})$$

$$L_x = 1000.0 \text{ cm} \quad (\text{Longitud no arriostrada en eje X})$$

$$L_y = 500.0 \text{ cm} \quad (\text{Longitud no arriostrada en eje Y})$$

$$\lambda_x = k_x L_x / r_x = 65 \quad (\text{CONTROLA})$$

$$\lambda_y = k_y L_y / r_y = 59$$

Para Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexotorsional:

$$F_e = \eta^2 E / \lambda^2 = 4873 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de Euler}) \quad (\text{Eq.C4.1-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_y = 2531 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de Fluencia})$$

$$\lambda_c = \sqrt{F_y / F_e} = 0.721 \leq 1.5 \quad (\text{Eq.C4-4 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi_c F_{cr} = 1731 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Eq.C4-2 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} \cdot A_e = 94853 \text{ kg} \quad (\text{Eq.C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$P_u / \phi_c P_n = 0.028 < 0.20$$

Si $P_u / \phi_c P_n < 0.2$ entonces:

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right)$$

Momento Nominal:

$$\phi_b M_n = 0.9 \cdot F_y \cdot S_x$$

$$\phi_b M_n = 16281 \text{ kg-m}$$

$$M_{ux} = 11140 \text{ kg-m}$$

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = 0.014 + 0.684 = 0.698 < 1.0 \quad (\text{OK})$$

Usar: TB-500x200x4x3 (La sección trabaja al 69.8% de su capacidad a flexocompresión)

4.5.3 Diseño de Puntales

La combinación crítica es la COM 14: **0.9D + Ey**

$$P_u = 1238 \text{ kg}$$

Suponiendo Tubo **TB°-100x100x3.0**

$$A = 11.41 \text{ cm}^2$$

$$r_x = 3.94 \text{ cm}$$

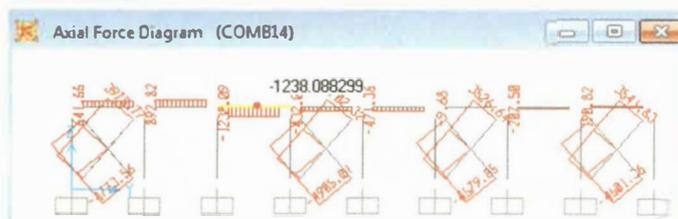
$$r_y = 3.94 \text{ cm}$$

$$k_x = 1.0$$

$$L = 580 \text{ cm}$$

$$k L / r_x = 147.0$$

$$k L / r_y = 147.0$$



(CONTROLA)

Para Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexotorsional:

$$F_e = 959 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Eq.C4.1-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_y = 2531 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_c = \sqrt{(F_y/F_e)} = 1.62 > 1.5 \quad (\text{Eq.C4-4 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi_c F_{cr} = 715 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Eq.C4-2 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} \cdot A_e = 8158 \text{ kg} \quad (\text{Eq.C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi_c P_n > P_u \quad (\text{O.K.})$$

Usar Tubo **TB°-100x100x3.0**

4.5.4 Diseño de Arriostres Verticales

La combinación crítica es la COM 14: **0.9D + Ey**

$$T_u = 7272 \text{ kg}$$

Suponiendo Tubo **TB°-100x100x3.0**

$$A = 11.41 \text{ cm}^2$$

$$r_x = 3.94 \text{ cm}$$

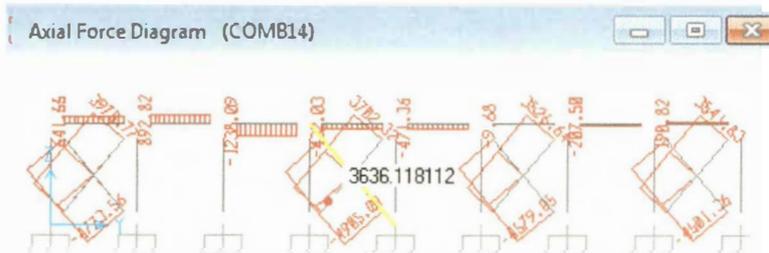
$$r_y = 3.94 \text{ cm}$$

$$k_x = 1.0$$

$$L = 840 \text{ cm}$$

$$k L / r_x = 213.0 < 300$$

$$k L / r_y = 213.0 < 300$$



$$\phi_t T_n = \phi_t F_y \cdot A_e$$

$$\phi_t T_n = 25981 \text{ kg}$$

$$\phi_t T_n > T_u \quad (\text{O.K.})$$

Usar **TB°-100x100x3.0**

4.5.5 Diseño de Arriostres Horizontales

La combinación crítica es la COM 2:		1.2D + 1.6Lr
$T_u =$	1700 kg	
Suponiendo Barra Redondo Liso \varnothing 5/8"		
$\varnothing =$	1.59 cm	
$A =$	1.98 cm ²	
$\varnothing_t T_n =$	0.9 * F_y * A	(ECUACIÓN LRFD D1-1)
$\varnothing_t T_n =$	4507 kg	
$\varnothing_t T_n >$	T_u	(O.K.)
Usar Barra Redondo Liso \varnothing 5/8"		

4.5.6 Diseño de Correas de techo

a) METRADO DE CARGAS

- Carga Muerta	
Peso propio	5.0 kg/m ²
Peso Panel metálico PV4	15.0 kg/m ²
Peso Instalaciones	10.0 kg/m ²
Total Carga Muerta	<u>30.0 kg/m²</u>

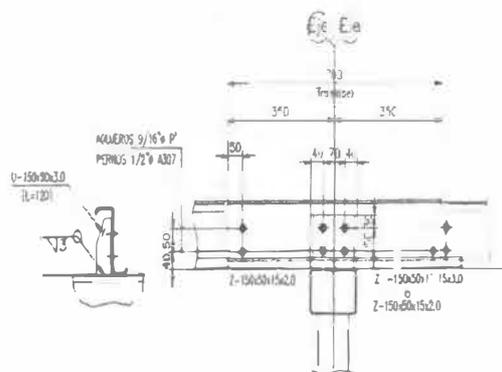
Separación @ :	2.00 m
Carga distribuida W_D	60.0 kg/m

- Carga Viva	30.0 kg/m ²
Separación @ :	2.00 m
Carga distribuida W_L	60.0 kg/m

- Carga de Viento	
$Ph = 0.005 * C * V^2$	
$C =$ Factor de forma	
$V =$ Velocidad del Viento	
$h =$ Altura sobre el terreno en m	
$V_h =$ Velocidad de diseño en la altura h	
$Ph =$ Presión de diseño de viento	
$Ph =$ Presión de diseño de viento	

Separación @	2.00 m
Carga distribuida W_w	16.9 kg/m

(Panel TR4 y panel Termotecho)



Presión	Succión
0.30	-0.70
75 kph	75 kph
8.4 m	8.4 m
75 kph	75 kph
	(Cap. 12.3 RNE - E.020)

8.4 kg/m²	-19.7 kg/m²
-----------------------------	-------------------------------

2.00 m
-39.4 kg/m

b) CÁLCULO DE FUERZAS

- Combinación de Cargas (LRFD)

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 1.2 W_n + 1.6 W_l & = & 168 \text{ kg/m} \\
 W_2 &= 1.2 W_n + 1.6 W_l + 0.8 W_w & = & 182 \text{ kg/m} \quad \uparrow \text{(CONTROLA)} \\
 W_3 &= 0.9 W_n + 1.3 W_w & = & 76 \text{ kg/m} \\
 W_4 &= 1.2 W_n + 1.6 W_l - 0.8 W_w & = & 137 \text{ kg/m} \\
 W_5 &= 0.9 W_n - 1.3 W_w & = & 2.8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Fuerzas Actuantes

TRAMOS EXTREMOS

Momento Positivo - Tramos Extremos

$$M_u \text{ max} = 505 \text{ kg-m}$$

Momento Negativo - Apoyos extremos(Traslapes)

$$M_u \text{ max} = 700 \text{ kg-m}$$

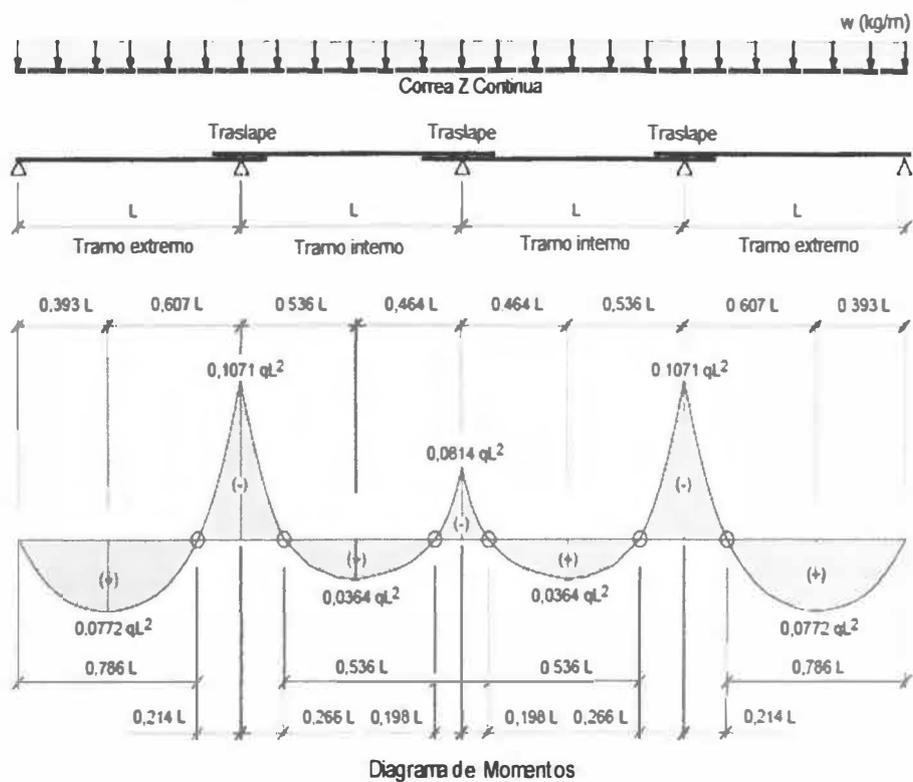
TRAMOS INTERIORES

Momento Positivo -Tramos interiores

$$M_u \text{ max} = 242 \text{ kg-m}$$

Momento Negativo - Apoyos intemos(Traslapes)

$$M_u \text{ max} = 532 \text{ kg-m}$$



c) DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN (Correas extremas)

Suponiendo **Z - 150 x 50 x 15 x 3.0**

c.1) Cálculo para tramo central de Correas Extremas (Punto B y N del Diagrama de Momentos)

En este tramo la sección resistente a las cargas es solo una Zeta

Propiedades de la sección asumida:

$$A = 7.92 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 270.00 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 40.30 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 34.60 \text{ cm}^3$$

$$S_c = 34.60 \text{ cm}^3$$

- Pandeo Local

No existe reducción de sección por pandeo local, la sección actúa al 100%

$$\phi M_n = 788 \text{ Kg-m}$$

- Pandeo Lateral Torsional

$$L = 6.000 \text{ m}$$

$$L_b = 2.00 \text{ m} \quad (\text{Templador al tercio de luz})$$

$$d = 15.0 \text{ cm}$$

$$I_{yc} = 20.2 \text{ cm}^4$$

$$C_b = 1.00$$

$$M_e = 761 \text{ Kg-m} \quad (M_e = p^c \cdot E \cdot C_b \cdot d \cdot I_{yc} / 2 L^c) \quad (\text{Ec. C.3.1.2-16 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_y = 875 \text{ Kg-m} \quad (M_y = S_x \cdot F_y) \quad (\text{Ec. C.3.1.2-5 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_e < 2434 \text{ Kg-m} \quad (0.56M_y < M_e < 2.78M_y) \quad (\text{Ec. C.3.1.2-3 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_c = 662 \text{ Kg-m}$$

$$\phi M_n = 596 \text{ Kg-m} \quad (\text{Controla}) \quad (\text{Ec. C.3.1.2-1 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi M_n > \mu M_{\text{máx}} = 505 \text{ kg-m} \quad (\text{O.K.})$$

c.2) Cálculo para la Zona de Traslape de Correas Extremas (Punto D y L del Diagrama de Momentos)

En este tramo la sección resistente a las cargas son 2 Zetas (Z-150x50x15x3.0 y Z-150x50x15x2.0) debido al traslape.

$$A = 13.2 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 450 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 57.7 \text{ cm}^3$$

$$L = 6.000 \text{ m}$$

$$L_b = 2.00 \text{ m} \quad (\text{Templador al tercio de luz})$$

$$C_b = 1.00$$

$$\phi M_n = 5/3 \times 596 = 993 \text{ Kg-m}$$

$$\phi M_n > \mu M_{\text{máx}} = 700 \text{ kg-m} \quad (\text{O.K.})$$

$$\delta_D = 0.81 \text{ cm} \quad (\text{Flecha por carga muerta})$$

$$\delta_U = 0.81 \text{ cm} < L/200 = 3.00 \text{ cm} \quad (\text{O.K.}) \quad (\text{Flecha por carga viva})$$

USAR **Z - 150 x 50 x 15 x 3.0**

d) DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN (Correas Internas-Tramo)

Suponiendo **Z - 150 x 50 x 15 x 2.0**

d.1) Cálculo para tramo central de Correas Internas (Puntos F y J del Diagrama de Momentos)

En este tramo la sección resistente a las cargas es solo una Zeta

Propiedades de la sección asumida:

$$A = 5.35 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 184.00 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 28.30 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 23.80 \text{ cm}^3$$

$$S_c = 21.98 \text{ cm}^3$$

- Pandeo Local

Existe reducción de sección por pandeo local, la sección actúa al 92%

$$\phi M_n = 500 \text{ Kg-m}$$

- **Pandeo Lateral Torsional**

$$L = 6.000 \text{ m}$$

$$L_b = 2.00 \text{ m} \quad (\text{Templador al tercio de luz})$$

$$d = 15.0 \text{ cm}$$

$$I_{yc} = 14.2 \text{ cm}^4$$

$$C_b = 1.00$$

$$M_e = 534 \text{ Kg-m} \quad (M_e = \pi^2 E \cdot C_b \cdot d \cdot I_{yc} / 2 L^2) \quad (\text{Ec. C3.12-16 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_y = 602 \text{ Kg-m} \quad (M_y = S_r \times F_y) \quad (\text{Ec. C3.12-5 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_e < 1674 \text{ Kg-m} \quad (0.56M_y < M_e < 2.78M_y) \quad (\text{Ec. C3.12-3 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$M_c = 460 \text{ Kg-m}$$

$$\phi M_n = 382 \text{ Kg-m} \quad (\text{Controla}) \quad (\text{Ec. C3.12-1 MANUAL COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi M_n > M_u \text{ máx} = 242 \text{ kg-m} \quad (\text{O.K.})$$

d.2) Cálculo para la Zona de Traslape de Correas Internas (Punto H del Diagrama de Momentos)

En este tramo la sección resistente a las cargas son 2 Zetas debido al traslape

$$A = 10.7 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 368 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 47.6 \text{ cm}^3$$

$$L = 6.000 \text{ m}$$

$$L_b = 2.00 \text{ m} \quad (\text{Templador al tercio de luz})$$

$$C_b = 1.00$$

$$\phi M_n = 2 \times 382 = 764 \text{ Kg-m}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ máx} = 532 \text{ kg-m} \quad (\text{O.K.})$$

$$\delta_D = 0.60 \text{ cm} \quad (\text{ Flecha por carga muerta })$$

$$\delta_U = 0.60 \text{ cm} < L / 200 = 3.00 \text{ cm} \quad (\text{O.K.}) \quad (\text{ Flecha por carga viva })$$

USAR Z - 150 x 50 x 15 x 2.0

4.5.7 Diseño de Correas de pared

a) METRADO DE CARGAS

- Carga de Viento

$$P_h = 0.005 \cdot C \cdot V^2$$

C = Factor de forma

V = Velocidad del Viento

h = Altura sobre el terreno en m

Vh = Velocidad de diseño en la altura h

Ph = Presión de diseño de viento

Ph = Presión de diseño de viento

Separación @ 2.00 m

Carga distribuida W_w 45.0 kg/m

Presión

0.80

75 kph

7.5 m

75 kph (Cap. 12.3 NTP E.020)

22.5 kg/m²

b) CÁLCULO DE FUERZAS

b.1) Combinación de Cargas (LRFD)

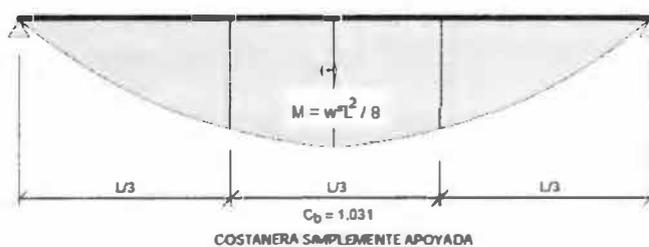
$$W_1 = 1.3 W_w = 59 \text{ kg/m}$$

b.2) Fuerzas Actuantes

Momento Positivo

$$M_u \text{ max} = 263 \text{ kg-m}$$

$$L = 6.000 \text{ m}$$



c) DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN

Suponiendo C - 150x 50 x 15 x 3.0

$$A = 7.81 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 255.35 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 23.57 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 34.05 \text{ cm}^3$$

$$S_c = 34.05 \text{ cm}^3$$

$$r_o = 6.85 \text{ cm}$$

$$C_b = 1.00$$

$$E = 2.0E+08 \text{ kg/cm}^2 = 29000 \text{ ksi}$$

$$G = 7.9E+05 \text{ kg/cm}^2 = 11200 \text{ ksi}$$

$$J = 0.234 \text{ cm}^4 \text{ (constante de torsión)}$$

$$C_w = 1020.90 \text{ cm}^3 \text{ (constante de alabeo)}$$

$$r_x = 5.72 \text{ cm}$$

$$r_y = 1.73 \text{ cm}$$

G: Modulo de elasticidad por cortante

$$L = 6.00 \text{ m}$$

$$L_b = 2.00 \text{ m (Templadores a los tercios de luz)}$$

$$C_b = 1.00$$

Resistencia al Pandeo Lateral

$$\phi_{ey} = 1477 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi_{et} = 1877 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_e = 891 \text{ Kg-m}$$

$$M_y = 861 \text{ Kg-m}$$

$$M_e < 2395 \text{ Kg-m (} 0.56M_y < M_e < 2.78M_y \text{)}$$

$$M_c = 700 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi M_n = 630 \text{ Kg-m}$$

$$\phi M_n > M_u \text{ máx} = 263 \text{ kg-m}$$

Controla

(O.K.)

$$\delta_w = 1.49 \text{ cm} < L / 240 = 2.50 \text{ cm (O.K.)}$$

USAR C - 150x 50 x 15 x 3.0

CAPITULO V

FABRICACIÓN

5.1 GENERALIDADES

Normalmente la fabricación de las estructuras metálicas se realizan en plantas especializadas, con los equipos más modernos y adecuados para cada proceso, con una cuidadosa selección del personal, el cual se vigila constantemente, mediante un programa de control de calidad y capacitación continua, especialmente a los soldadores.

Teniendo en cuenta la participación de la mano de obra en la fabricación de las estructuras metálicas, es muy importante, además de la vigilancia, capacitación y control del personal, se procure que la planta de fabricación tenga las instalaciones más completas y adecuadas posibles, que permitan la cómoda y fácil aplicación de los procesos, sólo así se garantiza la excelencia.

La tecnología moderna ha desarrollado máquinas y equipos para realizar diferentes procesos tales como el corte, enderezado o soldadura, que permite garantizar un producto de muy alta calidad de acuerdo a las normas.

Por otro lado, como resultado de estudios, pruebas y experiencias, se han logrado establecer normas a niveles internacionales, manejados por

instituciones científicas, que permiten la observancia y el seguimiento de las mismas, lograr óptimos resultados y prácticamente garantizar la ausencia de fallas en éstos procesos.

Contando con un diseño racional, un acero estructural de alta calidad, y de acuerdo a la norma especificada, materiales de aportación de fabricación controlada y de una mano de obra calificada, tendremos como resultado una estructura de alta confiabilidad, que responde a los requerimientos de las sobrecargas con los cuales se inició el análisis y el diseño.

5.1.1 Pedido de Material

Al hacer el pedido de los materiales necesarios, deberá tenerse en cuenta las dimensiones de las piezas a fabricar, con objeto de ajustar las medidas de los materiales pedidos y tratar hasta donde sea posible, de evitar los desperdicios, desde el punto de vista económico, el material deberá pedirse tratando de ajustarse a medidas comerciales, entendiendo por esto las medidas normales que la laminadora emplea encada perfil. Pedir el material a una medida especial, fuera de las comerciales, representa un sobreprecio que fija la casa vendedora por este tipo de cortes.

5.1.2 Recepción del material

Al recibir el material en el patio del almacén, deberá hacerse una selección cuidadosa de éste, seleccionándolo de acuerdo con las longitudes y secciones, con objeto de evitar pérdidas de tiempo en el aprovisionamiento del material al taller.

5.2 CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES.

El departamento de obras dispone de un cronograma de actividades en donde se indica la secuencia a seguir y el tiempo que va a durar este proceso de fabricación, el cual se adjunta en el anexo 2.

5.3 METRADO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

El metrado de materiales es de importancia para determinar la mano de obra, el tiempo de ejecución de la obra y el costo total. Entre los materiales a metrar tenemos los perfiles y tubos conformados en frio, perfiles redondos, las planchas, el metrado considera también la depreciación de máquinas y herramientas y dimensionamiento de la cuadrilla de operarios, armadores, soldadores y ayudantes.

5.4 METRADO DE MATERIALES DE ESTRUCTURA METÁLICA.

Los materiales que se utilizan en la fabricación de las estructuras metálicas se enumeran en el cuadro 7.5.

5.5 REQUISITOS DE LA MANO DE OBRA.

El personal requerido deberá ser calificado y con experiencia deberá afrontar las tareas encomendadas con el grupo que pertenece. Se exige buenos rendimientos en fabricación y calidad en los trabajos. El personal técnico en general se evaluara mediante prueba de campo por la actividad que está postulando. Se estima que la fabricación de las estructuras metálicas concluirá en el periodo 42 días de acuerdo a lo planteado, se formaran grupos de trabajo.

Cuadro 5.1 Relación de personal

A	EMPLEADOS	Cantidad
	Ingeniero Producción	01
	Ing. control calidad	01
	Almacenero	01
B	EMPLEADOS	Cantidad
	Capataz	01
	Armador	05
	Soldadores	04
	Oficial	06
	Ayudante	07

5.6 REQUISITO DE MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Conformado por todo los elementos de trabajo del personal técnico y obreros que a su vez se utilizara para la fabricación y montaje de las estructuras a fabricar.

Cuadro 5.2 Equipos y herramientas.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1	Taladro C. base magnética -PARA METAL-CON BROCA CORONA-220V	u	1
2	Máquinas de soldar TRIFASICA -CON CABLES, MENEKES Y EXTENSIONES COMPLETOS	u	4
3	Máquinas de soldar MONOFASICA CON CABLES, MENEKES Y EXTENSIONES COMPLETOS	u	2
4	Amoladora chica de 4-1/2"-	u	3
5	Amoladora de 7" -con extensión de 10 m	u	3
6	Manguera para Oxicorte, 06 conectores y 12 abrazaderas.	m	10
7	Chispero para oxicorte	u	6
8	Equipo de oxicorte 1 juegos de manómetro de gas y oxigeno	u	2
9	Cinta vulcanizante de 10 m 3M	u	2
10	Conectores Menekes Monofásicos y trifásicos	jgo	3
11	Cinta aislante	u	12
12	Alicate de electricista MARCA UYUSTOOLS- OTRO AMARILLO MARCA GERMANY	u	2
13	Alicate pinza	u	2
14	juego de destornilladores marca Camaza 6pcs- 06 unidades	jgo	1
15	Wincha metálica 8m	u	3

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
16	Nivel de mano	u	3
17	Escuadra metálica de 10"	u	3
18	Combas de 4libras-uyustools	u	4
19	Winchas de 3m (6unidades)-5m(6 unidades)	u	12
20	Escuadras de tope y de 24" 3 de c/u	u	3
21	Nivel de mano aluminio Stanley	u	3
22	Tenazas porta electrodo rojo-negro made in italy 600 amp.	u	2
23	Tablero Eléctrico	u	1

Cuadro 5.3 EPP'S

ELEMENTOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD			
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT
1	Uniformes de trabajo	u	30
2	Cascos de seguridad	u	50
3	Cinta de Señalización color Rojo y Amarillo	Kg	5
4	Botas de trabajo	u	30
5	Escarpines	u	10
6	Careta de seguridad para soldador	u	6
7	Careta de de protección para esmeril	u	10
8	Barbiquejos	u	36
9	CASCO BLANCO 3M	u	1

5.7 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA FABRICACIÓN

El proceso de fabricación se llevara a cabo en 42 días, se trabajó en forma paralela los tres módulos, tanto el corte, armado, soldado, arenado y finalmente el pintado. Incluimos un Diagrama de Gantt en MS-Projet en donde se puede apreciar los tiempos.

5.8 PROCESO DE FABRICACIÓN

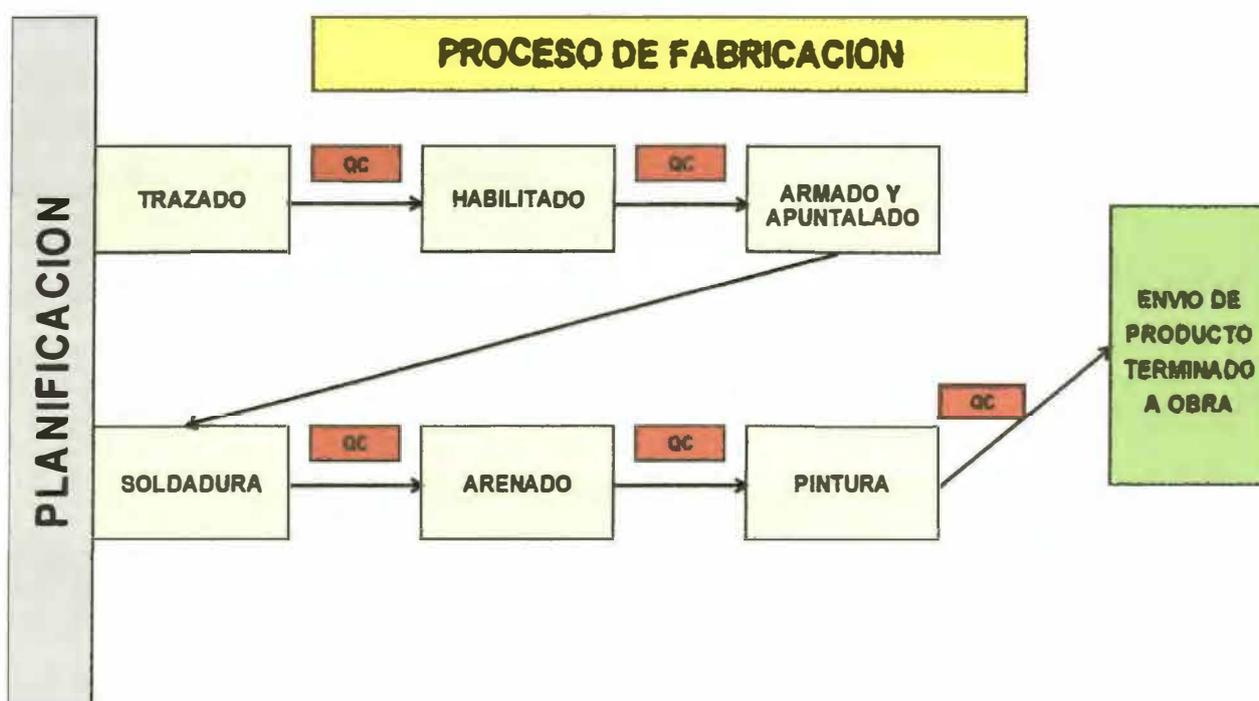


Fig. 5.1 Procesos de fabricación.

Requerimientos:

1. Orden de trabajo.
2. Planos de detalle.
3. Materiales equipos y maquinarias para fabricación.
4. Normas técnicas y acabados de fabricación.
5. Control de calidad y pruebas.

5.8.1 Inspección

- Inspeccionar si en el almacén existen todos los elementos de seguridad EPP.
- Se inspecciona todas las maquinarias, herramientas y accesorios respectivos su estado en que se encuentra, los porta-electrodos, los cables, el estado de los equipos, los arneses tienen que estar en perfectas condiciones no se acepta cola de arneses con salpicaduras de soldadura. Para esta obra se emplea arneses con cola de cables de acero.

5.8.2 Trazado y Habilitado

Antes deberá hacerse una inspección cuidadosa del material, con el objeto de enderezar aquellas piezas que, ya sea por defecto de la laminación o por mal trato en su manejo, hayan sufrido algún deterioro. El trazo y habilitado se realizara de acuerdo con los planos de taller respectivos, cuidando de respetar cada una de las medidas en ellos indicadas, solicitando además, la aprobación del Jefe de taller. El trazador deberá también ordenar la realización de las preparaciones de las piezas para efectos de soldadura, tales como biseles, cortes especiales y otros detalles particulares.



Fig. 5.2 Trazado de cartelería, accesorios para conexión
Fuente: Elaboración propia



Fig. 5.3 Habilitado de plancha y cartelería
Fuente: Elaboración propia

5.8.3 Armado y Apuntalado

El armado consiste en presentar sobre el trazo el conjunto de elementos que forman una pieza o un segmento de ella por armar. El armador deberá comprobar o rectificar cada uno de los cortes de los diferentes elementos, ajustándose siempre al trazo aprobado. Para facilitar el armado, deberán unirse las piezas entre sí por medio de puntos de

soldadura, lo suficientemente fuertes para que las piezas puedan moverse y voltearse sin correr el riesgo de que se rompan los puntos.

Detallamos el procedimiento para el armado del Tubest.

PASO 1:

Se deben disponer los perfiles OHM sobre la mesa de trabajo, provistos de tacos laterales para ajustar la sección del perfil Tubest y dar estabilidad lateral al conjunto, tal como lo indica la figura 1, para luego disponer sobre estos un perfil SIGMA y proceder a pinchar en forma intermitente cada 300 mm, la zona de contacto entre ambos perfiles, como se muestra en la figura 2.

Se recomienda disponer de un par de elementos en los extremos que sirvan de rigidizadores.

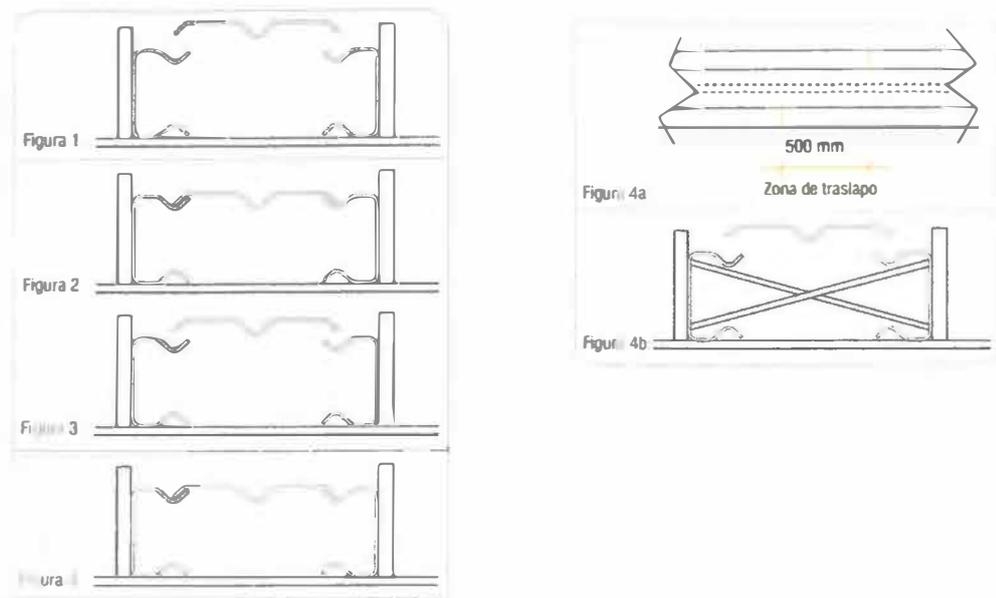
Para luces mayores a 8 metros poner en forma adicional, un elemento rigidizador en la mitad del tramo. Ver figura 4b

PASO 2:

Luego se da vuelta el conjunto antes formado, y sobre este se pone el otro perfil SIGMA, el cual se fija en forma provisoria con pinchazos de soldadura de la misma manera antes descrita. Ver figura 3 y 4

PASO 3.

A continuación se le debe dar la terminación final de soldadura, bajo los procedimientos que más adelante se describen.



OBSERVACIONES:

Cuando se formen perfiles Tubest cuyos largos obliguen a empalmar elementos. Estos deben hacerse de modo que la costura transversal no se produzca en una sola sección. Ver figura 4a.



Fig. 5.4 Fase intermedia donde se arman las vigas y columnas compuesta de sigma y ohm, y se suelda las uniones para tener un tubo cajón.
Fuente: Elaboración propia



Fig. 5.5 Armado de columnas y vigas, instalación de accesorios
Fuente: Elaboración propia

5.9 SOLDADURA

Según la AWS define una soldadura como una coalescencia (unión de dos metales en uno) localizada de metal, donde esa conglutinación se produce por calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte.

La *soldadura* es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos.

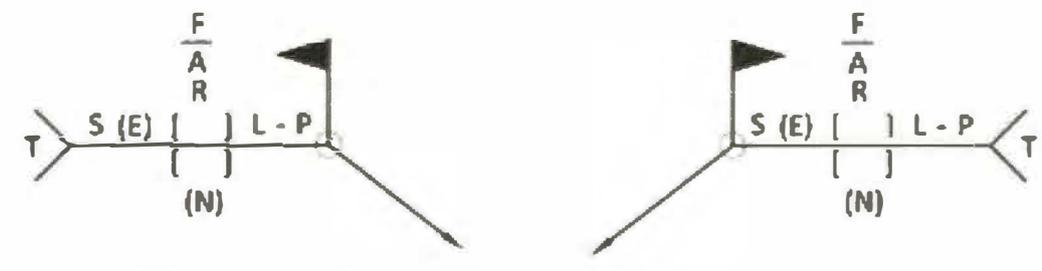


Fig.5.6 símbolos de soldadura

S = Profundidad del bisel o garganta.

(E) = Profundidad de la soldadura.

[] = Espacio para el símbolo del tipo de unión.

F = Símbolo del acabado (maquinado, martillado, etc.)

___ = Símbolo para el contorno de la soldadura.

A = Ángulo del bisel o de la V.

R = Separación entre las piezas a soldar, separación en la raíz.

(N) = Número de puntos de soldadura.

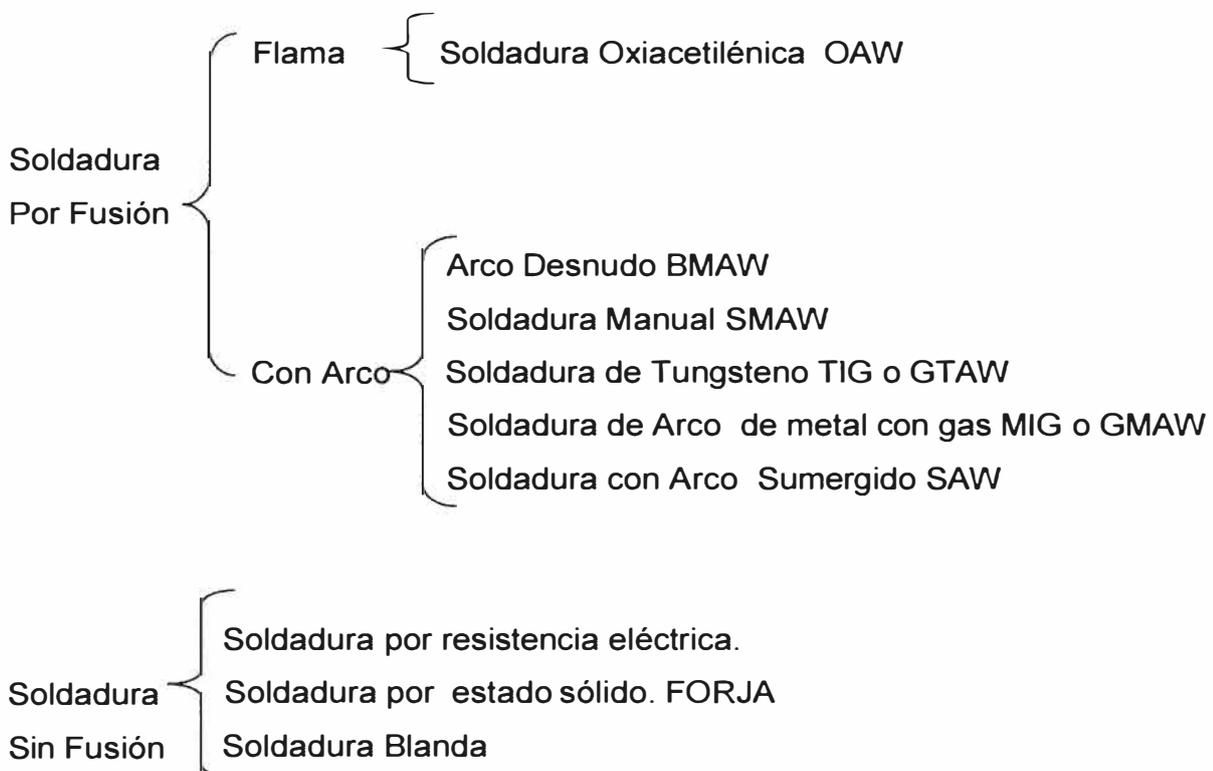
L = Longitud del cordón de soldadura.

P = Separación o paso entre cordones.

T = Proceso de soldadura, electrodo, tolerancias, etc. (Opcional)

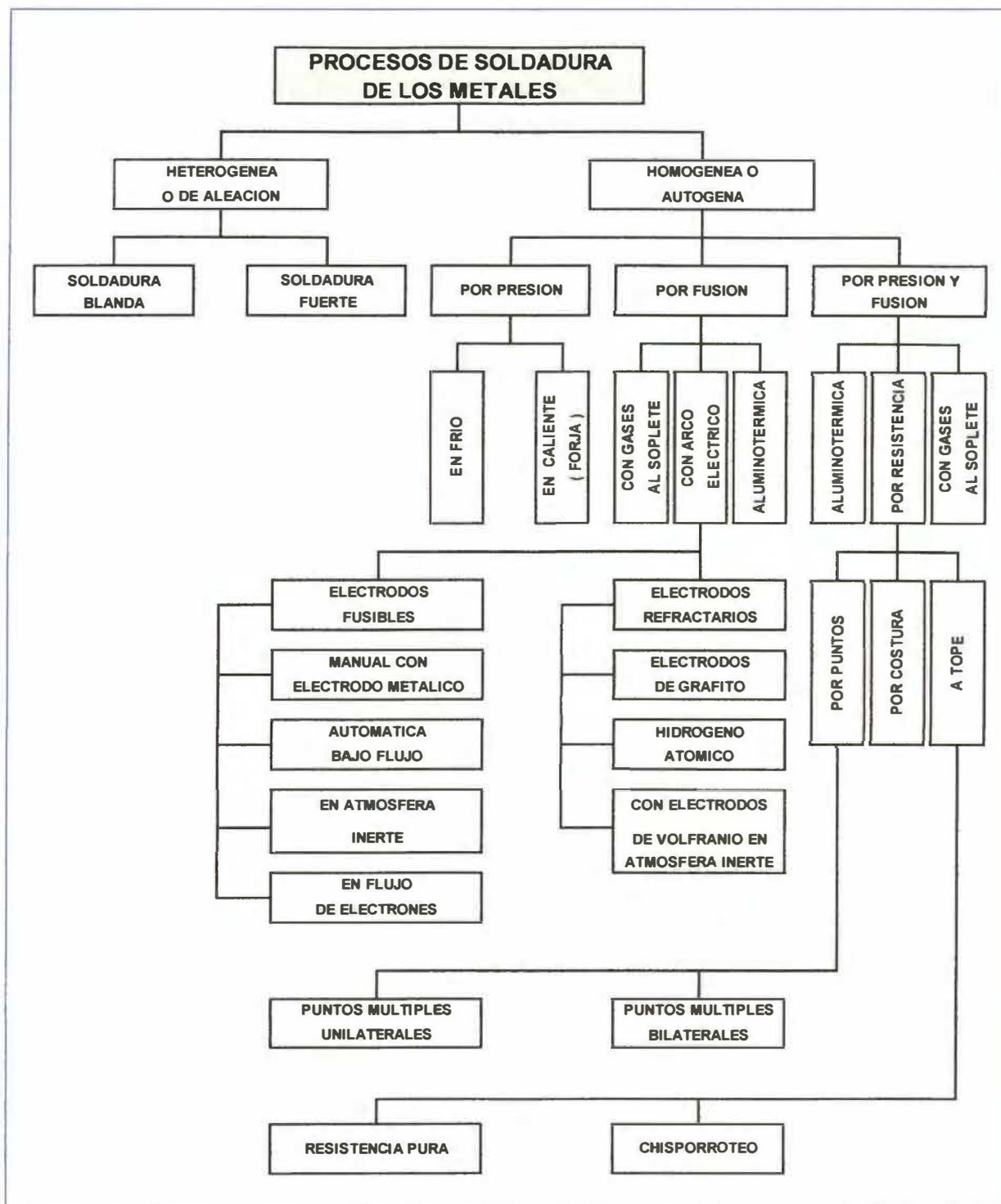
5.9.1 Tipos de Soldadura

Se pueden distinguir los siguientes tipos de soldadura:



Soldadura por fusión: se derrite el metal base y se agrega metal de aporte como relleno.

Soldadura sin fusión: No se derrite el metal base.



Cuadro 5.4 Tipos de soldadura. (Fuente: Procedimientos de unión: Soldadura - I.E.S. "Cristóbal de Monroy". Dpto. de Tecnología)

A continuación describiremos los procesos de soldadura y los tipos de unión utilizadas en la fabricación de las estructuras metálicas de las naves industriales, materia del presente informe:

5.9.2 Soldadura por Arco Eléctrico Revestido (SMAW)

En la actualidad, la soldadura eléctrica resulta indispensable para un gran número de industrias. Es un sistema de reducido costo, de fácil y rápida utilización, resultados perfectos y aplicables a toda clase de metales. Puede ser muy variado el proceso.

El procedimiento de soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura de varilla o soldadura manual de arco metálico, consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (fundente). Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Al ponerse en contacto los polos opuestos de un generador se establece una corriente eléctrica de gran intensidad. Si se suministra la intensidad necesaria, la sección de contacto entre ambos polos -por ser la de mayor resistencia eléctrica- se pone

incandescente. Esto puede provocar la ionización de la atmósfera que rodea a la zona de contacto y que el aire se vuelva conductor, de modo que al separar los polos el paso de corriente eléctrica se mantenga de uno a otro a través del aire.

Antes de iniciar el trabajo de soldadura se deben fijar las piezas sobre una mesa o banco de trabajo, de manera que permanezcan inmóviles a lo largo de todo el proceso. Durante la operación, el soldador debe evitar la acumulación de escoria, que presenta una coloración más clara que el metal. El electrodo ha de mantenerse siempre inclinado, formando un ángulo de 15° aproximadamente sobre el plano horizontal de la pieza, y comunicar un movimiento lento en zigzag de poca amplitud, para asegurar una distribución uniforme del metal que se va desprendiendo del electrodo.

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza. Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa. Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. El operario soldador ha de ser lo bastante hábil como para mantener el arco a la longitud

adecuada. Las temperaturas que se generan son del orden de 3 500 °C.

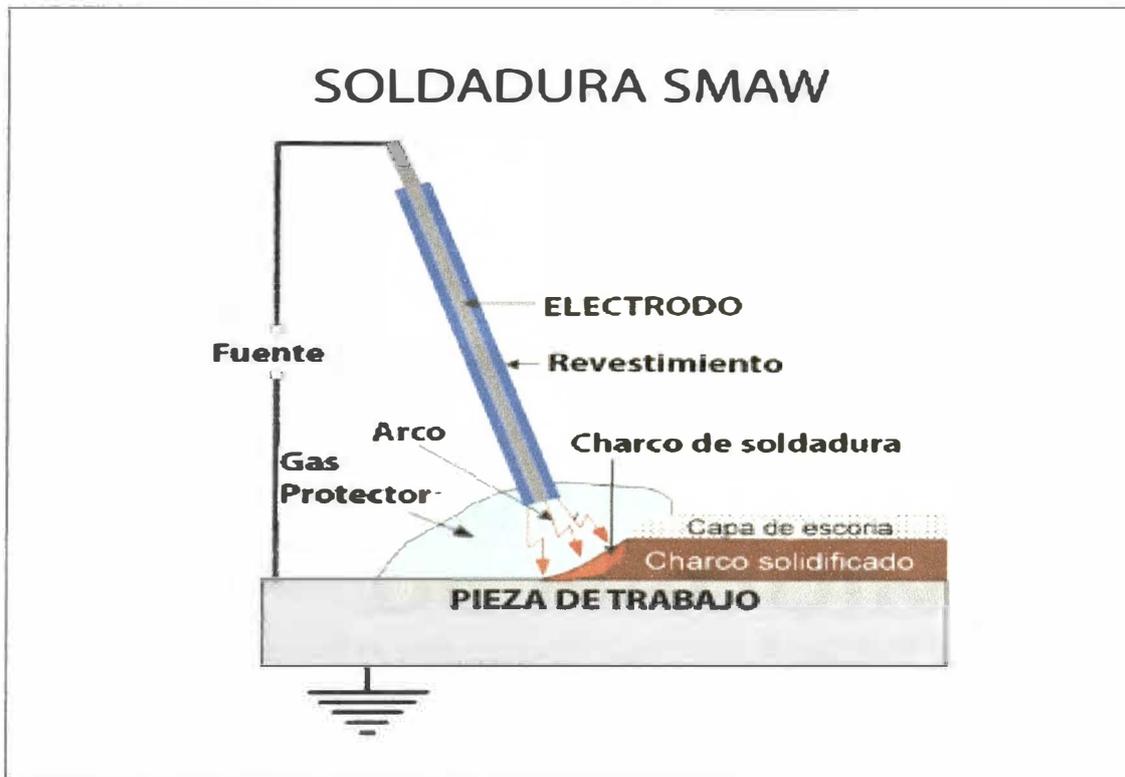


Fig. 5.7 Soldadura SMAW. (Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/>)

Todos los elementos que participan en la soldadura SMAW cumplen una función importante. Veamos porque:

El arco: el comienzo de todo proceso de soldadura por arco es precisamente la formación del arco. Una vez que este se establece, el metal de aporte y el fundente que lo recubre empiezan a consumirse. La fuerza del arco proporciona la acción de excavar el metal base para lograr la penetración deseada. Este proceso continua a medida que la soldadura se ensancha y el electrodo avanza a lo largo de la pieza de trabajo.

El metal de aporte: al derretirse, forman gotas que se depositan sobre la pieza de trabajo dando lugar al charco de soldadura, que llena el espacio de soldadura y une las piezas en lo que se denomina una junta de soldadura.

El fundente: se derrite junto con el metal de aporte formando un gas y una capa de escoria, que protege el arco y el charco de soldadura. El fundente limpia la superficie metálica, suministra algunos elementos de aleación a la soldadura, protege el metal fundido contra la oxidación y estabiliza el arco. La escoria se retira después de la solidificación.

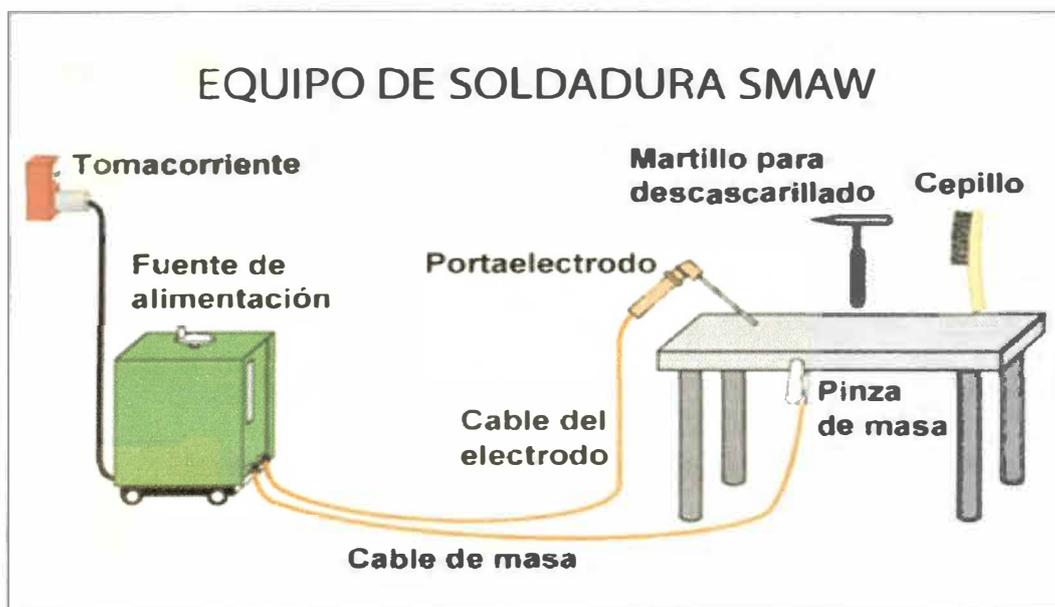


Fig. 5.8 Soldadura SMAW. (Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/>)

5.9.3 Aplicaciones y utilidades de la soldadura SMAW

Por razones de mayor productividad, calidad y rentabilidad, el proceso SMAW se ha ido reemplazando gradualmente. Sin embargo, la capacidad del proceso SMAW para lograr soldaduras en zonas de

acceso restringido significa que todavía encuentra un uso considerable en ciertas situaciones y aplicaciones.

La construcción pesada, tal como en la industria naval, y la soldadura “en campo” se basan en gran medida en el proceso SMAW. Y aunque dicho proceso encuentra una amplia aplicación para soldar prácticamente todos los aceros y muchas de las aleaciones no ferrosas, se utiliza principalmente para unir aceros, tales como aceros suaves de bajo carbono, aceros de baja aleación, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos, aceros de alta aleación, aceros inoxidables y diversas fundiciones. El proceso SMAW también se utiliza para unir el níquel y sus aleaciones y, en menor grado, el cobre y sus aleaciones, aunque rara vez se utiliza para soldar aluminio.

Ventajas

- Equipo simple, portátil y de bajo costo
- Aplicable a una amplia variedad de metales, posiciones de soldadura y electrodos
- Posee tasas de deposición del metal relativamente altas
- Adecuada para aplicaciones en exteriores

Desventajas:

- El proceso es discontinuo debido a la longitud limitada de los electrodos
- Por tratarse de una soldadura manual, requiere gran pericia por parte del soldador

- La soldadura puede contener inclusiones de escoria
- Los humos dificultan el control del proceso

5.9.4 Soldadura de Arco de Metal con Gas (MIG o GMAW)

Este procedimiento se basa en aislar el arco y el metal fundido de la atmósfera, mediante un gas inerte (helio, argón, hidrógeno, anhídrido carbónico, etc.). Existen varios procedimientos: con electrodo refractario (método **TIG**) y con electrodo consumible (método **MIG** y **MAG**).

Con electrodo consumible (método **MIG** y **MAG**).

La soldadura MIG: Es un proceso de soldadura al arco sumamente sencillo, aunque requiere de habilidades técnicas muy específicas, el proceso permite al operador una mayor continuidad en la operación, al utilizar un material de aporte continuo suministrado de forma automática y protegido con una atmósfera de gas.

El electrodo es un hilo de alambre continuo y sin revestimiento que se hace llegar a la pistola junto con el gas. Según sea el gas así recibe el nombre, (MIG = **Metal Inert Gas**) o **MAG** si utiliza anhídrido carbónico que es más barato.

La soldadura por arco eléctrico puede realizarse empleando corriente continua o alterna. La tensión más ventajosa en corriente continua es de 25 a 30 voltios, pero para cebar el arco al comenzar la tensión ha de ser de 70 a 100 voltios; por este motivo, es necesario intercalar una resistencia en serie que haga de regulador. La intensidad de corriente está comprendida entre 30 y 300 amperios, según la amplitud y la profundidad de la soldadura que se vaya a realizar. Las máquinas de

corriente alterna para soldadura llevan un transformador que reduce la tensión de la red, generalmente de 220 voltios, a la de soldadura (inferior a 70 voltios). Estos equipos son más sencillos y económicos; por eso son los más empleados, sobre todo para algunos trabajos que se realizan en pequeños talleres.

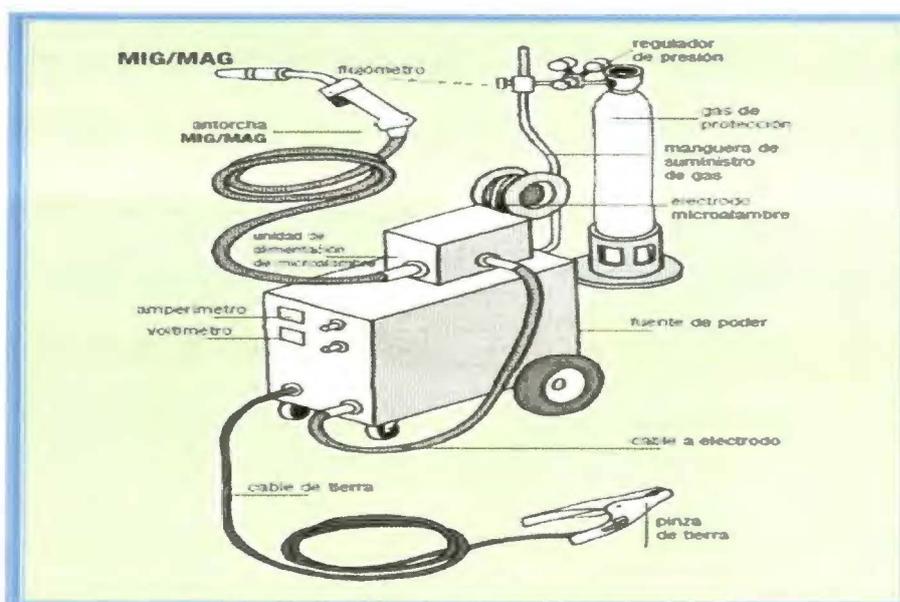


Fig. 5.9 Soldadura MIG. (Fuente: <http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/>)



Fig. 5.10 Soldadura MIG. (Fuente: propia taller IMC)

5.9.5 Aplicaciones y utilidades de la soldadura MIG o GMAW

Para empezar se puede decir que el proceso MIG demostró ser de alta utilidad en la soldadura racionalizada de aceros estructurales sin aleación y de baja aleación, hoy en día se puede poner al uso con aleaciones de aluminio y aceros estructurales de alta calidad, gracias a la técnica de arco pulsado. La característica de la técnica del arco pulsado es la transferencia controlada del material. En la fase de corriente a tierra, el abastecimiento de corriente se reduce a tal grado que el arco es apenas estable y la superficie de la pieza de trabajo es precalentada. La fase de corriente principal utiliza un pulso de corriente preciso para el goteo deseado. Se descarta un corto circuito no deseado con una explosión de gota, así como salpicadura descontrolada de soldadura.

El uso incrementado de técnica digital y microelectrónica ha adelantado al proceso de soldadura MIG en años recientes. Los resultados son fuentes de corriente cada día más ligeras, movimientos rápidos controlados y mejoras en el proceso de ignición. No importa cómo se constituya el proceso MIG, casi no hay restricciones técnicas en su aplicación, o en su calidad visual y metalúrgica.

5.9.6 Tipos de procesos de soldadura MIG

a) Semiautomático

La tensión de arco (voltaje), velocidad de alimentación del alambre, intensidad de corriente (amperaje) y flujo de gas se regulan previamente.

El arrastre de la pistola de soldadura se realiza manualmente.

b) Automático

Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente, y se aplican en forma automática.

c) Robotizado

Este proceso de soldadura, se puede robotizar a escala industrial. En este caso, todos los parámetros y las coordenadas de localización de la unión a soldar; se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la realiza un robot al ejecutar la programación.

Ventajas de la soldadura MIG

- La superficie soldada queda limpia y sin escoria.
- Permite soldar con mayor facilidad espesores delgados.
- El arco es visible y se puede soldar en cualquier posición.
- De todos los métodos de soldadura, el MIG es el que mantiene concentrado el material de aporte a través del arco.
- La velocidad de fusión del material de aporte es muy alta (se pueden lograr hasta 100 in/min) por lo cual se presenta menos distorsión en el material.
- La intensidad de corriente es más alta que con otros métodos.
- Con la soldadura MIG se consigue mayor penetración que con otros métodos.
- En las uniones en V se requiere un chaflán más pequeño que el empleado para soldar con electrodo revestido ordinario, lo cual implica menos material de aporte para llenar el chaflán y menos calentamiento.

- Grandes cordones sin interrupción.
- Eficiencia del electrodo del 98%.
- Hay un menor número de empalmes en cordones largos y hay pocas salpicaduras.

Desventajas de la soldadura MIG

- Mayor costo del equipo.
- Distancia limitada entre el equipo y el lugar de trabajo.
- Dificultada para trabajar al aire libre.
- Enfriamiento más rápido en comparación con otros métodos.
- Limitación en lugares de difícil acceso.
- Mano de obra calificada.

5.9.7 Tipos de Uniones a Soldar

a) Uniones de ranura o a tope.

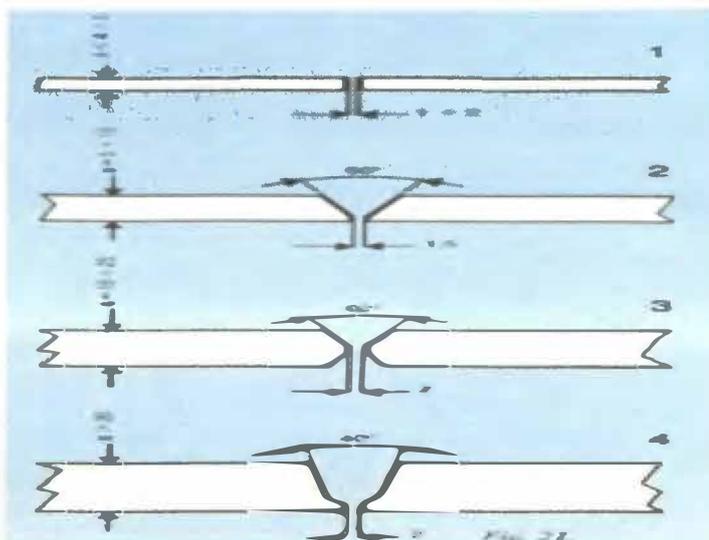
La preparación de las caras para este tipo de soldadura depende no solo del tipo de unión, también depende del espesor de las piezas a .

1.-Los bordes cuadrados se utilizan para espesores inferiores a **4 o 5mm**, para soldar en estos casos simplemente se acercan las caras de las piezas

2.-La preparación de las caras en V se utiliza para espesores entre 5 y 15mm.

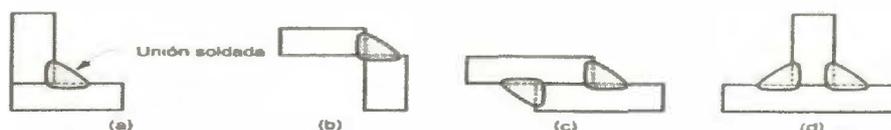
3.-La preparación en X o en V en ambos lados, se utiliza para espesores de lamina entre 15 y 25mm.

4.-Para espesores superiores a 20mm donde se desea soldar solo a un lado es aconsejable la preparación en U, ya que permite efectuar un buen depósito de material de aporte comparada con la de V.



b) Uniones de soldadura de Filete.

Se usa para llenar los bordes de las placas creadas mediante uniones de esquinas, sobrepuestas y en T. Se usa un metal relleno para proporcionar una sección transversal de aproximadamente la forma de un triángulo. Es el tipo de soldadura más común en la soldadura por arco eléctrico y en la de oxígeno y gas combustible porque requiere una mínima preparación de los bordes, ya que se usan los bordes cuadrados básicos de las partes. Las soldaduras de filete pueden ser sencillas o dobles (soldar en uno o ambos lados) y continuas o intermitentes, es decir soldadas en toda la longitud o con espacios sin soldar a lo largo de la orilla.



5.9.8 Inspección

Una vez soldada la pieza, deberá ser inspeccionada cuidadosamente, revisando cada una de las juntas, teniendo en cuenta el tamaño de la soldadura, longitud y el aspecto exterior de la misma. Para esto se recomienda usar una herramienta especial para poder remover la cáscara protectora de la soldadura. Deberá también revisarse la pieza soldada, con objeto de comprobar que no sufrió distorsiones en el proceso de soldado.

5.9.9 Pruebas, Verificación y Acabados

- Pruebas de soldadura de todas las estructuras. Se verifica el diámetro del cordón, porosidades, cristalización, socavaciones, soldadura empleada, acumulación de soldadura. Para el caso de vigas y columnas se emplea la prueba de líquidos penetrantes. Si hay defectos se subsanara. Pero teniendo en cuenta que estos trabajos ocasionan trabajos de no calidad.
- Verificación de medidas, alineamiento y encuadrado, etc.
- Marcado de elementos terminados y pintados para poder identificarlos en el montaje.

5.9.10 Formatos de Control

		SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD				RF-04/09							
		REGISTRO DE INSPECCION DIMENSIONAL Y VISUAL DE SOLDADURA				Fech: 15/11/2013 Rev. 1 Pág.: 1 de 1							
PROYECTO:	_____	TIPO DE ESTRUCTURA:	_____	REVISIÓN:	_____								
CLIENTE:	_____	CODIGO:	_____	FECHA:	_____								
		PLANO:	_____										
1. INSPECCION DIMENSIONAL													
CONFORMIDAD DEL MATERIAL				RESULTADOS DE LA INSPECCION FINAL									
ITEM	DESCRIPCION	COMENTARIO	RESULTADO	NORMA APLICABLE	OBSERVACION	CORRECCION	RESULTADO						
1	Conexión, Ubicación de Elementos			ASC / AWS D1.1									
2	Inspección de elementos Principales												
3	Camber y/o Sweep			INSPECTOR QA / QC									
4	Ubicación de Clips y/o Cartela												
5	Corte y/o Destaje												
6	Codificación												
LEYENDA:		C = CONFORME		NC = NO CONFORME									
2. INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA													
IDENTIF. DE JUNTA	TIPO DE JUNTA	PROCESO DE SOLDADURA	TIPO DE ELECTRODO	WPS	STAMPA DEL SOLDADOR	CATETO DE SOLDADURA mm		GARGANTA DE SOLDADURA mm		FECHA DE INSPECCION	RESULTADO		
						NOMINAL	REAL	NOMINAL	REAL				
ITEM	DESCRIPCION	COMENTARIO	RESULTADO	INSPECTOR QA / QC	OBSERVACIONES:								
1	Inspección Visual de la Soldadura				_____								
2	Limpieza Mecánica				_____								
3	Acabado				_____								
LEYENDA:		C = CONFORME		NC = NO CONFORME		PG = POROSIDAD AGRUPADA		PA = POROSIDAD AISLADA		SO = SOCAVACIÓN		FF = FALTA	
		FC = FALTA CATETO		FG = FALTA GARGANTA		CI = CORDÓN IRREGULAR		OTR = OTROS					
Firma:				Firma:									
Elaborador por: CONTROL DE CALIDAD - IMC				Aprobado por: REPRESENTANTE DEL CLIENTE									
Nombre:				Nombre:									

		SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD		QC-RS-10					
		REGISTRO DE LIQUIDOS PENETRANTES		FECHA	25/05/2013				
		PROYECTO:		REVISIÓN	1	HOJA Nº	1 de 1		
1. Información General									
Descripción de la Pieza :		Reporte Nº	:						
Zona de Inspección :		Dimensiones	:						
Acabado Superficial :		Tipo de Material	:						
Cliente :		Fecha de Insp.	:						
Proyecto :		Lugar de Inspección	:						
2. Material utilizado									
Item	Removedor	Penetrante		Revelador					
Marca	GANTESCO	GANTESCO		GANTESCO					
Codificación	C101 - A	P101 - A		D101 - A					
Método	B (Método E- 1220, lavable por solvente)								
Tipo	II (Tinte penetrante visible)								
3. Condiciones del Examen									
Procedimiento Nº	PRO-01	Revisión: 01	Norma	AWS D1.1 - 2010					
Tiempo de Penetración	10 minutos		Tiempo de Revelado	10 minutos					
Criterio de Aceptación	AWS D1.1 SECCION VI		Tipo de Iluminación	Luz Natural					
Observaciones :									
4. Grafico :									
Nº	Nº Junta	Plano	Dimensión ml	Codigo Soldador	localización de las Indicaciones	Forma de Indicaciones		Dimensión de la Indicación	Resultado
						Lineal	Redonda		
									OK
defectos de soldadura									
IP	Falta de Penetración	GP	Porosidad Aislada	C	Fisura Transversal				
IF	Falta de Fusión	CP	Porosidad Anidada	IU	Mordedura/Socavadura Interna				
ESI	Eseoria Alargada	CL	Fisura Longitudinal	EU	Mordedura/ socavadura externa				
IC	Cordón Irregular	A	Aceptado						
CONTROL DE CALIDAD - IMC			PRODUCCION-IMC			SUPERVISOR-CLIENTE			
FECHA			FECHA			FECHA			

5.10 RESULTADOS DE FABRICACION

Los resultados de fabricación serán presentados a la gerencia en un informe detallado, considerando tiempo de trabajo, deficiencias encontradas o elementos de protección que no se tomó en cuenta o si hubo o no incidentes o accidentes durante el proceso de fabricación.

5.11 SISTEMA DE PROTECCION SUPERFICIAL

5.11.1 Limpieza y Pintura

Existen diferentes métodos de limpieza, dependiendo del grado de corrosión o impurezas que contengan los materiales. Las especificaciones a tener en cuenta son los siguientes:

A) Solventes

Estas especificaciones cubren el procedimiento requerido para usar solventes en superficies de acero, tanto antes de aplicar la pintura como para remover escamas, oxido o recubrimientos. Este es un procedimiento que se utiliza para remover materiales contaminantes como grasas, aceites y tierra con el uso de los solventes, pudiéndose utilizar como preparación de la superficie para la aplicación de la pintura o recubrimiento.

El aceite o las grasas pueden retirarse con cualquiera de los siguientes métodos:

- 1º Humedeciendo los cepillos con los solventes se limpiará la superficie.
- 2º Mojando totalmente la superficie con el solvente.
- 3º Por inmersión total del material en tanques con contenido de solventes. El cemento y la tierra son retirados de la superficie con cepillo o con soluciones

alcalinas o con la combinación de ambos. La utilización de emulsiones están sujetas a una condición, que después de la aplicación de las emulsiones se tendrá que lavar la superficie con agua caliente, teniendo cuidado de que no queden residuos de la emulsión en la superficie.

B) Herramientas manuales

Estas especificaciones se siguen para la preparación de superficies metálicas para ser pintadas, con el retiro de escamas, oxidación y pintura existente, por medio de un cepillado, raspado o con alguna herramienta manual de impacto. Con este método no se garantiza que se retire el 100% de las impurezas, quedarán las que se encuentren incrustadas en el material.

C) Herramientas mecánicas

Estas especificaciones se siguen para limpiar superficies de metal y quitar escamas, oxidación y pintura; pero con la utilización de herramientas eléctricas o neumáticas, como pueden ser martillos, cepillos o discos abrasivos.

D) Limpieza con flama en acero nuevo

Se realiza aplicando calor mediante flamas de oxiacetileno aumentando la temperatura a materiales que no han sido pintados, para poder retirar los residuos de escamas u oxidaciones. Este método tiene la ventaja sobre los otros que la pintura se puede aplicar en menor tiempo, ya que es un método seco a diferencia de los antes mencionados.

E) Chorro de arena o granallado

Estas especificaciones se utilizan para preparar superficies metálicas para ser pintadas, por medio de materiales abrasivos y fuerzas centrífugas, garantizando con éste el retiro de toda impureza suelta o incrustada en el material, cuando la superficie tenga un color uniforme indicará que está completamente lista para ser pintada o que está limpia de pintura.

5.11.2 Aplicación de la Pintura

La aplicación de la pintura sobre superficies de acero se hace normalmente con brocha o con pistola de aire, con cualquiera de estos dos métodos de aplicación se puede garantizar un recubrimiento satisfactorio de las superficies, se utiliza la pistola de aire cuando el área o superficie es demasiado grande, con lo cual se obtiene un ahorro en el tiempo d

El proceso de pintar las superficies tiene tres propósitos fundamentales:

- i. Proteger la superficie.
- ii. Darle utilidad.
- iii. Mostrar una apariencia que sirva como acabado y decoración.

Los materiales usados en el pintado se pueden dividir en dos grandes grupos:

1°.- Neutros, tales como los barnices y las lacas.

2°.- Pigmentos, tales como los primarios, vinílicos y de aceite

Sus componentes básicos son:

- Imprimante, es la primera capa que se aplica a la superficie.
- Capa intermedia.
- Capa final o acabado con las siguientes características:

Aumenta la resistencia química de la protección, brinda resistencia a la abrasión y al desgaste y además proporciona color y brillo. Para nuestro caso se utilizó la pintura Sherwin Williams

La recomendación técnica impartida para proteger la superficie está compuesta por un sistema de pintado que abarca:

- La preparación de la superficie a pintar

Realizado el arenado al metal blanco SSPC SP5, antes de aplicar la primera mano de pintura debe limpiarse la superficie con trapo limpio y seco o aire comprimido.

- El número de capas por pintar.
- El orden de aplicación de cada una de las capas.
- El espesor necesario que garantice la suficiente protección.
- El tiempo de secado entre cada capa.

Se deben de evitar la formación de palomas, que son pequeñas áreas sin pintura o de huecos de agua, que son áreas aún más pequeñas sin pintura y que al reventar forman pequeñas burbujas, generalmente originadas por el solvente propio de la pintura.

Este proceso también es sujeto a una inspección en la cual se revisa tanto las especificaciones de la pintura que se va a utilizar como el terminado que se le da a la superficie ya pintada. En algunos contratos en especial se pide un

determinado espesor de la capa de pintura, el cual se debe revisar constantemente con un micrómetro.

Las piezas antes de salir del taller, deberán llevar en varias partes visibles de la misma, su marca y orientación correspondiente, de acuerdo con los planos de montaje. Con estas consideraciones las piezas están en condiciones de embarque.



Fig. 5.11 Aplicación de arena a presión. Tratamiento superficial SSPC SP5
Fuente: Elaboracion propia



Fig. 5.12 Pintado de estructura.
Fuente: Elaboracion propia

CAPITULO VI

MONTAJE

6.1 GENERALIDADES

El proceso de montaje, se lleva a cabo en el sitio de la obra, y el cual es parte muy importante en el resultado de planear una obra con estructura metálica.

La estructura metálica está compuesta por elementos totalmente prefabricados, por lo tanto el proceso de montaje consiste en el acomodo ordenado, y previsto en la fabricación de éstos elementos y que dan como resultado el conjunto estructural proyectado.

Aprovechando la prefabricación de la estructura, un montaje bien programado y contando con equipos y mano de obra adecuados, deberá desarrollarse en un tiempo menor al necesario por otro procedimiento con fabricación en el sitio. Considerando que la participación de la mano de obra en este proceso es importante, se procura que esta sea aplicada dando las mayores facilidades al operario y por consiguiente se esperan los mejores resultados.

Un factor muy importante en la recomendación anterior, es el diseño de las juntas de campo, pues una solución adecuada de éstas da como resultado una fácil y confiable aplicación de la mano de obra y una junta libre de fallas y dentro de normas.

El control de calidad en el montaje se reduce a la vigilancia en la geometría de la estructura, en lo que se refiere a plomos, ejes, niveles y a la eficiencia de las juntas.

Es importante hacer notar que, con un cuidadoso montaje de la estructura en que, en su primer tramo, se respetaron niveles, plomos y posición de ejes, queda prácticamente garantizada la geometría del resto de la estructura, pues es norma de fabricación, el respeto a éstos condicionamientos.

Por lo que se refiere a las juntas de campo, especialmente las soldadas, son sometidas a un control de eficiencia con inspecciones adecuadas y procedimientos normados, que se inician con la selección y calificación de los operadores, aprobación de procedimientos, elección de los materiales y pruebas finales, con procedimientos adecuados para cada tipo de junta.

Con estos procedimientos y controles que se llevan a cabo durante el montaje de una estructura metálica, se obtiene una obra con la geometría correcta, con juntas resueltas con una gran eficiencia que responden fielmente a las consideraciones de diseño.

6.1.1 Embarque de las Piezas a la Obra

Después de que el encargado del montaje, el encargado de la obra civil y el de la supervisión llegan a un acuerdo en la forma de atacar la obra y se elaboró un programa de montaje con fechas de entrega, entonces es responsabilidad del residente el hacer la secuencia de los embarques que el fabricante mandará a la obra, ya que de esta forma se eliminan casi al máximo los almacenajes de las piezas en el sitio.

Uno de los aspectos más importantes para que un montaje sea redituable, es el cuidado que se tenga en la coordinación del fabricante con el montador para

que no se interrumpan los embarques de las piezas de la obra, teniendo de ésta forma un avance continuo y garantizado.

Una descripción de esta actividad puede ser la siguiente:

El fabricante en coordinación con el encargado del montaje, elabora una remisión (forma anexa) dirigida a la obra con una descripción de las piezas embarcadas, tanto en dimensiones con marcas que les correspondan a cada una de ellas.

El jefe del taller es la persona que realiza y verifica que la remisión corresponda con lo que se va a embarcar, y el mismo da la autorización para la salida de esas piezas de la planta.

6.1.2 Recepción y Manejo del Embarque en la Obra

La persona encargada del montaje tiene que revisar la remisión de embarque que le envió el fabricante y checar que este correcto y completo el embarque.

Es muy importante que el personal que trabaje en el montaje de estructura metálica, tenga el conocimiento básico en el manejo de las maniobras, lo cual implica una gran responsabilidad, pues la falta de esos conocimientos pone en peligro la integridad física del personal, así como el equipo o material que se esté manejando.

La persona responsable del montaje debe solicitar un lugar en la obra para poder descargar las piezas y almacenarlas hasta su montaje, en caso de que el espacio sea tan reducido para no poder almacenar material se tendrá que coordinar con mayor precisión con el fabricante los embarques, ya que tendrá que descargar y montar inmediatamente.

6.1.3 Preparación de las Piezas en la Obra

El ensamble de las piezas se hace siguiendo una secuencia lógica y teniendo mucho cuidado de que coincidan las marcas que nos indican los planos de montaje.

Por lo general, las dimensiones de las piezas son demasiado grandes en cuanto a su longitud se refiere, por lo que la fabricación se tiene que realizar en secciones para poderlas transportar. Es por esta razón que existen las llamadas soldaduras de campo o preparación de piezas de las que hablaré adelante.

Este procedimiento de fabricación exige al fabricante tener especial cuidado en el marcado de las piezas, para evitar toda confusión de la gente de obra y poder terminar el trabajo de fabricación en la obra sin errores.

Para poder realizar estas soldaduras en el campo es recomendable habilitar una zona cerca del lugar de montaje de las piezas, para que de ésta forma evitemos el mayor manejo o traslado de las piezas, ya que por lo general el equipo con el que se cuenta es un equipo de izaje y no de traslado de piezas.

Las soldaduras se tienen que realizar con total apego a las especificaciones de los planos de montaje y tendrán que ser revisadas o supervisadas por el fabricante.

Hay que tomar en cuenta tres aspectos fundamentales para la realización de los trabajos de soldadura de campo que son:

1° Que las secciones que estamos trabajando coincidan en marcas con las indicadas en el plano de montaje.

2° Asegurarse que las piezas estén completamente listas para ser soldadas, con esto quiero decir que tienen que estar completamente alineadas y niveladas en ambas direcciones.

3° Por último, que las partes que se van a soldar o las que van a recibir la soldadura estén limpias y con la preparación adecuada.

6.1.4 Montaje

Los diseños estructurales se deben preparar con una consideración muy amplia de la forma y facilidad con que pueden hacerse el montaje en la obra. Se debe planear el arreglo, la cantidad, tipo y localización de los empalmes y conexiones de campo, para evitar la duplicación necesaria del equipo de construcción y proporcionar el plan de montaje más simple posible, con un mínimo de trabajo de campo.

Una planeación cuidadosa del diseño en relación con el montaje, reducirá al mínimo el costo total del proyecto.

6.1.5 Cronograma de Actividades

El departamento de obras dispone de un cronograma de actividades en donde se indica la secuencia a seguir y el tiempo que va a tomar este proceso de montaje.

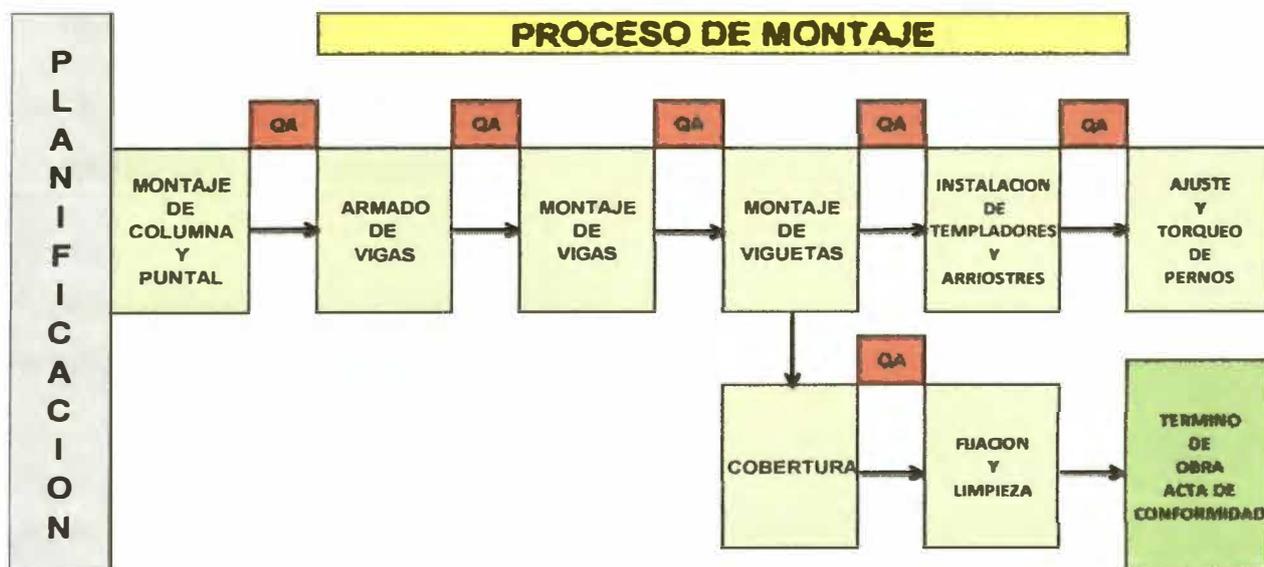


Fig 6.1 Proceso de montaje

6.2 OPERACIÓN DE MONTAJE

Las operaciones de montaje se dividen en grupos de trabajo tales como

- Montaje de columnas
- Instalación de vigas
- Instalación de viguetas
- Instalación de arriostres
- Instalación de cubierta de techo.

El montaje se realiza con el personal que estuvo en la fabricación y con el apoyo técnico de un maestro de obra montajista y la supervisión de un ingeniero residente.

Por la longitud del pórtico de 20.0 m de luz, se seleccionaron 01 grúas telescópicas de capacidad cada uno de 10 ton., con largo de pluma 22 m.

El montaje de las estructuras se hace fácil y en poco tiempo cuando las piezas fabricadas coinciden en el armado, cuando hay el apoyo de equipos especiales para el montaje y se cuenta con un personal experto.

Se busca optimizar el trabajo haciendo que las estructuras no queden forzadas por defecto de fabricación, alineamiento, plomada, encuadrado y que las juntas de dilatación se mantengan dentro de las tolerancias permisibles para el montaje.

6.3 REQUERIMIENTO PARA EL MONTAJE

6.3.1 Materiales

Los materiales para el montaje son todos los elementos fabricados y adquiridos para el montaje. Sin embargo en el ensamblaje se requiere

elementos consumibles, soldadura, pintura de retoque, oxígeno, acetileno, discos de desbaste, discos de corte etc.

6.4 MANO DE OBRA

Es importante destacar que todo el personal tendrá la suficiente experiencia en el trabajo de montaje, soldadura, ayudantes y todos estén asegurados con póliza SCTR.

6.5 PERSONAL MONTAJISTA.

- 01 Residente de obra.
- 01 Prevencionista de seguridad.
- 01 Capataz.
- 08 Operarios Montajistas.
- 04 Ayudantes de montaje.

6.6 MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ADICIONALES.

- Cuerpos de andamios tipo acro, en la cantidad según necesidades propias de la Obra.
- 01 grúa telescópica de capacidad 10 Ton.
- 05 Kg. Cinta de Señalización color rojo y amarillo
- 12 Arneses con doble línea de vida
- 01 Taladro para metal (Contingencia)
- 100 ml Soga de 3/4" (para maniobra)
- 200 ml de línea de vida de cable de acero de 1/2
- 200 ml Cable Vulcanizado Monofásico
- 01 Plomada de metal

- 03 Tecles de 03 Ton.
- 01 Torquimetro 200-1000 Lb-Ft
- 01 Tablero Eléctrico
- 02 Esmeriles de 7”
- Llaves corona y boca en medida respectiva de pernos a utilizar
- 03 Extintores PQS 12 kg.
- 08 Un Llave Francesa de 10”
- 06 Un Llave Francesa de 12”
- 01 Baúl de herramientas.
- 02 Rectificadores
- EPP de acuerdo a la tarea específica

6.7 PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Se formaron grupos para poder cumplir con el programa de ejecución de obra, los grupos están conformados por soldadores, montajistas y ayudantes.

6.8 TIEMPO DE EJECUCION DE MONTAJE

El tiempo de ejecución del montaje es de 60 días, en anexo se adjunta programación de obra.

6.9 SECUENCIA DE MONTAJE

6.9.1 Objeto

El objeto de este procedimiento es describir la secuencia de tareas que se deben cumplir para ejecutar los trabajos de construcción en el Montaje de las Estructuras Metálicas.

Dar los lineamientos técnicos y requerimientos generales de seguridad, desarrollo, mecanismos y medios a emplear a fin de realizar las labores de montaje de estructuras metálicas.

6.9.2 Alcance

Este procedimiento será aplicable al montaje de Estructuras Metálicas, y será cumplido y avalado por el Gerente de Proyecto, Jefe de Proyecto, Residente de Obra, Supervisor de Seguridad y al personal técnico involucrado en la ejecución de los trabajos.

6.9.3 Definiciones

- *Columna Metálica:* Elemento estructural conformado por la unión soldada de planchas metálicas compuesto por sigma y ohm, además llevarán una placa de 1" de espesor como base de anclaje a la cimentación existente. En este caso servirán para el apoyo de las estructuras metálicas del techo.
- *Vigas Metálicas Principales:* Elementos estructurales reticulados conformados por la unión soldada de planchas metálicas compuesto por sigma y ohm. Según sea el caso del diseño definiendo secciones triangulares y rectangulares que se apoyarán en las columnas metálicas.
- *Correas o Viguetas Metálicas:* Elementos estructurales topo Z o C de 2.0mm o 3.0mm de espesor, que servirán como soportes laterales de las vigas metálicas principales.
- *Viga puntal:* Elemento estructural que sirve para apuntalamiento entre pórticos.

6.9.4 Documentación aplicable

Son de aplicación para la ejecución de los trabajos, el uso de especificaciones técnicas del proyecto, normas aplicables y planos aprobados para construcción en su última revisión. Los planos necesario son:

- Planos de Montaje de Estructuras Metálicas
- Planos de Ubicación de Columnas

6.9.5 Responsabilidades

Jefe de Proyecto

- Mantendrá una coordinación permanente con el CLIENTE para la correcta y oportuna ejecución de las actividades correspondientes, así como de facilitar los recursos tanto materiales como humanos para que se cumplan con los trabajos del presente procedimiento.

Residente de Obra

- Dirigirá y supervisará las actividades en campo, de acuerdo al procedimiento establecido.
- Responsable de cumplir y hacer cumplir las normas de salud, seguridad y calidad establecidas.
- Responsable de tener permisos aplicables a este procedimiento en forma oportuna.

Capataz

- Inspeccionará que las actividades propias del montaje se cumplan de acuerdo al procedimiento establecido.

- Coordinará las actividades en campo conjuntamente con el Ing. Residente de Obra.
- Verificará que los trabajos se realicen respetando los procedimientos establecidos y controlando la calidad, salud y seguridad.
- Instruir al personal mediante el desarrollo diario del ATS y cumplir el procedimiento propuesto.

6.9.6 Desarrollo

- El Ingeniero Residente de Obra se hará cargo de gestionar los correspondientes permisos de trabajo, permiso general de trabajo seguro, permiso de trabajo en altura, permiso de trabajos en caliente, etc., es decir los permisos de trabajos que sean convenientes solicitar al CLIENTE para la ejecución autorizada de los trabajos.
- Para este ítem, la coordinación entre la entidad CONTRATANTE y CLIENTE ha de ser constante y precisa.
- Antes de iniciar la actividad diaria el Ing. Residente de Obra, así como el Maestro Montajista desarrollarán junto con el personal involucrado realizarán la charla diaria de seguridad (5 min.), supervisarán el área de trabajo, equipos, EPP'S según formato de check list.

a) TRABAJOS PREVIOS:

- Revisión de planos de Montaje.

- Verificación de Terreno, trazo y replanteo si así fuera el caso.
- Habilitado y traslado de todos los materiales, equipos y herramientas requeridos para la ejecución de los trabajos. Este traslado puede realizarse mediante una tráiler con plataforma.
- Habilitación de zona de acceso para ingreso de tráiler con plataforma y grúa telescópica.
- Demarcación del área de trabajo tanto de montaje como de pre-ensamble y del lugar donde se almacenan las estructuras, señalizando la zona con cinta roja en el nivel, con carteles de peligro, con cachacos, para el inicio de la actividad.
- Habilitación de punto de energía para corriente de 220 Voltios, la que se utilizará para conexión de herramientas eléctricas de mano.
- Armado de cuerpo de andamios (tipo ACRO).
- Verificación de todos los equipos y herramientas de trabajo que se utilizaran en el montaje.
- Colocación de barras de anclaje durante la colocación del encofrado de pedestales.

b) MONTAJE DE ESTRUCTURA:

- Apoyo de topógrafo para definición de ejes y medidas, alineamiento de marco de estructura para cobertura en base, caso contrario, se respetará la ubicación de los anclajes en las cimentaciones de concreto.
- Se identificará y colocará las columnas y vigas en su posición de montaje, se realizará el pre-ensamble de las vigas principales (pórticos).

- Se nivelara las contratuercas, donde se apoyaran la placa base de la columna metálica.
- Para el montaje de pórticos, se colocarán las piezas en posición para su armado, se ensamblarán con los pernos de acuerdo a la posición de las bridas fijadas en los elementos y los planos de montaje.
- Los pernos de \varnothing 1" A325 llevarán un ajuste de 637 Lb-pie, Los pernos de \varnothing 5/8" A325 llevarán un ajuste de 148 Lb-pie. Los pórticos se colocarán previamente en posición tal que coincida la plancha superior y ménsula de las columnas.
- Se armarán 04 torres de andamios (dos a cada extremo del pórtico en posición de las columnas ya colocadas, con una altura no menor de 6.6 metros, 02 cuerpos de andamios), a partir de aquí se izaran todas las vigas principales armadas con dos grúas de capacidad de 5 ton. El primer pórtico izado se arriostrará con vientos conectados a cumbrera y anclados a nivel de piso, para asegurar su estabilidad.
- El proceso de armado de pórticos debe repetirse para cada eje de la estructura.
- El montaje de la viga puntal se realizará con armado de 02 torres de andamios (una a cada extremo del anclaje de la vigueta). El izaje se realizará a pulso del personal montajista, una vez alcanzada su posición se colocarán y ajustarán los pernos según planos de montaje y ajustados conforme a lo indicado en el presente documento.
- Ajuste y torqueo de todas las conexión empernada de acurdo a cada tipo de perno según el caso fuera A325 Y A307.

- Retoque de pintura en zonas locales donde se aprecia raspones en la estructura producto del transporte, maniobra, etc.



Fig. 6.2 Montaje de columnas y puntales
Fuente: Elaboración propia

c) TRABAJOS POSTERIORES AL MONTAJE:

- Desmontaje de andamios para movilización hacia otro eje de montaje para la estructura. Demostrar el terreno en buenas condiciones se desplazará hasta 02 cuerpos de andamios armados.
- Limpieza de área.
- Retiro de equipo y herramientas del área de trabajo.

CAPITULO VII

COSTOS

7.1 GENERALIDADES

Los costos operativos directos por la construcción, fabricación y montaje comprenden, los costos directos, siendo necesario mencionar los elementos que conforman las operaciones a seguir.

1.2.1 Costos directos

Es aquella inversión que se puede identificarse directamente en la construcción.

- Adquisición de materiales, consumibles.
- Sueldo de trabajadores.
- Alquiler de equipos y herramientas a terceras personas.

7.1.1 Costo indirecto

Es aquel que no está atribuido a la construcción directamente. Ejemplo:

Pago de alquiler de oficina, teléfono, luz, etc.

Pago de seguros e impuestos.

7.2 COSTOS DE FABRICACION DE ESTRUCTURAS.

Los componentes directos son los siguientes

7.2.1 Mano de obra de fabricación

Está conformado por los trabajadores de taller de la fabricación de las estructuras metálicas.

Cuadro 7.1 de mano de obra en fabricación

ITEM	CATEGORIA	T/H/T	COSTO/HH	COSTO (S/.)
1	RESIDENTE	306.00	17.50	5,355.00
2	TECNICO QC	306.00	13.75	4,207.50
3	ALMACENERO	306.00	11.25	3,442.50
4	CAPATAZ	306.00	11.25	3,442.50
5	ARMADOR	306.00	8.75	2,677.50
6	ARMADOR	306.00	8.75	2,677.50
7	ARMADOR	306.00	8.75	2,677.50
8	ARMADOR	306.00	8.75	2,677.50
9	ARMADOR	306.00	8.75	2,677.50
10	SOLDADOR	306.00	11.25	3,442.50
11	SOLDADOR	306.00	11.25	3,442.50
12	SOLDADOR	306.00	11.25	3,442.50
13	SOLDADOR	306.00	11.25	3,442.50
14	PINTOR	306.00	8.75	2,677.50
15	PINTOR	306.00	8.75	2,677.50
16	OFICIAL	306.00	6.88	2,105.28
17	OFICIAL	306.00	6.88	2,105.28
18	OFICIAL	306.00	6.88	2,105.28
19	OFICIAL	306.00	6.88	2,105.28
20	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78
21	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78
22	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78
23	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78
24	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78
25	AYUDANTE	306.00	5.63	1,722.78

COSTO TOTAL S/. 67,717.80

7.2.2 Equipos y maquinas

Los equipos y herramientas principales empleadas son:

Cuadro 7.2 Equipos y Herramientas

ITEM	CATEGORIA	CANT	TIEMPO	SOLES/DIA	COSTO (S/.)
1	MAQUINA DE SOLDAR MIG - TRIFASICO	4.00	45.00	60.00	10,800.00
2	ESMERIL DE MANO 7"	4.00	45.00	25.00	4,500.00
3	ESMERIL DE MANO 4"	2.00	245.00	15.00	7,350.00
4	EQUIPO DE OXICORTE	2.00	20.00	40.00	1,600.00
5	TALADRO DE BANCO	2.00	20.00	50.00	2,000.00
6	TRONZADORA	2.00	30.00	40.00	2,400.00
7	MONTACARGA - 3 TN	1.00	45.00	70.00	3,150.00
8	COMPRESORA - 350 CFM	1.00	30.00	40.00	1,200.00
9	EQUIPO DE PINTAR DE ARENADO	1.00	30.00	30.00	900.00
10	EQUIPO DE PINTAR GRACO	2.00	30.00	30.00	1,800.00
COSTO TOTAL S/.					35,700.00

7.2.3 Equipos de protección personal y seguridad

Los principales son:

Cuadro 7.3 EPP

ITEM	CATEGORIA	CANT	UND	UNIT	COSTO (S/.)
1	CASCOS	25.00	UND	12.00	300.00
2	GUANTES DE SOLDADOR	8.00	PARES	30.00	240.00
3	CARETA DE SOLDAR	4.00	UND	50.00	200.00
4	CARETA DE ESMERILAR	8.00	UND	30.00	240.00
5	ZAPATOS PUNTA DE ACERO	25.00	PARES	50.00	1,250.00
6	UNIFORMES	25.00	UND	47.00	1,175.00
7	LENTE DE PROTECCION	50.00	UND	7.00	350.00
8	LENTE DE OXICORTE	5.00	UND	20.00	100.00
9	TAPONES DE OIDO	75.00	UND	3.00	225.00
10	GUANTES	50.00	PARES	8.00	400.00
COSTO TOTAL S/.					4,480.00

7.2.4 Consumibles, varios

Los principales consumibles usados en la fabricación de las estructuras son las siguientes:

Cuadro 7.4 Consumibles

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESENTACION	UND	UNIT	CANT	COSTO (S/.)
1	ANTISPATER	FRASCO	PZA	15.25	16.00	244.00
2	ALAMBRE MIG 0.8MM	15KG	CJA	76.35	12.00	916.22
3	ALAMBRE MIG 1.0MM	15KG	CJA	76.35	40.00	3,054.00
4	CINTA MASKING TAPE DE 1"	UND	PZA	2.71	20.00	54.20
5	CINTA VULCANIZANTE	UND	PZA	12.71	8.00	101.68
6	DILUYENTE EPOXICO	GLN	GLN	26.60	144.00	3,830.40
7	DISCOS DE CORTE 1/8" X 14" DEWALT	CAJA/10UD	PZA	11.17	15.00	167.58
8	DISCOS DE CORTE 3/64" X 4.5" NORTON	CAJA/25UD	PZA	1.96	75.00	147.00
9	DISCOS DE CORTE 1/8" X 7" DEWALT	CAJA/25UD	PZA	4.18	10.00	41.75
10	DISCOS DE CORTE 1/8" X 9" NORTON	CAJA/25UD	PZA	6.28	47.50	298.22
11	DISCOS DE DESBASTE 1/4" X 4.5" NORTON	CAJA/25UD	PZA	2.35	117.50	276.36
12	DISCOS DE DESBASTE 1/4" X 7" NORTON	CAJA/25UD	PZA	5.01	22.50	112.77
13	ESCOBILLA CIRCULAR 4.5"	UND	PZA	18.64	7.50	139.83
14	LIJA # 100	UND	PLG	1.27	12.50	15.89
15	MARCADOR DE METAL	UND	PZA	18.64	5.00	93.22
16	MASCARA DE ESMERILAR	UND	PZA	12.71	2.50	31.78
17	MASCARA DE SOLDAR	UND	PZA	10.17	2.50	25.42
18	MEZCLA ARGON-CO2	10M3-8M3	M3	15.00	117.50	1,762.50
19	OXIGENO	10M3	M3	5.00	25.00	125.00
20	PINTURA EPOXICA ACABADO	GLN	GLN	60.20	290.00	17,458.00
21	PINTURA BASE ZINC INORGANICO	GLN	GLN	57.40	260.00	14,924.00
22	ROLLO STILL FILL	ROLLO	PZA	13.56	42.50	576.27
23	SOLDADURA 6011 X 1/8"	20KG	KG	9.95	105.00	1,044.75
24	SOLDADURA 7018 X 1/8"	20KG	KG	9.95	55.00	547.25
25	THINER ACRILICO	GLN	GLN	11.86	35.00	415.10
26	TIZAS DE CALDERERO	144 UND	PZA	0.42	2.50	1.06
27	TRAPO INDUSTRIAL	UND	PZA	0.42	42.50	17.85

COSTO TOTAL					S/.	46,422.08
--------------------	--	--	--	--	------------	------------------

7.2.5 Materiales

Se pone en consideración todos los costos de los materiales que se utilizaron para la nave industrial

Cuadro 7.5 Metrado

Ítem	Elemento	Unidad	Cantidad	Largo	P. Unit./ml	Precio \$/.
01.00.00 Marcos						
01.01.00 Columnas						
Eje 1 al eje 9	500x200x4x3	Pza	36.00	7.00		
Perfil Sigma	Sigma 500x3	Pza	84.00	6.00	32.68	16,469.31
Perfil Ohm	Ohm 200x4	Pza	84.00	6.00	42.21	21,275.05
01.03.00 Vigas						
Eje 1 al 9 (ejes AyD)	500x200x4x3	Pza	54.00	10.10		
Perfil Sigma	Sigma 500x3	Pza	182.00	6.00	32.68	35,683.50
Perfil Ohm	Ohm 200x4	Pza	182.00	6.00	42.21	46,095.94
02.00.00 Costaneras						
Techo - Continua extremo	Z 150x50x15x3.0	Pza	76.00	6.80	21.61	11,168.46
Techo - Continua tramo	Z 150x50x15x2.0	Pza	228.00	6.80	14.62	22,660.65
Pared - Simp. Apoyado	Z 150x50x15x2.0	Pza	64.00	6.00	14.62	5,612.54
03.00.00 Puntal						
□ 100x100x3.0	□ 100x100x3.0	Pza	32.00	6.00	31.18	5,986.71
03.00.00 Arriostre lateral						
□ 100x100x3.0	□ 100x100x2.5	Pza	18.00	6.00	27.32	2,950.34
04.00.00 Tacos (h=12.5 cm)						
Canal U	U 150x50x3,0	Pza	14.00	6.00	19.70	1,654.53
COSTO TOTAL \$/.						169,557.04

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	PU	COSTO
	MATERIAL				
1.00	ANGULO DE ACERO A-36 1/8" X 2" X 6 MTS	PZA	25.00	35.08	877.10
2.00	ACERO REDONDO LISO A-36 1" X 6 MTS	PZA	48.00	59.89	2,874.82
3.00	ACERO REDONDO LISO A-36 3/8" X 6 MTS	PZA	110.00	8.68	954.80
4.00	ACERO REDONDO LISO A-36 5/8" X 6 MTS	PZA	156.00	23.41	3,651.65
5.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 1/4" X 1200X 2400	PZA	10.00	265.19	2,651.88
6.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 3/8" X 1200X 2400	PZA	6.00	404.49	2,426.93
7.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 5/8" X 1500X 3000	PZA	5.00	1,204.00	6,020.00
8.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 3/4" X 1200X 2400	PZA	3.00	938.14	2,814.42
9.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 1/2" X 1200X 2400	PZA	6.00	539.34	3,236.02
10.00	PLANCHA DE ACERO EST. A- 36 1" X 1200X 2400	PZA	4.00	1,234.52	4,938.08
COSTO TOTAL \$/.					30,445.69

Cuadro 7.6 Resumen de Costos de Fabricación

ITEM	CATEGORIA	COSTO (S/.)
1	COSTO DE MANO DE OBRA	67,717.80
2	COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	35,700.00
3	COSTO DE EPP Y SEGURIDAD	4,480.00
4	COSTO DE MATERIALES CONSUMIBLES	46,422.09
5	COSTO DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS 1	169,557.04
6	COSTO DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS 2	30,445.69
COSTO TOTAL S/.		354,322.62

7.3 COSTOS DE MONTAJE DE ESTRUCTURAS.

Para el montaje intervienen varios factores que se describe a continuación:

7.3.1 Mano de obra

Está conformado por trabajadores que participaron en la fabricación de las estructuras y que tienen experiencia en montaje.

Cuadro 7.7 Mano de Obra de Montaje

Categoria	T / H / T	COSTO/HH	COSTO (S/.)
RESIDENTE	306.0	17.50	5,355.00
PdR	306.0	13.75	4,207.50
CAPATAZ	306.0	11.25	3,442.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
MONTAJISTA	306.0	8.75	2,677.50
AYUDANTE	306.0	5.63	1,721.25
AYUDANTE	306.0	5.63	1,721.25
AYUDANTE	306.0	5.63	1,721.25
AYUDANTE	306.0	5.63	1,721.25
COSTO TOTAL S/.: 42,763.50			

7.3.2 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas principales empleadas son:

Cuadro 7.8 Equipos y Herramientas

DESCRIPCION	CANTIDAD	Tiempo	soles/día	Costo(S/.)
Andamios	16	45	4.5	3,240.00
Torquímetros	1	20	70	1,400.00
Tecles	2	20	10	400.00
Rectificadores	1	20	10	200.00
Máquina de soldar Mig - Trifasico.	1	20	60	1,200.00
Esmeril de mano	1	20	25	500.00
	22		COSTO TOTAL S/.	6,940.00

7.3.3 Equipos de protección personal

Los principales son:

Tabla N° 7.9 Elementos de protección y seguridad en el montaje

DESCRIPCION	UND	CANT	P.U S/.	COSTO(S/.)
Uniformes de trabajo	u	12	47	564.00
Cascos de seguridad	u	12	12	144.00
Cinta de Señalización color Rojo y Amarillo	Kg	5	11.2	56.00
Arneses con doble cola	u	10	420	4,200.00
Botas de trabajo	u	12	50	600.00
Careta de de protección para esmeril	u	1	30	30.00
Barbiquejos	u	12	2.8	33.60
CASCO BLANCO 3M	u	2	50	100.00
Guantes de Montaje	pares	24	7	168.00
Lentes claros-oscuras	u	25	7	175.00
Tapones de Oído	u	25	3	75.00
			Costo Total S/.	6,145.60

7.3.4 Consumibles

Los principales consumibles usados en el montaje de las estructuras son las siguientes:

Cuadro 7.10 Consumibles en el Montaje.

ITEM	DESCRIPCION	UND	P. U. S/.	CANT. CONSUMIDA	COSTO (S/)
1	LJA #100	PLG	1.27	7.00	8.90
2	PINTURA EPOXICA ACABADO	GLN	60.20	4.00	240.80
3	DILUYENTE EPOXICO	GLN	26.60	1.00	26.60
4	BROCHA 2"	UND	9.00	7.00	63.00
COSTO TOTAL				S/.	339.30

7.3.5 Transporte de estructura metálica

El traslado se realiza tráiler que tengan plataforma abierta y con la dimensiones requeridas para trasladar las estructuras metálicas a obra.

Cuadro 7.11 Costo del traslado de estructura metálica.

ITEM	PROVEEDOR	CANT.	CARGA (TN)	PRECIO UNIT.	PARCIAL
1.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
2.00	UNION LOGITICA	1.00	4.00	800.00	800.00
3.00	UNION LOGITICA	1.00	4.00	800.00	800.00
4.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
5.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
6.00	UNION LOGITICA	1.00	5.00	800.00	800.00
7.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
8.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
9.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
10.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
11.00	UNION LOGITICA	1.00	5.00	800.00	800.00
12.00	UNION LOGITICA	1.00	6.00	800.00	800.00
13.00	UNION LOGITICA	1.00	4.00	800.00	800.00
14.00	UNION LOGITICA	1.00	8.00	800.00	800.00
		14.00	78.00	SUB TOTAL (S/.)	11,200.00

7.3.6 Grúa

El uso de la grúa para el montaje de elementos pesados como el pórtico es de mucha utilidad porque permite una mayor producción de montaje.

Cuadro 7.12 Consumo de grúa para el montaje.

ITEM	PROVEEDOR	MARCA	MODELO	DURACION (HRS)	PRECIO UNIT.	PARCIAL
1.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
2.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
3.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
4.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
5.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
6.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
7.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
8.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
9.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
8.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
8.00	RM GRUAS	KOBELCO	RK-10	8.00	110.00	880.00
9.00	RM GRUAS	KOMATSU	LW1001	8.00	110.00	880.00
10.00	RM GRUAS	KOMATSU	LW1001	8.00	110.00	880.00
11.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		4.00	60.00	240.00
12.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
13.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
14.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		6.00	60.00	360.00
15.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
16.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
17.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		4.00	60.00	240.00
18.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
19.00	MONTACARGAS - GEMIX	NISSAN		5.00	60.00	300.00
				148.00	SUB TOTAL (S/.)	14,080.00

7.3.7 Materiales

Los principales materiales usados en el montaje de las estructuras son los pernos estructurales A325 para unir conexiones principales y los pernos G2 para unir conexiones secundarias. El costo total pernos es de S/ 5,595.00

7.4 RESUMEN DE COSTOS DE MONTAJE

Tabla N° 7.13 Resumen de costos.

RESUMEN DE COSTOS DE MONTAJE	Costo S/.
Costo de mano de obra	42,763.50
Costo de equipos y herramientas	6,940.00
Costo de EPP y seguridad	6,145.60
Costo de materiales consumibles	339.30
Costo por traslado de estructuras metalicas	11,200.00
Costo de grua telescopia	14,080.00
Costo de materiales	5,595.00
COSTO TOTAL S/.	87,063.40

7.4.1 Resumen total de fabricación y montaje

Tabla N° 7.14 Resumen total en Fabricación y Montaje.

ITEM	CONCEPTO	COSTO (S/.)
1	COSTO DE FABRICACION	354,322.62
2	COSTO DE MONTAJE	87,063.40
	SUB TOTAL	441,386.02
	GASTOS ADMINISTRATIVOS (7%)	30,897.02
	UTILIDAD (15%)	66,207.90
	TOTAL, SIN IGV	538,490.94

7.5 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

El costo total de la obra es:

S/. 538,490.94 NUEVOS SOLES + IGV

INCIDENCIA EN LAS ETAPAS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

En el siguiente cuadro se determinó los costos más incidente en base al costo directo consumido.

ITEM	COSTO EN ETAPAS	COSTO S/.	INCIDENCIA %	%
1.0	RESUMEN DE COSTOS DE FABRICACION			80.27%
1.1	COSTO DE MANO DE OBRA	67,717.80	15.34%	
1.2	COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	35,700.00	8.09%	
1.3	COSTO DE EPP Y SEGURIDAD	4,480.00	1.01%	
1.4	COSTO DE MATERIALES CONSUMIBLES	46,422.09	10.52%	
1.5	COSTO DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS 1	169,557.04	38.41%	
1.6	COSTO DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS 2	30,445.69	6.90%	
2.0	RESUMEN DE COSTOS DE MONTAJE			19.73%
2.1	COSTO DE MANO DE OBRA	42,763.50	9.69%	
2.2	COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	6,940.00	1.57%	
2.3	COSTO DE EPP Y SEGURIDAD	6,145.60	1.39%	
2.4	COSTO DE MATERIALES CONSUMIBLES	339.30	0.08%	
2.5	COSTO POR TRASLADO DE ESTRUCTURAS MET	11,200.00	2.54%	
2.6	COSTO DE GRUA TELESCOPICA	14,080.00	3.19%	
2.7	COSTO DE MATERIALES	5,595.00	1.27%	
COSTO TOTAL S/.		441,386.02	100.00%	100.00%

CONCLUSIONES

Habiéndose logrado:

- 1° El diseño estructural de una nave industrial múltiple, considerando los criterios de diseño establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones y las Normas Americanas (ASCE-07, AISI).
- 2° La fabricación de la nave industrial requerida por el cliente TUPEMESA.
- 3° El montaje de la nave industrial solicitada.
- 4° Determinar los costos del proyecto y el plan de ejecución
- 5° La recepción de la conformidad del servicio brindado a la empresa TUPEMESA.

Se concluye finalmente validar la hipótesis de trabajo es decir:

“Ha sido factible realizar el diseño, la fabricación y el montaje de las estructuras metálicas con sistema Tubest para la planta industrial ubicada en la zona industrial de Lurín solicitada por la empresa TUPEMESA, con pórtico de marco rígido múltiple de tres naves de 20.0 m de luz, 48.0 m de longitud cada una, con un área interior libre de 2880.0 m², produciendo una utilidad de S/. 66 207.90 (Nuevos Soles) y ofertada a S/. 538 490.94 (Nuevos Soles), más impuestos de ley”

Esto último constituye la conclusión final o tesis cuyo sustento se ha presentado en el presente informe.

RECOMENDACIONES

- 1) Es muy importante considerar en el proceso de fabricación un taller adecuado, que brinde todas las facilidades a los trabajadores en cuanto a superficies planas niveladas para hacer trazos correctos, también contar con las herramientas y maquinarias en perfecto estado de funcionamiento. Tener áreas para hacer seguimiento a los procesos de fabricación con lo cual se logre un control adecuado del avance del personal, y poder detectar probables fallas y corregirlas a tiempo.
- 2) La selección adecuada de la soldadura es importante en la optimización, porque economiza el proceso de fabricación y el tiempo invertido en ella es menor (esto se logra cuando se utiliza el sistema MIG en la fabricación de las estructuras).
- 3) Actualmente trabajar con Normas, códigos y especificaciones es muy importante porque son publicaciones con el debido sustento técnico realizado en base a estudios científicos y experimentación, complementado con la experiencia de muchos científicos e ingenieros especialistas. El conocimiento de estas Normas Internacionales posibilita que proyectos realizados en el Perú puedan participar y ser aplicados con toda la garantía necesaria.

BIBLIOGRAFIA

1. Diseño de Estructuras Del acero. Autor: Jack C. MacCormac – Stephen F. Csernak. Editorial Alfaomega- 5a. Edición.
2. Manual de sistemas y materiales de soldadura INDURA.
3. El proyectista de estructuras de metálicas Autor:R. Nonnast, Editorial Paraninfo.
4. Calderería técnica trazados. Autor: Nicolas Larburu. Editorial Paraninfo.

NORMAS Y ESTANDARES

RNE Reglamento Nacional de Edificaciones

* RNE - E.020 Reglamento Nacional de Edificaciones -

Cargas

* RNE - E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones - Diseño

Sismoresistente

* RNE - E.090 Reglamento Nacional de Edificaciones - Estructuras Metálicas

ASCE/SEI 7-10 American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads

AISC American Institute of Steel**Construction**

* AISC 325-05 - Steel Construction Manual, Thirteenth Edition.

* AISC 341-05 - Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.

* AISC 360-05 - Specification for Structural Steel Buildings.

AISI American Iron and Steel**Institute**

* AISI S100-12 - North American Specification for the Design of Cold- Formed Steel Structural

Members

ANEXOS

ANEXO 1 TABLAS PARA SELECCIÓN DE PERFILES

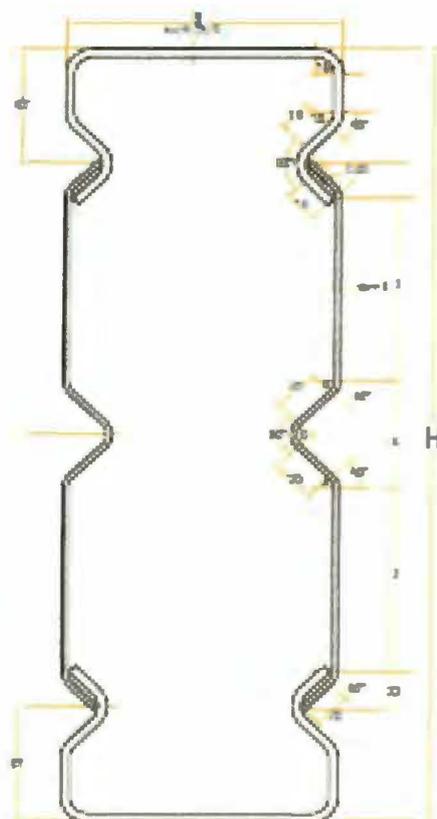
ANEXO 2 CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

ANEXO 3 PLANOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

PROPIEDADES PARA EL DISEÑO PERFIL Tubest

Tabla 27.3
Propiedades Geométricas y de
Masa del Perfil Tubest
en el Sistema SI

PERFIL Tubest TIPO



Número	Designación Tubest	Dimensiones				Perímetro P	Área A	Propiedades					
		H	B	c ₁	c ₂			EJE X-X'			EJE Y-Y'		
								I _{xx}	W _x	r _x	I _{yy}	W _y	r _y
mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	mm ⁴	mm ³	mm	mm ⁴	mm ³	mm		
Tubest (250x150x4x3)	Tubest 250x27,3	250	150	4	0	27,3	34,8	2.790	253	8,96	1.260	168	6,01
Tubest (250x150x5x3)	Tubest 250x32,4	250	150	5	0	32,4	41,3	3.410	273	9,29	1.440	192	6,91
Tubest (250x150x6x3)	Tubest 250x37,4	250	150	6	0	37,4	47,7	4.010	301	9,57	1.620	216	7,62
Tubest (250x200x4x3)	Tubest 250x30,4	250	200	4	0	30,4	38,8	3.390	271	9,56	2.470	247	7,98
Tubest (250x200x5x3)	Tubest 250x36,3	250	200	5	0	36,3	45,3	4.150	308	9,48	2.850	286	7,86
Tubest (250x200x6x3)	Tubest 250x42,2	250	200	6	0	42,2	53,7	4.900	352	9,55	3.240	324	7,76
Tubest (250x225x4x3)	Tubest 250x32,0	250	225	4	0	32,0	40,8	3.690	296	9,52	3.250	289	8,94
Tubest (250x225x5x3)	Tubest 250x38,3	250	225	5	0	38,3	48,6	4.530	353	9,64	3.780	356	8,81
Tubest (250x225x6x3)	Tubest 250x44,5	250	225	6	0	44,5	56,7	5.380	408	9,71	4.290	381	8,70
Tubest (300x150x4x3)	Tubest 300x30,5	300	150	4	0	30,5	38,8	4.420	296	10,7	1.400	187	6,01
Tubest (300x150x5x3)	Tubest 300x35,6	300	150	5	0	35,6	45,3	5.390	359	10,9	1.590	212	6,92
Tubest (300x150x6x3)	Tubest 300x40,6	300	150	6	0	40,6	51,8	6.320	422	11,3	1.770	235	7,84
Tubest (300x200x4x3)	Tubest 300x33,6	300	200	4	0	33,6	42,8	5.300	353	11,1	2.760	276	8,03
Tubest (300x200x5x3)	Tubest 300x39,5	300	200	5	0	39,5	50,3	6.470	432	11,3	3.160	316	7,92
Tubest (300x200x6x3)	Tubest 300x45,4	300	200	6	0	45,4	57,8	7.620	508	11,5	3.530	353	7,82
Tubest (300x225x4x3)	Tubest 300x35,2	300	225	4	0	35,2	44,8	5.740	382	11,3	3.640	324	9,01
Tubest (300x225x5x3)	Tubest 300x41,5	300	225	5	0	41,5	52,6	7.020	468	11,5	4.170	371	8,58
Tubest (300x225x6x3)	Tubest 300x47,7	300	225	6	0	47,7	60,8	8.270	551	11,7	4.680	416	8,77

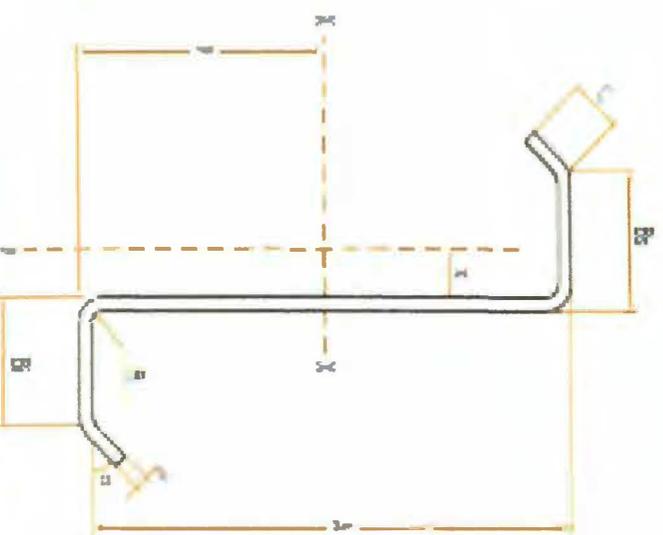
PROPIEDADES PARA EL DISEÑO PERFIL Tubest

Tabla N° 5
Propiedades Geométricas Tubest
442-27 Ed. Py-2768 Kg/cm²
ACSA 1999 / 2004-4

Número	Designación Tubest	Dimensiones				Peso P	Área A	Propiedades					
		H	B	c _x	c _y			EJE X-X			EJE Y-Y		
								I _{xx}	W _{xx}	i _{xx}	I _{yy}	W _{yy}	i _{yy}
H mm x F Kg/m	mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
Tubest (350x150x4x3)	Tubest 350x32,8	350	150	4	3	32,8	41,8	6.530	373	12,5	1.570	209	6,12
Tubest (350x150x5x3)	Tubest 350x36,0	350	150	5	3	36,0	46,3	7.920	462	12,8	1.750	234	6,32
Tubest (350x150x6x3)	Tubest 350x40,0	350	150	6	3	40,0	54,8	9.270	530	13,0	1.930	267	6,53
Tubest (350x200x4x3)	Tubest 350x36,0	350	200	4	3	36,0	45,8	7.720	441	13,0	3.060	306	6,17
Tubest (350x200x5x3)	Tubest 350x41,9	350	200	5	3	41,9	53,3	9.400	537	13,3	3.450	345	6,34
Tubest (350x200x6x3)	Tubest 350x47,7	350	200	6	3	47,7	60,8	11.000	631	13,6	3.820	382	6,53
Tubest (350x225x4x3)	Tubest 350x37,6	350	225	4	3	37,6	47,8	8.520	476	13,2	4.010	357	6,16
Tubest (350x225x5x3)	Tubest 350x43,8	350	225	5	3	43,8	55,8	10.100	530	13,6	4.540	404	6,32
Tubest (350x225x6x3)	Tubest 350x50,1	350	225	6	3	50,1	63,8	11.900	632	13,7	5.050	449	6,50
Tubest (400x150x4x3)	Tubest 400x35,2	400	150	4	3	35,2	44,8	9.140	457	14,3	1.730	231	6,21
Tubest (400x150x5x3)	Tubest 400x40,3	400	150	5	3	40,3	51,3	11.000	552	14,7	1.920	255	6,11
Tubest (400x150x6x3)	Tubest 400x45,4	400	150	6	3	45,4	57,8	12.900	645	14,9	2.090	279	6,01
Tubest (400x200x4x3)	Tubest 400x38,3	400	200	4	3	38,3	46,8	10.700	535	14,8	3.350	335	6,25
Tubest (400x200x5x3)	Tubest 400x44,2	400	200	5	3	44,2	53,3	13.000	649	15,2	3.740	374	6,15
Tubest (400x200x6x3)	Tubest 400x50,1	400	200	6	3	50,1	63,8	15.200	761	15,4	4.110	411	6,33
Tubest (400x225x4x3)	Tubest 400x39,9	400	225	4	3	39,9	50,8	11.500	575	15,0	4.380	389	6,23
Tubest (400x225x5x3)	Tubest 400x46,2	400	225	5	3	46,2	58,8	14.000	698	15,4	4.910	437	6,14
Tubest (400x225x6x3)	Tubest 400x52,4	400	225	6	3	52,4	66,8	16.400	819	15,7	5.420	482	6,01
Tubest (450x150x4x3)	Tubest 450x37,5	450	150	4	3	37,5	47,8	12.300	547	16,0	1.890	252	6,29
Tubest (450x150x5x3)	Tubest 450x42,7	450	150	5	3	42,7	54,3	14.800	657	16,5	2.080	277	6,13
Tubest (450x150x6x3)	Tubest 450x47,7	450	150	6	3	47,7	60,8	17.200	765	16,8	2.250	300	6,09
Tubest (450x200x4x3)	Tubest 450x40,7	450	200	4	3	40,7	51,8	14.300	635	16,6	3.540	364	6,36
Tubest (450x200x5x3)	Tubest 450x46,6	450	200	5	3	46,6	59,3	17.300	767	17,1	4.030	403	6,24
Tubest (450x200x6x3)	Tubest 450x52,4	450	200	6	3	52,4	66,8	20.200	897	17,4	4.400	440	6,12
Tubest (450x225x4x3)	Tubest 450x42,3	450	225	4	3	42,3	53,8	15.300	679	16,8	4.750	422	6,39
Tubest (450x225x5x3)	Tubest 450x48,6	450	225	5	3	48,6	61,8	18.500	822	17,3	5.280	469	6,24
Tubest (450x225x6x3)	Tubest 450x54,8	450	225	6	3	54,8	69,8	21.700	962	17,6	5.790	515	6,11
Tubest (500x150x4x3)	Tubest 500x39,9	500	150	4	3	39,9	50,8	16.000	642	17,8	2.050	274	6,35
Tubest (500x150x5x3)	Tubest 500x45,0	500	150	5	3	45,0	57,3	19.200	768	18,3	2.240	299	6,25
Tubest (500x150x6x3)	Tubest 500x50,1	500	150	6	3	50,1	63,8	22.300	892	18,7	2.410	322	6,15
Tubest (500x200x4x3)	Tubest 500x43,0	500	200	4	3	43,0	54,8	18.500	740	18,4	3.930	393	6,46
Tubest (500x200x5x3)	Tubest 500x48,9	500	200	5	3	48,9	62,3	22.300	891	18,9	4.320	432	6,32
Tubest (500x200x6x3)	Tubest 500x54,8	500	200	6	3	54,8	69,8	26.000	1.058	19,3	4.700	470	6,20
Tubest (500x225x4x3)	Tubest 500x44,6	500	225	4	3	44,6	56,8	19.700	789	18,6	5.120	455	6,49
Tubest (500x225x5x3)	Tubest 500x50,9	500	225	5	3	50,9	64,8	23.800	952	19,2	5.550	502	6,33
Tubest (500x225x6x3)	Tubest 500x57,1	500	225	6	3	57,1	72,8	27.800	1.111	19,5	6.160	547	6,20
Tubest (550x150x4x3)	Tubest 550x42,3	550	150	4	3	42,3	53,8	20.400	742	19,5	3.220	295	6,41
Tubest (550x150x5x3)	Tubest 550x47,4	550	150	5	3	47,4	60,4	24.300	884	20,1	3.400	320	6,31
Tubest (550x150x6x3)	Tubest 550x52,5	550	150	6	3	52,5	66,9	28.200	1.024	20,5	3.580	344	6,21
Tubest (550x200x4x3)	Tubest 550x45,5	550	200	4	3	45,5	57,9	23.400	851	20,1	4.220	422	6,54
Tubest (550x200x5x3)	Tubest 550x51,4	550	200	5	3	51,4	65,4	28.000	1.019	20,7	4.610	461	6,42
Tubest (550x200x6x3)	Tubest 550x57,2	550	200	6	3	57,2	72,9	32.600	1.185	21,2	4.990	499	6,27
Tubest (550x225x4x3)	Tubest 550x47,0	550	225	4	3	47,0	59,9	24.900	905	20,4	5.490	488	6,55
Tubest (550x225x5x3)	Tubest 550x53,3	550	225	5	3	53,3	67,9	29.900	1.087	21,0	6.020	535	6,42
Tubest (550x225x6x3)	Tubest 550x59,5	550	225	6	3	59,5	75,9	34.800	1.266	21,4	6.530	581	6,28

PROPIEDADES PARA EL DISEÑO PERIL Z-Tube®

(Units: MPa)
 Propiedades para el Diseño Z-Tube®
 AISC 310-17 (2018 Edition)
 FOR THE SHIELD

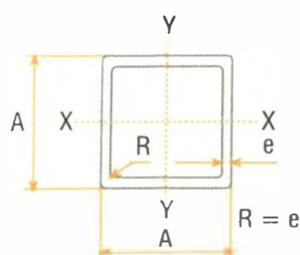


Z	Dimensiones										Peso		EJE I						EJE Y						Propiedades				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	kg/m	lb/ft	L	W	I	S	L	W	I	S	r _x	r _y	Z _x	Z _y	I _{xx}	I _{yy}			
100	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	100	50	45	15	1.6	274	9.50	58.4	11.2	4.09	5.84	23.0	3.95	2.57	4.19	-0.05	-0.89	29.8	377
100	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	100	50	45	15	2.0	342	4.35	72.5	13.9	4.08	5.82	28.3	4.85	2.55	5.24	-0.05	-0.87	33.0	456
100	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	100	50	45	15	2.5	422	5.97	89.0	17.0	4.07	5.79	34.4	5.93	2.53	5.24	-0.05	-0.79	41.2	550
100	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	100	50	45	15	3.0	504	6.42	106	20.1	4.07	5.77	40.3	6.98	2.51	5.27	-0.05	-0.78	49.2	645
125	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	125	50	45	15	1.6	306	3.90	57.7	15.0	4.09	5.35	23.7	3.94	2.40	6.46	-0.05	-0.85	33.2	407
125	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	125	50	45	15	2.0	381	4.85	72	18.6	4.09	5.33	28.3	4.85	2.41	6.46	-0.05	-0.84	34.7	445
125	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	125	50	45	15	2.5	471	6.00	88	22.3	4.07	5.31	34.4	5.92	2.39	6.57	-0.05	-0.82	42.5	500
125	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	125	50	45	15	3.0	562	7.17	107	27.1	4.07	5.28	40.3	6.97	2.37	6.53	-0.05	-0.80	51.5	565
150	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	150	50	45	15	1.6	337	4.30	64	15.2	3.87	5.37	25.1	3.93	2.30	7.72	-0.04	-0.87	36.7	435
150	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	150	50	45	15	2.0	420	5.35	78	19.8	3.96	5.35	28.3	4.84	2.30	7.74	-0.04	-0.80	41.4	470
150	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	150	50	45	15	2.5	520	6.62	95	24.2	3.85	5.32	34.4	5.91	2.28	7.77	-0.05	-0.87	48	515
150	X	50	X	15	X	15	X	15	X	15	150	50	45	15	3.0	621	7.92	114	29.6	3.84	5.29	40.3	6.95	2.26	7.79	-0.05	-0.85	57	560
175	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	175	75	70	20	1.6	444	5.66	128	37.6	7.37	6.70	77.2	6.87	3.70	8.92	-0.04	-0.88	48.3	590
175	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	175	75	70	20	2.0	554	7.05	155	35.2	7.37	6.68	85.4	7.72	3.66	8.97	-0.04	-0.87	54.0	640
175	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	175	75	70	20	2.5	687	8.75	185	43.3	7.05	6.66	117	8.5	3.66	9.00	-0.05	-0.84	62	690
175	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	175	75	70	20	3.0	822	10.5	220	57.5	7.05	6.65	138	9.5	3.65	9.03	-0.05	-0.83	71.4	750
200	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	200	75	70	20	1.6	475	6.06	134	37.6	7.96	6.74	77.2	6.86	3.57	10.2	-0.04	-0.87	51.7	620
200	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	200	75	70	20	2.0	595	7.85	167	45.7	7.96	6.69	95.4	7.72	3.55	10.2	-0.04	-0.87	57	670
200	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	200	75	70	20	2.5	736	9.37	197	57.8	7.94	6.67	117	8.5	3.53	10.2	-0.04	-0.85	65	720
200	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	200	75	70	20	3.0	880	11.2	236	68.8	7.93	6.64	138	9.5	3.51	10.2	-0.05	-0.86	74.0	780
250	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	250	75	70	20	1.6	536	6.86	144	50.6	8.89	6.73	77.2	8.85	3.36	12.7	-0.04	-0.85	58.5	650
250	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	250	75	70	20	2.0	671	8.65	177	62.9	8.66	6.71	95.4	9.54	3.34	12.7	-0.04	-0.84	64	700
250	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	250	75	70	20	2.5	824	10.6	217	77.7	8.66	6.68	117	9.5	3.32	12.9	-0.04	-0.82	72	750
250	X	75	X	20	X	20	X	20	X	20	250	75	70	20	3.0	988	12.7	266	92.6	8.66	6.66	138	10.6	3.30	12.8	-0.04	-0.81	81	800

Cuadrados

Especificaciones Generales

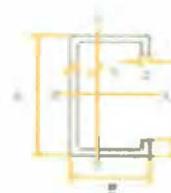
- Largo normal:** 12 m.
- Recubrimiento:** Negro.
- Extremos:** Lisos de máquina.
- Calidades normales:** ASTM A500 grado B
- Otras dimensiones:** A pedido, previa consulta a CINTAC.



Dimensión h x b	Espesor	Peso	Sección	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
				cm ⁴	cm ³	cm.	cm.		
mm.	mm.	kg/m	cm ²	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y
150 x 150	3	13,7	17,4	622	622	83	83	5,98	5,98
150 x 150	4	18,0	22,9	807	807	108	108	5,93	5,93
150 x 150	5	22,3	28,4	981	981	131	131	5,88	5,88
200x200	3	18,4	23,4	1506	1506	151	151	8,02	8,02
200x200	4	24,3	30,9	1970	1970	197	197	7,97	7,97
200x200	5	30,1	38,4	2410	2410	241	241	7,92	7,92
200x200	6	35,8	45,6	2830	2830	283	283	7,88	7,88
250x250	4	30,6	39,0	3906	3906	312	312	10,01	10,01
250x250	5	38,0	48,4	4800	4800	384	384	9,97	9,97
250x250	6	45,2	57,6	5670	5670	453	453	9,92	9,92
300x300	4	36,9	47,0	6824	6824	455	455	12,06	12,06
300x300	5	45,8	58,4	8414	8414	561	561	12,01	12,01
300x300	6	54,7	69,4	9959	9959	664	664	11,96	11,96

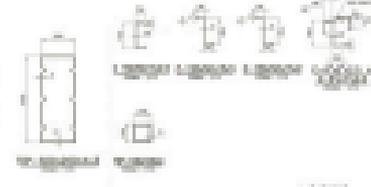
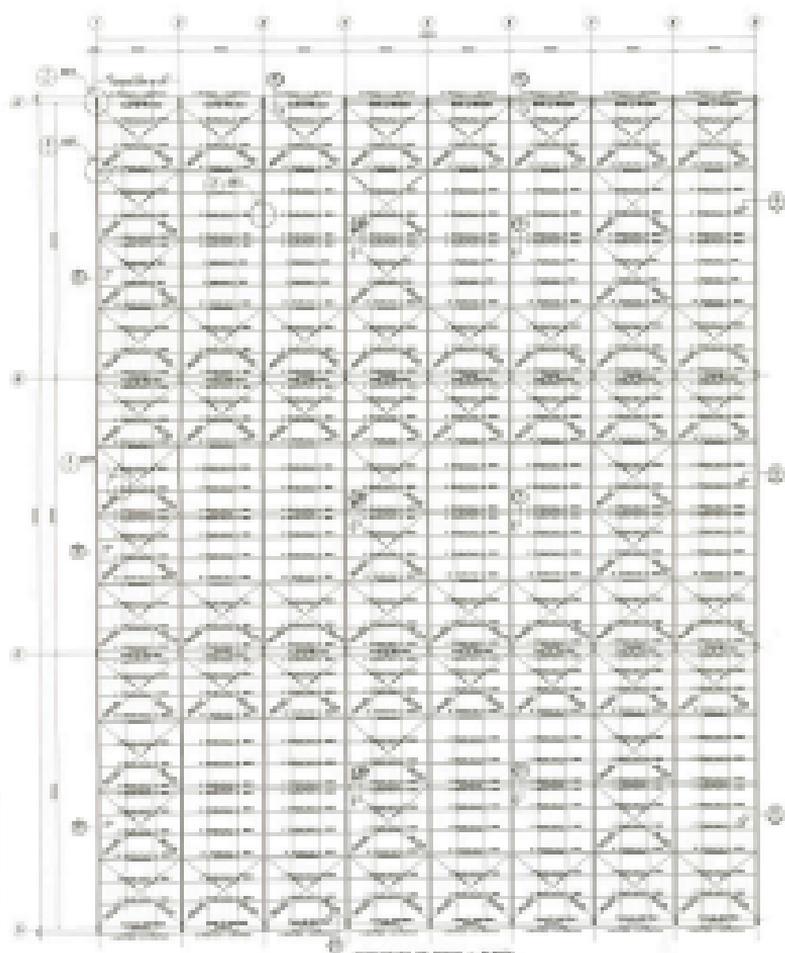
CINTAC**PERFILES PARA USOS ESTRUCTURALES****Costaneras especificación técnica Cintac ET-11/MA-7-2****Especificaciones Generales**

Largo normal:	6 mts. Otros largos previa consulta
Reubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A270ES + A240ES
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAC



Dimensiones nominales				Peso teórico	Área	Propiedades							Radio	Código
A	B	C	e			Eje X-X			Eje Y-Y					
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	I	W	I	I	W	I	X	cm	
80	40	15	2	2,78	3,54	35,8	8,37	3,16	3,07	3,13	1,51	1,46	1,37	3300
		15	3	4,01	5,11	49,0	12,26	3,10	10,85	4,27	1,46	1,46	1,35	3301
		15	4	5,14	6,55	60,4	15,11	3,04	12,88	5,05	1,40	1,46	1,35	3302
100	50	15	2	3,40	4,34	53,2	13,85	4,00	14,58	4,57	1,66	1,72	2,32	3304
		15	3	4,95	6,21	97,3	19,56	3,94	20,52	6,25	1,60	1,72	2,25	3305
		15	4	6,40	8,15	122,5	24,50	3,88	24,86	7,55	1,75	1,77	2,25	3306
105	50	15	2	3,80	4,84	116,4	16,63	4,91	16,16	4,70	1,63	1,66	2,32	3312
		15	3	5,54	7,06	165,5	23,48	4,84	22,16	6,43	1,77	1,66	2,25	3313
		15	4	7,18	9,15	208,7	32,33	4,78	26,89	7,78	1,71	1,64	2,24	3314
150	50	15	2	4,18	5,24	178,7	23,83	5,73	17,13	4,73	1,79	1,42	2,32	3320
		15	3	6,12	7,81	255,3	34,03	5,72	22,49	6,56	1,73	1,42	2,23	3321
		15	4	7,97	10,15	323,5	43,13	5,65	28,51	7,95	1,68	1,41	2,22	3322
150	75	15	2	4,87	6,24	222,5	31,13	6,07	46,24	9,03	2,70	2,37	3,34	3325
		15	3	7,31	9,21	326,3	44,84	6,01	65,14	12,57	2,65	2,36	3,30	3326
		15	4	9,54	12,15	420,1	57,24	5,95	81,13	15,76	2,59	2,35	3,25	3327
175	75	15	3	7,30	10,06	480,4	54,30	6,31	68,52	12,91	2,61	2,19	3,30	3334
200	50	15	2	4,97	6,24	254,9	35,49	7,48	18,50	4,91	1,77	1,21	2,23	3339
		15	3	7,31	9,21	310,4	51,24	7,40	25,51	6,74	1,66	1,21	2,24	3340
		15	4	9,54	12,15	351,4	65,14	7,32	30,97	8,18	1,60	1,21	2,13	3341





PROYECTO DE OBRAS

PROYECTO:	RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE LA ESCUELA Nº 10000
UBICACIÓN:	AV. BOLIVAR Y AV. 10000, LIMA
CLIENTE:	MINISTERIO DE EDUCACIÓN
FECHA:	10/01/2010
PROYECTISTA:	ING. JUAN PABLO GARCÍA
PROYECTO:	RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE LA ESCUELA Nº 10000
UBICACIÓN:	AV. BOLIVAR Y AV. 10000, LIMA
CLIENTE:	MINISTERIO DE EDUCACIÓN
FECHA:	10/01/2010
PROYECTISTA:	ING. JUAN PABLO GARCÍA

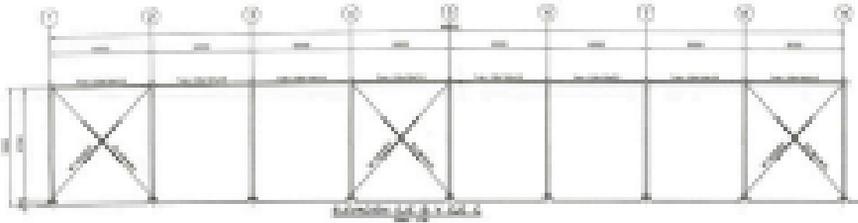
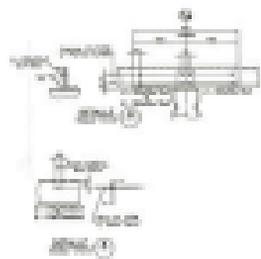
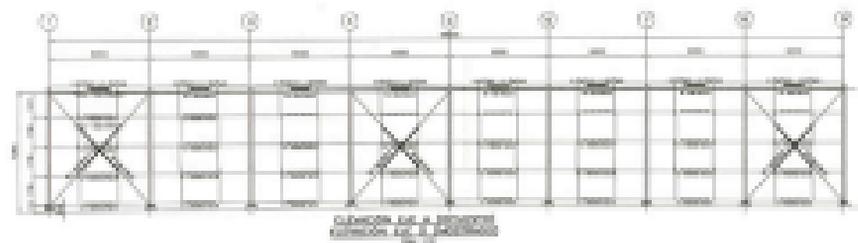
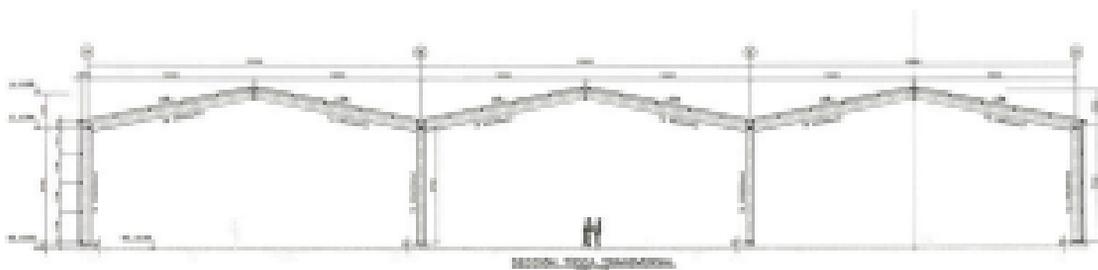
REVISIÓN TÉCNICA:

ING. JUAN PABLO GARCÍA

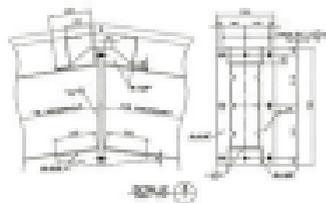
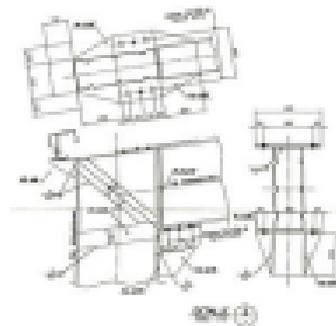
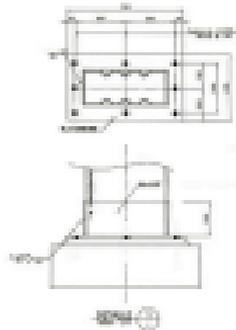
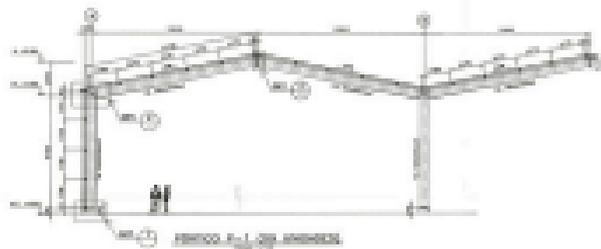
PROYECTISTA

PROYECTISTA:	ING. JUAN PABLO GARCÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
PLANTA LEREM	
MATERIA: MECÁNICA	
TÍTULO: ...	
EM 01 A	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA METALURGICA	
PLANTA LUMIN	
CATEDRA DE ESTRUCTURAS	
PROFESOR: DR. J. G. GARCIA	
ALUMNO: J. G. GARCIA	
TITULO: EM 02 A	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
PLANTA LAMIN	
TÍTULO: MECANISMO DE BOMBEO DE AGUA	
AUTOR: [Nombre del Autor]	
FECHA: [Fecha]	
Escala: [Escala]	
EM 03 A	