



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS
DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S. A.**

Erwin Rolando Esteban López

Asesorado por el Ing. Mynor Augusto Salvatierra Villatoro

Guatemala, agosto de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS
DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERWIN ROLANDO ESTEBAN LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. MYNOR AUGUSTO SALVATIERRA VILLATORO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR	Ing. Orlando Alberto Furlan Cámara
EXAMINADOR	Ing. Héctor Belisario Santizo Obando
EXAMINADOR	Ing. Jorge Chilo Siguere Rockstroh
SECRETARIO	Ing. Edgar José Bravatti Castro

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 13 de agosto de 2013.


Erwin Rolando Esteban López

INGENIERO
Julio Cesar Campos Paíz
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC

Señor Director:

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: "MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S.A.", desarrollado por el estudiante universitario ERWIN ROLANDO ESTEBAN LÓPEZ, previó a optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo presentado por el estudiante ROLANDO ESTEBAN ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, consultando la bibliografía adecuada y siguiendo las recomendaciones de la asesoría.

Por todo lo anterior, tanto el autor como el asesor, somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de graduación y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO para los efectos de graduación del autor.

Atentamente,



Mynor Augusto Salvatierra Villatoro
Ingeniero Mecánico
Colegiado 6743

Mynor Augusto Salvatierra Villatoro
INGENIERO MECANICO
Colegiado No. 6743



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.123.2014

El Coordinador del Área de Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S.A.**, del estudiante **Erwin Rolando Esteban López**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Area de Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2014.



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.160.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria del trabajo de graduación **MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S.A.**, del Estudiante **Erwin Rolando Esteban López**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, Agosto de 2014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 385.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **MONTAJE DE UNA SONDA MECÁNICA OBLICUA PARA MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL INGENIO PALO GORDO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Erwin Rolando Esteban López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 6 de agosto de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser fuente de vida.
Mis padres	Inocente Esteban (q.e.p.d.) y Celia López, por ser ejemplo de sacrificio y perseverancia hacia sus hijos.
Mi esposa	Mayra Herrera Pedroza, gracias por ser partícipe en la culminación de este ciclo de mi vida.
Mis hijas	Alejandra, Carolina y Letizia Esteban Pedroza, por su amor y comprensión, y que este éxito sea un ejemplo de que todo se puede lograr con voluntad.
Mis hermanos y hermanas	Por ser parte importante de este triunfo.
Mis amigos	Con cariño y dedicación es un acto que dedico también a ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZUCAR	1
1.1. Proceso de fabricación de azúcar	1
1.1.1. Siembra y cultivo de la caña	1
1.1.2. Cosecha	1
1.1.3. Diagrama del proceso de producción de azúcar.....	2
1.1.4. Preparación de la caña	3
1.1.5. Extracción del jugo	3
1.1.6. Clarificación	4
1.1.7. Evaporación.....	5
1.1.8. Cristalización	6
1.1.9. Centrifugado	6
1.1.10. Envasado.....	7
1.1.10.1. Secado del azúcar	7
1.1.10.2. Enfriamiento del azúcar	7
2. MUESTREO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	9
2.1. Laboratorio de caña de un ingenio	9

2.2.	Equipos mecánicos utilizados en el laboratorio de caña de un ingenio.....	9
2.3.	Sonda mecánica oblicua para muestras de caña de azúcar	11
2.4.	Componentes de una sonda mecánica oblicua.....	13
2.5.	Diagrama de ubicación de equipos en el laboratorio de caña	14
2.6.	Características de la sonda oblicua a montar	14
3.	CONCEPTOS A CONSIDERAR EN UN MONTAJE DE EQUIPO	17
3.1.	Administración de un proyecto	17
3.1.1.	Administración.....	17
3.1.2.	Planeación.....	18
3.1.3.	Ejecución.....	20
3.2.	Control.....	22
3.2.1.	Perfiles de acero estructural.....	22
3.2.2.	Vigas I	23
3.2.3.	Vigas C.....	25
3.2.4.	Angulares	25
3.2.5.	Tubos	26
3.3.	Revisión e interpretación de planos y especificaciones	27
3.3.1.	Planos de conjunto.....	27
3.3.2.	Planos de detalle.....	28
3.3.3.	Planos de taller.....	29
3.3.4.	Símbolos básicos de soldadura.....	29
3.4.	Diagrama de Gantt.....	33
3.4.1.	Conceptos básicos	33
3.4.2.	Como hacer un Diagrama de Gantt.....	35
3.5.	Procesos de soldadura.....	37
3.5.1.	Generalidades	38

3.5.2.	Tipos de soldadura	38
3.5.3.	Soldadura por arco eléctrico	39
3.6.	Conocimientos generales para realizar un montaje.....	47
3.6.1.	Motores eléctricos.....	47
3.6.2.	Equipos hidráulicos.....	49
3.6.3.	Nivelación y alineación de equipos.....	55
3.6.4.	Cimentación de equipos	56
4.	DESARROLLO DEL MONTAJE	61
4.1.	Antecedentes.....	61
4.2.	Consideraciones para ubicación de la sonda	61
4.3.	Revisión de planos	62
4.4.	Elaboración de solicitudes de materiales y equipos	65
4.5.	Elaboración de Diagrama de Gantt	66
4.6.	Control semanal del montaje	67
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	APÉNDICES	75
	ANEXOS	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de producción de un ingenio azucarero	2
2.	Esquema instalación sonda oblicua	12
3.	Ubicación de equipos mecánicos.....	16
4.	Sección transversal de perfiles	24
5.	Secciones de perfiles fabricados y armados	26
6.	Identificación de soldaduras mediante símbolos.....	31
7.	Complemento identificación de soldaduras mediante símbolos.....	32
8.	Ejemplo de Diagrama de Gantt	36
9.	Elementos del proceso de soldadura de arco metálico protegido	41
10.	Tipos de soldadura.....	45
11.	Posición de soldaduras	46
12.	Tipos de juntas de soldaduras	47
13.	Diagrama sistema hidráulico	50
14.	Cimentaciones según el tipo estructural.....	60
15.	Dibujo de conjunto de estructura vista 1	63
16.	Dibujo de conjunto de estructura vista 2	64
17.	Dibujo de conjunto de estructura vista 3	64

TABLAS

I.	Descripción de materiales	65
II.	Personal a utilizar.....	67

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
°	Grado
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
Kg	Kilogramo
mm	Milímetro
%	Por ciento
psi	Presión (libra por pulgada cuadrada)
bar	Presión (newton por metro cuadrado)
rpm	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Alineación	Es el procedimiento en el cual se alinean ejes de equipos o máquinas rotativas, a unas tolerancias aceptables.
Azúcar	Cuerpo sólido cristalizante, de color blanco en su estado puro, soluble en agua, extraído de varios vegetales, principalmente de la caña de azúcar y de la remolacha.
A-36	Designación del acero.
Brix	Porcentaje en peso de sólidos solubles disueltos presentes en una solución.
Caña de azúcar	Planta gramínea, originaria de la India, con el tallo leñoso, de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal, el tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae jugo para la producción de azúcar.
Columna	Perfil estructural sometido a esfuerzo de compresión.
Diagrama de Gantt	Es un método gráfico de planeación y control que permite visualizar fechas de inicio y terminación de varias tareas.

Estructura	Armadura, para nuestro caso de acero, que sirve de fijación en el suelo y sustentación de un equipo.
Extracción	Proceso mediante el cual se separa el jugo de la caña de la fibra de la caña, por medio de la molienda.
Fibra	Material sólido que queda después de extraer el jugo de la caña.
Ingenio azucarero	Industria dedicada al proceso de la caña de azúcar, para su transformación en azúcar, clasificada como agroindustria.
Nivelación	Se refiere a la acción de poner un plano en posición horizontal, en nuestro caso nivelar la placa base y la placa de soporte del equipo.
Plano	En términos de dibujo, un plano es la representación esquemática y a una cierta escala de una máquina, un terreno, una construcción u otra cosa.
Sistema hidráulico	Proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido.

Soldadura	Método de transmisión de potencia, que consta básicamente de un motor eléctrico, bomba hidráulica, motor hidráulico o cilindros y un fluido, en este caso aceite.
Viga	Perfil estructural sometido a esfuerzos de flexión.
WF	Designación de perfil estructural, <i>Wide Flange</i> .

RESUMEN

Actualmente en Guatemala, los ingenios buscan mejorar su eficiencia, para ser más competitivos, una de las formas de lograr lo anterior es montando nuevos equipos, por tal razón Ingenio Palo Gordo adquirió una sonda mecánica oblicua para muestras de caña de azúcar.

Por razones de traslado y costos, se adquirió solo el equipo, teniendo que fabricar en el ingenio la estructura de soporte y realizar el montaje de la misma y del equipo, para la fabricación y armado de la estructura la empresa proveedora proporcionó los planos.

El presente trabajo muestra las competencias necesarias que tiene que tener el profesional encargado de la realización de este proyecto, conocimientos tales como: administración de proyectos, soldadura por arco eléctrico, conocimientos de perfiles estructurales, conocimientos de lectura de planos y cimentación de equipos.

También se muestran las distintas etapas en que consistió el montaje, empezando por la lectura de planos para elaboración de pedidos de materiales, elaboración de cronograma de actividades utilizando el software Microsoft Project 2010, para control de personal encargado de la ejecución del proyecto, así como control de avance del mismo.

OBJETIVOS

General

Realizar el montaje de una sonda mecánica para muestras de caña de azúcar, en el Ingenio Palo Gordo, S. A.

Específicos

1. Aplicar los conceptos elementales de administración a un montaje de equipo.
2. Emplear los conceptos básicos de dibujo técnico mecánico a la lectura de planos de fabricación de piezas.
3. Utilizar el software Microsoft Project 2010 para control del montaje.
4. Aplicar los métodos de soldadura necesarios para la realización de este montaje.
5. Aplicar conocimientos de fundición de bases de concreto, para la cimentación de equipos hidráulicos, motores eléctricos, nivelación y alineación de equipos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria del azúcar de Guatemala es reconocida por su competitividad dentro de la región, así como a nivel mundial. Durante el período 2010/11, Guatemala se posicionó como el décimo mayor productor, cuarto mayor exportador, tercero más competitivo y el más eficiente en términos de capacidad de carga en puerto.

En todos los ingenios se hace necesario utilizar una sonda mecánica oblicua para determinar las características de calidad de la caña de azúcar, como contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas.

El siguiente trabajo se enfoca en la fabricación de las piezas que componen la estructura, montaje de la misma y del equipo mecánico, realización de pruebas de funcionamiento.

Para lograr un montaje e instalación de buena calidad y que el equipo opere satisfactoriamente es necesario realizar de manera técnica todas las actividades que conllevan un montaje, para esto se realizará un seguimiento con las etapas básicas de la realización de un proyecto, planeación, ejecución y control.

1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

1.1. Proceso de fabricación de azúcar

Los ingenios azucareros tienen dos épocas en el año, la reparación y zafra. La primera es cuando se le efectúa mantenimiento a todo el equipo de la fábrica, mientras que en el campo se siembra y se cultiva la planta de caña de azúcar; y la segunda es el período de cosecha de la caña y producción del grano de azúcar.

1.1.1. Siembra y cultivo de la caña

La caña se planta en tallos, con dos o tres yemas, en agujeros poco profundos en surcos en la parte superior de un camellón, desarrollando sus propias raíces; estas proporcionan humedad a las yemas, y germinan produciendo más brotes, que forman macollas o las conocidas como planta madre. Después de la cosecha brotan nuevas yemas en la base de la planta, lo que produce la cosecha de retoños.

El ciclo de crecimiento, cosecha y retoñado, se repite hasta que los bajos rendimientos de la caña hacen antieconómico permitir más retoñado. En Guatemala este ciclo de reproducción se repite de cinco a ocho veces máximo.

1.1.2. Cosecha

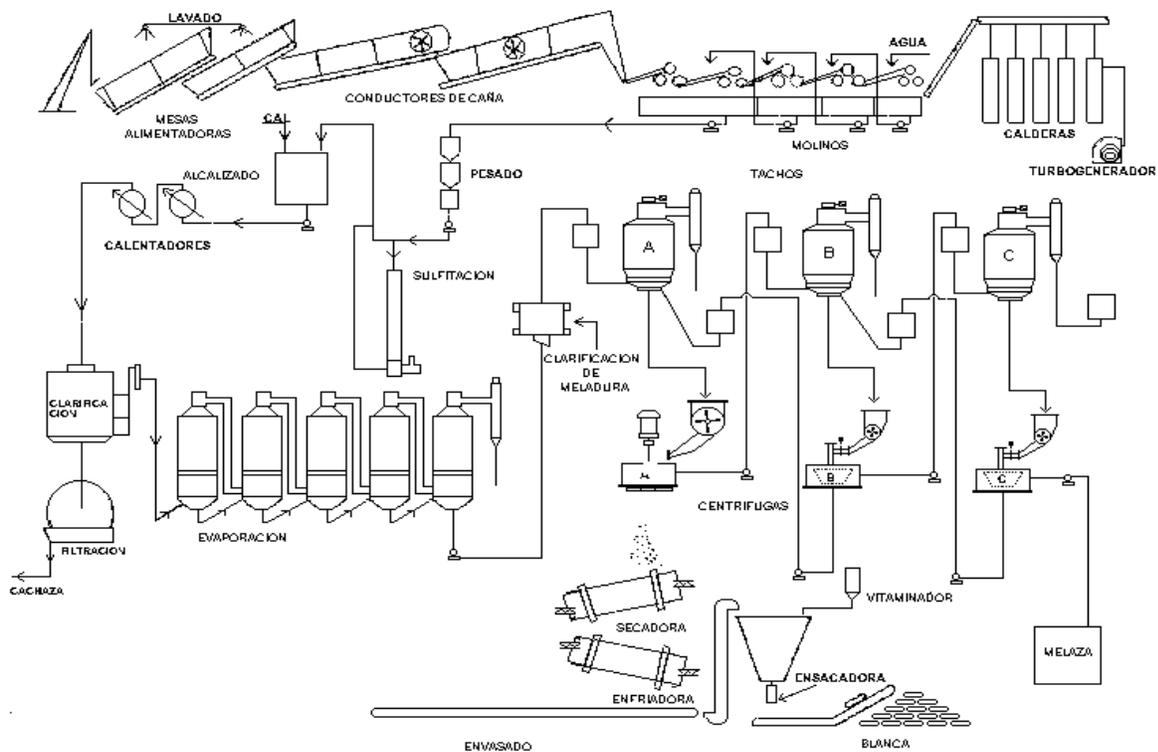
El corte a mano sigue siendo la forma más común de cosecharla en Guatemala, los tallos se cortan a ras del suelo con machetes especiales y los

cogollos se cortan y se separan del tallo, la caña después de cortada es trasladada en camiones al ingenio para efectuar la molienda. En la actualidad Guatemala se está implementado el corte mecanizado, pero este requiere que los terrenos sean de preferencia planos para obtener mejores resultados.

1.1.3. Diagrama del proceso de producción de azúcar

Con el objeto de facilitar la comprensión del proceso de producción del azúcar de caña, se presenta, en la figura 1, el diagrama de proceso de un ingenio azucarero, a partir de la cual describirá cada uno de los pasos a seguir en el proceso.

Figura 1. Proceso de producción de un ingenio azucarero



Fuente: proceso general Ingenio Palo Gordo.

1.1.4. Preparación de la caña

La caña procedente del campo es pesada al ingresar al ingenio, se descarga en las mesas alimentadoras donde es lavada para eliminar impurezas, tales como arena, tierra, hojas secas, etc., y pasa a los conductores de caña donde se prepara para la molienda. Esta preparación consiste en desmenuzar la caña en pequeños pedazos utilizando para ellos juegos de cuchillas que giran entre 400 a 800 revoluciones por minuto, y que al golpear los tallos de caña los parten en pedazos de aproximadamente 5 a 15 cm de largo; esta preparación tiene como objetivo incrementar la densidad de la caña y obtener mejores resultados en la extracción del jugo.

1.1.5. Extracción del jugo

Constituye la primera etapa del proceso; el jugo de caña es extraído mediante compresión repetida de la caña en cada unidad de molino, los cuales constan de tres o cuatro cilindros horizontales llamados mazas, que son colocados en forma piramidal. Para ayudar a la extracción del jugo, se aplican aspersiones de agua o jugo diluido sobre la capa de bagazo según sale de cada molino, lo anterior es conocido como imbibición o maceración. Los mejores procedimientos de molienda logran extraer, en forma de jugo más del 95 % del azúcar que contiene la caña; este porcentaje se llama la extracción de sacarosa, o, más sencillamente la extracción.

El bagazo final que sale del último molino contiene el azúcar no extraído, la fibra con un 40 a 50 % de humedad. Este producto es transportado a las calderas para servir como combustible.

1.1.6. Clarificación

El objetivo primordial de la clarificación del jugo, es eliminar la cantidad máxima de impurezas que contiene el jugo extraído por los molinos, comprende una serie de operaciones:

- **Sulfitado:** (se realiza solo si se está fabricando azúcar blanca) consiste en quemar azufre, obteniéndose un gas llamado anhídrido sulfuroso, este se mezcla con el jugo, para aprovechar las cualidades de agente blanqueador del gas.
- **Alcalizado:** es el proceso de clarificación universal, que es utilizado para remover las impurezas, tanto solubles como insolubles, y consiste en agregar cal, en forma de lechada, con una dosificación estimada de 1,25 libras de cal por tonelada de caña, con lo que se neutraliza la acidez natural del jugo y se forman sales insolubles de cal, principalmente en forma de fosfatos de calcio.
- **Calentado:** se lleva el guarapo hasta el punto de ebullición o ligeramente arriba.
- **Decantación:** el jugo es introducido a unos tanques cerrados llamados clarificadores, donde el flujo es bastante lento, donde permite que las sales que se formaron con la ayuda del alcalizado y el calentamiento se precipiten formando lodos en el asiento de los tanques y el jugo claro salga por la parte superior donde es recolectado y trasegado a los evaporadores.

- **Filtrado:** el lodo, formado en el fondo de los clarificadores, es bastante rico en azúcar, y resulta económicamente provechoso recuperar ese azúcar, lo cual se logra mezclando este lodo con bagacillo o bagazo fino y pasarlo a filtros rotativos, que son tambores cilíndricos que están conectados a una bomba de vacío que succiona el jugo remanente y lo regresa al proceso. El jugo filtrado es reprocesado, mientras que el residuo final (cachaza) se desecha o bien se devuelve a los campos para ser utilizado como fertilizante.

1.1.7. Evaporación

La evaporación es la operación que extrae agua de una solución por vaporización, mediante la aplicación de calor en aparatos llamados de simple o múltiple efecto.

La fabricación del azúcar de caña requiere evaporar un alto grado del agua presente en el jugo, procedente de los clarificadores, que consiste en un 85 %, y el resto lo constituyen los sólidos. Hay que eliminar la mayor parte del agua para que quede un jarabe con un contenido en sólidos de 60 % o más.

El evaporador de simple efecto está constituido por una calandria con tubos verticales, generalmente de cobre, los cuales son intercambiadores de calor, que por un lado conducen el jugo, y por el otro el vapor que cede su calor latente para evaporar el agua presente en el jugo.

El evaporador de múltiple efecto más sencillo estaría constituido por dos evaporadores de simple efecto, conectados en serie, la salida del vapor del primer efecto sería la fuente de vapor del segundo; el múltiple efecto se extiende por general a tres, cuatro y más efectos.

Luego de que el jugo ha pasado por los evaporadores y se le ha dado una concentración de 60° a 65° brix, toma el nombre de meladura, el cual es trasladado al área de tachos.

1.1.8. Cristalización

La cristalización del azúcar se lleva a cabo en aparatos llamados “tachos al vacío”. La función de los tachos es la producción y desarrollo de cristales de azúcar satisfactorios a partir del jarabe del que se alimenta, y se logra a través de la concentración de la miel hasta quedar saturada de azúcar. Al llegar al punto de saturación, se introducen diminutos cristales que sirven de núcleos a los granos de azúcar.

Los núcleos crecen en varias etapas, llamadas tercera, segunda y primera, para un sistema de doble magma, y cada etapa corresponde a un tamaño y calidad de grano; el de primera es el azúcar comercial.

Luego de que se ha llegado a la máxima capacidad del tacho y la masa cocida tiene el brix adecuado (90° a 92° brix para la masa A, 94° a 96° brix para la masa B, 98° a 99° para la masa C), ésta es descargada y llevada a las centrifugas.

1.1.9. Centrifugado

Las centrifugas consisten en un canasto o tambor que posee telas o malla en todo el contorno, las cuales giran a 1 200 r.p.m. o más y por medio de fuerza centrífuga la masa cocida es enviada a la pared del tambor; la miel atraviesa las telas por medio de las perforaciones que tiene y los cristales se quedan atrapados en ellas, y así se logra la separación de granos y mieles.

La miel es enviada al área de tachos para su recirculación, y los granos de azúcar se transportan por medio de bandas al área de envasado.

1.1.10. Envasado

En esta área se realizan varias operaciones que son:

1.1.10.1. Secado del azúcar

Este se lleva a cabo en un tambor giratorio con una inclinación de 20°, por donde se hace circular aire caliente a contra corriente del azúcar, y evapora así la humedad de los cristales.

1.1.10.2. Enfriamiento del azúcar

Este consiste en pasar el azúcar por un tambor en cuyo interior está circulando aire a temperatura ambiente en contra corriente; al tener los cristales secos y fríos, se ha obtenido el azúcar comercial, que es transportada por medio de conductores a tolvas de pesaje y envasado.

2. MUESTREO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.1. Laboratorio de caña de un ingenio

El valor de la caña para un ingenio depende de la cantidad de azúcar que pueda ser recobrada a partir de ella y del costo asociado con su procesamiento. Es deseable por lo tanto contar con medios para evaluar la caña, de modo que el ingenio puede tasar su valor y efectuar ajustes en el proceso y en los equipos para que permitan producir azúcar eficientemente y a un costo mínimo.

Idealmente el ingenio debería de pagar por la caña el valor que se merece en términos de su efecto sobre la recuperación y los costos de procesamiento, si esto se lograra brindaría un incentivo económico a los cultivadores para producir una calidad de caña que maximiza la producción del azúcar.

En este contexto, caña de buena calidad permite obtener una alta recuperación de azúcar, mientras que los costos de procesamiento se minimizan.

Para medir la calidad de la caña se requieren sistemas de muestreo y análisis, disponiéndose en los ingenios azucareros del laboratorio de caña.

2.2. Equipos mecánicos utilizados en el laboratorio de caña de un ingenio

La función del laboratorio de caña es determinar la calidad de materia prima que ingresa al ingenio mediante muestreos y análisis, disponiendo para la

preparación de las muestras, equipos mecánicos, como la sonda mecánica, desfibradora, homogenizador y la prensa hidráulica, estos equipos se describen a continuación. Los equipos de laboratorio usados en el análisis de las muestras de caña, no se describirán en este trabajo.

- Sonda mecánica oblicua.

Equipo que se compone de una estructura fabricada con diferentes perfiles y láminas, de acero A-36, una sonda que va montada sobre un mecanismo que le da movimientos de traslación en sentido vertical (extraer muestra del vehículo), movimiento de rotación (cortar la fibra de la caña) y movimiento de giro (para depositar la muestra). El propósito de este equipo es extraer la muestra de caña del vehículo o jaula y depositarla en el recibidor para después trasladarla a la desfibradora.

- Desfibradora

Equipo compuesto de un motor eléctrico, que traslada movimiento de rotación a través de fajas y poleas a un eje que tiene montadas cuchillas afiladas, todo esto ensamblado en una estructura o bancazo de acero A-36.

La muestra de caña obtenida con la sonda es vaciada en una tolva que la lleva a las cuchillas que están girando a 3 500 rpm, esta velocidad hace que las partículas de la muestra de caña obtenida sean más finas, (caña picada), seguidamente la muestra es vaciada al homogenizador.

- Homogenizador

La finalidad de este equipo es obtener una muestra de caña picada, uniforme en tamaños de partículas, esto se obtiene a través de un equipo que se compone de un recipiente de metal en forma ovalada, que gira sobre su propio eje, cuyo movimiento es transmitido por un motor eléctrico, a través de poleas y fajas, y engranes de dientes rectos. Los movimientos circulares del recipiente durante un tiempo de un minuto, hacen que la muestra de caña en el interior se vuelva homogénea.

- Prensa hidráulica

De la muestra obtenida en el homogenizador, se pesa 500 gr, esta cantidad es llevada a la prensa hidráulica, donde es sometida a una presión de 241,3 bar (3 500 psi) durante un minuto, obteniendo jugo de caña y una torta residual de fibra de caña, al jugo se le realizan análisis de brix, pol, pH y azúcares reductores, para determinar la calidad de materia prima que está ingresando al ingenio. La prensa hidráulica se compone de un motor eléctrico, que da movimiento a una bomba hidráulica, esta transfiere flujo y presión de aceite a un cilindro hidráulico, el que finalmente comprime la muestra de caña.

2.3. Sonda mecánica oblicua para muestras de caña de azúcar

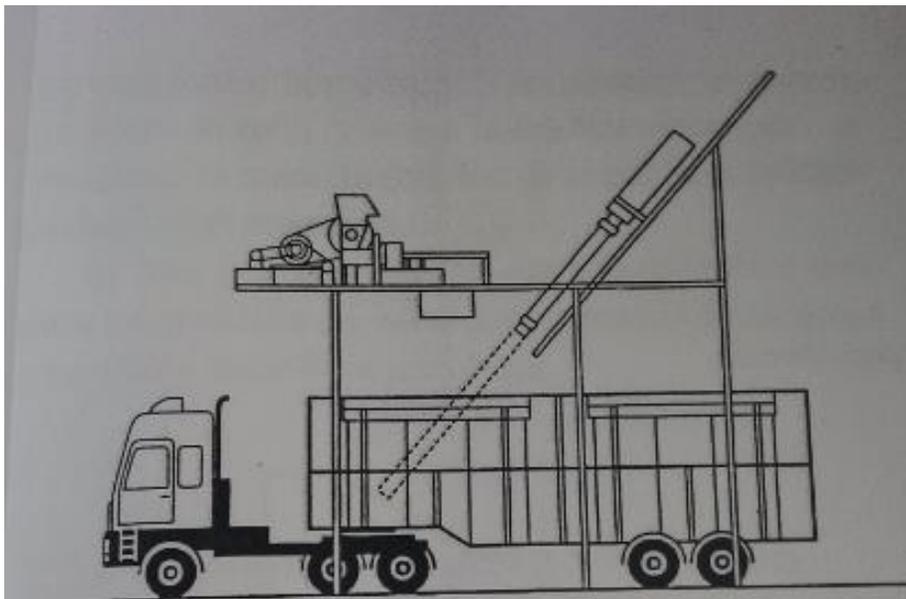
La sonda mecánica se utiliza para extraer muestras de caña de vehículos de entrega antes de ser descargados. Esta consiste en un tubo rotativo, de 150 a 200 mm de diámetro con dientes cortantes en su extremo libre. El tubo penetra a la caña en el vehículo desde arriba o desde un lado, cortando una muestra cilíndrica y profunda de caña que es descargada del tubo una vez que este ha sido retirado.

La sonda que entra por arriba, usualmente con una inclinación de aproximadamente 45° tiende a suministrar una muestra más representativa, generalmente la muestra extraída está entre 10 y 15 kg.

Si toda la caña se apila en la misma dirección, es probable que el tallo entero de caña sea muestreado, siempre que la longitud de la penetración de la sonda sea suficiente. Las sondas de entrada lateral tienden a muestrear preferencialmente una parte del tallo de la caña, las sondas de entrada lateral a altura fija no son recomendables ya que el vehículo puede ser cargado de tal manera que material de baja calidad y/o materia extraña no sean muestreados.

El esquema de una instalación típica de una sonda mecánica de entrada por arriba se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Esquema instalación sonda oblicua**



Fuente: REIN, Peter. *Ingeniería de la caña de azúcar*. p. 63.

La ventaja de muestrear caña al momento de su entrega al patio de caña, está en que la identidad de las diferentes entregas no tiene que ser seguida después de su descarga. Además la muestra del cultivador no es afectada por el deterioro debido a tardanzas en el patio de caña, que pueden ocurrir si los suministros de caña no se manejan eficientemente.

2.4. Componentes de una sonda mecánica oblicua

Un sistema de muestreo de caña de azúcar de este tipo consta de una estructura, la sonda, unidad hidráulica y panel de control.

- Estructura de soporte

Está conformada por una armazón generalmente de tubos o vigas de acero que soportan el equipo y va atornillada a las bases de concreto.

- Plataforma de soporte del carro de la sonda.

Es la estructura donde va montado el carro de la sonda y la unidad hidráulica, debe de tener el espacio adecuado para realizar mantenimiento y sus respectivos barandales de seguridad, fabricada con vigas “ I “ o tubo, láminas de piso, tubo de proceso, todo en acero A-36, esta va atornillada o soldada a la estructura de soporte.

- Carro de la sonda

Es la armazón donde va montada la sonda en sí y su equipo de transmisión de movimiento de traslación, rotación y de giro, (motor hidráulico,

reductor de velocidad, *sprocket* y cadenas RC. Esta armazón esta soldada a la plataforma de soporte.

- Sonda

Esta consiste en un tubo de acero inoxidable, que tiene movimiento rotativo, de 150 a 200 mm de diámetro con dientes cortantes en su extremo libre.

- Unidad hidráulica

Está conformada por motor eléctrico, bomba hidráulica, motor hidráulico, tanque de aceite, mangueras y tubos, enfriador de aceite a través de aire o agua, aceite, manómetros, filtros de aceite, termómetros.

- Panel de control eléctrico

El panel de control es el que utiliza el operador para manipular el equipo.

2.5. Diagrama de ubicación de equipos en el laboratorio de caña

En este apartado, se muestra la ubicación de los equipos mecánicos, utilizados junto con la sonda oblicua en la preparación de la muestra de caña a ser analizada, en el laboratorio de caña. Ver figura 3.

2.6. Características de la sonda oblicua a montar

A continuación se listan las características principales de la sonda a instalar.

- Ancho: 3,90 metros

Distancia de soporte a soporte en plano horizontal (espacio por donde ingresan los camiones para ser muestreados).

- Altura: 6,00 metros

Distancia del suelo a la parte inferior de la plataforma de soporte del carro.

- Alimentación eléctrica: 440 voltios.

Voltaje suministrado a motor eléctrico de la unidad hidráulica.

- Motor eléctrico: 60 HP, 1780 rpm.

Motor que da movimiento a bomba hidráulica.

- Bomba hidráulica: primaria 245 cm³/ revolución

Secundaria 140 cm³/ revolución

- Velocidad del ciclo de muestreo: 1 minuto con 45 segundos.

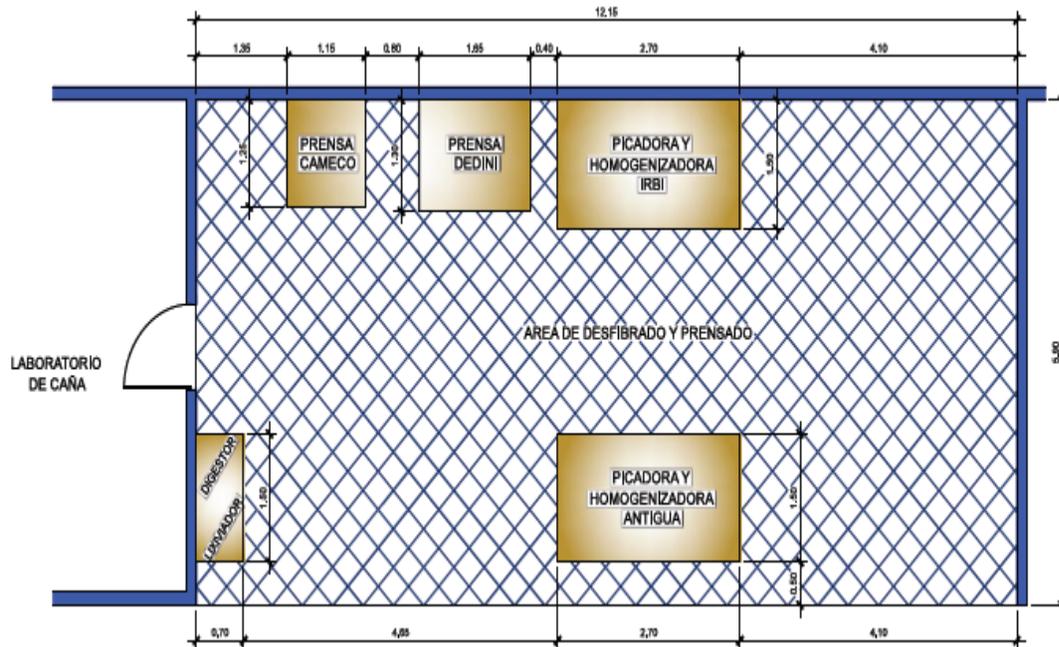
Tiempo desde que se empieza a mover la sonda hasta que deposita la muestra.

- Peso de la muestra de caña: 15 kg

- Largo de la sonda: 4,60 metros

- Diámetro de la sonda: 0,20 metros.

Figura 3. Ubicación de equipos mecánicos



Fuente: Laboratorio de caña Ingenio Palo Gordo.

3. CONCEPTOS A CONSIDERAR EN UN MONTAJE DE EQUIPO

Para la realización del montaje de un equipo, como el presentado en este trabajo, es necesario dar los lineamientos para realizarlo de una manera técnica, eficiente y económicamente razonable. Para esto se describirán conceptos que se consideran necesarios.

La aplicación de conceptos elementales de administración de un proyecto, de conocimientos de las características básicas de aplicación de perfiles de acero estructural, de dibujo técnico mecánico a la lectura de planos de fabricación de piezas, de aplicación de técnicas de elaboración de cronogramas o rutas de trabajo para control de proyectos, de métodos de soldadura necesarios para la realización de este montaje, así como conocimientos de fundición de bases de concreto de estructuras y de equipos hidráulicos, motores eléctricos, nivelación y alineación de equipos.

3.1. Administración de un proyecto

A continuación se hace una descripción del proceso de la administración de proyectos.

3.1.1. Administración

La palabra administración viene del latín *ad* (hacia, dirección, tendencia) y *minister* (subordinación u obediencia), y “significa aquel que realiza una función bajo el mando de otro, es decir, aquel que presta un servicio a otro”

(Chiavenato, 2004, p. 10). Sin embargo, en la actualidad, la palabra administración tiene un significado distinto y mucho más complejo porque incluye (dependiendo de la definición) términos como "proceso", "recursos", "logro de objetivos", "eficiencia", "eficacia", entre otros, que han cambiado radicalmente su significado original. Además, entender este término se ha vuelto más dificultoso por las diversas definiciones existentes hoy en día, las cuales, varían según la escuela administrativa y el autor.

Según Idalberto Chiavenato, la administración es "el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos para lograr los objetivos organizacionales" (Chiavenato, 2004, pág. 10). Igualmente "la administración es el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar los esfuerzos de los miembros de la organización y de aplicar los demás recursos de ella para alcanzar las metas establecidas", (Robbins y Coulter, 2005, p. 7).

Paralelamente, como parte de nuestro trabajo, definiremos el término proyecto, un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o un servicio único. Así, el resultado final buscado puede diferir con la misión de la organización que la emprende, ya que el proyecto tiene determinado específicamente un plazo y el esfuerzo es temporal. Resumiendo, "La administración de proyectos es el proceso de combinar sistemas, técnicas y personas para completar un proyecto dentro de las metas establecidas de tiempo, presupuesto y calidad." (Baker, 1999, p. 10)

3.1.2. Planeación

Los planes dan a la organización sus objetivos y fijan el mejor procedimiento para obtenerlos. Además permiten: a) que la organización consiga y dedique los recursos que se requieren para alcanzar sus objetivos; b)

que los miembros realicen las actividades acordes a los objetivos y procedimientos escogidos, y c) que el progreso en la obtención de los objetivos sea vigilado y medido para imponer medidas correctivas en caso de ser insatisfactorio (Stoner y Wankel, 1989, p. 14). Citando otra definición “la planeación es seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales”(Terry y Franklin, 1988, p. 195)

Ciertos objetivos se alcanzan con relativamente poca planeación, pero en esta edad moderna en las que algunas tareas se han vuelto bastante complejas, en donde se halla involucrada más tecnología y más personas desean estar informadas y participar en lo que se va a hacer, y con la siempre creciente diversidad de productos y servicios, la planeación es una necesidad.

- Ventajas de la planeación:
 - Requiere actividades con orden y propósito
 - Señala la necesidad de cambios futuros
 - Proporciona una base para el control
 - Estimula la realización
 - Obliga a la visualización del conjunto
 - Aumenta y equilibra la utilización de las instalaciones

- Desventajas de la planeación:
 - La planeación está limitada por la exactitud de la información y de los hechos futuros
 - La planeación cuesta mucho
 - La planeación ahoga la iniciativa

- La planeación demora las acciones

Los pasos de la planeación de un proyecto se pueden resumir así:

- Perfeccionamiento del alcance del proyecto.
- Listado de tareas y actividades que llevaran al logro de las metas.
- Secuencia de actividades.
- Desarrollo de un calendario y presupuesto.
- Con seguir que el plan sea aprobado por los terceros apropiados.

3.1.3. Ejecución

En la administración, la fase de la ejecución conlleva dos términos que van ligados; organización y dirección.

- Organización

Para entender este concepto citaremos la siguiente definición:

“Es establecer relaciones efectivas de comportamiento entre las personas de manera que puedan trabajar juntas con eficiencia y obtengan satisfacción personal al hacer tareas seleccionadas bajo condiciones ambientales dadas para el propósito de realizar alguna meta u objetivo”. (Terry y Franklin, 1988, p. 250).

Como lo sugiere esta definición la función organizadora de la administración reúne los recursos físicos y humanos en una forma ordenada y los acomoda en un patrón coordinado para alcanzar los objetivos planeados. Cuando un grupo de dos o más personas trabaja en conjunto hacia un objetivo

común, la relación e interacción entre ellas da origen a problemas tales como quien decide qué asuntos, quien hace que trabajo y que acción debe emprenderse cuando existen ciertas condiciones, entonces para solucionar esto, se hace necesaria la dirección .

- Dirección.

La dirección describe como los administradores dirigen e influncian a sus subordinados, haciendo que otros efectúen las tareas esenciales. Crean la atmosfera adecuada y de ese modo ayudan a sus subordinados a crear su mayor esfuerzo. A esta función se le conoce por varios nombres: dirección, liderazgo, motivación, estimulación y otros. Pero cualquiera que sea el nombre con que se le designe, esta función consiste en hacer que los miembros de la organización actúen de modo que contribuyan al logro de los objetivos.

A diferencia de la planeación y la organización que se ocupan de los aspectos más abstractos del proceso administrativo, la dirección es una actividad muy concreta: requiere trabajar directamente con la gente.

A continuación se puede decir que la fase de ejecución en un proyecto se resume así:

- Asegurar los recursos necesarios, (dinero, personal, equipo, tiempo)
- Reunirse con los miembros del equipo
- Comunicarse con los terceros involucrados
- Resolver los conflictos o problemas que puedan surgir
- Dirigir el equipo

3.2. Control

Se puede definir el término control como el proceso de monitorear las actividades de la organización para comprobar si se ajustan a lo planeado y para corregir las fallas o desviaciones. El control en una organización, consta de tres elementos esenciales, a) Establecer las normas de desempeño, b) Medir el desempeño actual y compararlo con las normas establecidas, c) Tomar medidas para corregir el desempeño que no cumpla con esas normas.

Dado lo anterior la fase de control en un proyecto incluye las siguientes actividades:

- Vigilar las desviaciones del plan
- Empezar acciones correctivas
- Recibir y evaluar cambios solicitados en el proyecto
- Cambiar los calendarios del proyecto
- Adaptar los niveles de recursos
- Cambiar el alcance del proyecto
- Regresar a la etapa de planeación para hacer ajustes

3.2.1. Perfiles de acero estructural

El acero estructural puede laminarse económicamente en una amplia diversidad de formas y tamaños sin un cambio apreciable de sus propiedades físicas. En este apartado, se mencionará la forma de describir y significado de la misma, en los perfiles enunciados, también se mostrará tablas en donde se muestran características físicas, de resistencia, etc., no se entrará en detalles específicos utilizados para diseño de estructuras.

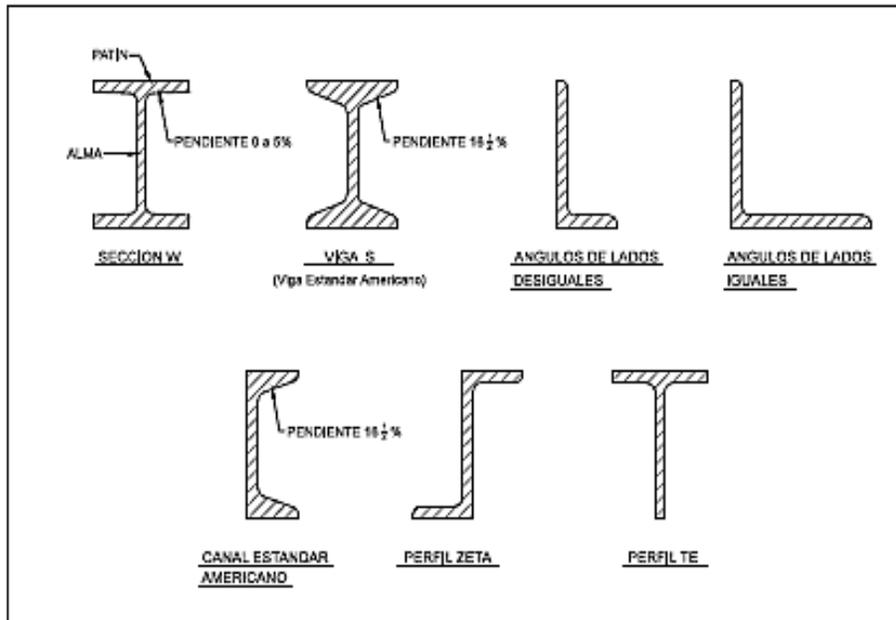
La mayoría de las estructuras de acero, se fabrican con un acero estructural al carbón denominado A-36, por las normas ASTM. El manual que tiene la información más completa sobre los perfiles de acero estructural es el *Manual of Steel Construction*, publicado por la AISC (American Institute of Steel Construction) los perfiles de acero se identifican por la forma de su sección transversal, ver figura 4, los más utilizados comercialmente son los que se describen a continuación.

3.2.2. Vigas I

Para describir estas vigas es necesario distinguir las vigas estándares americanas, que se llamará I, y las vigas de patín ancho denominadas WF, ya que ambas tienen sección en I.

El lado interno de los patines de una viga WF, puede ser paralelo al lado externo, o casi paralelo con una pendiente máxima de 1:20 en la superficie interior, dependiendo del fabricante.

Figura 4. **Sección transversal de perfiles**



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 23.

Las vigas I, que fueron las primeras en laminarse en América, tienen una pendiente en el lado interno del patín de 1:6. Las vigas WF o de patín ancho, abarcan en los Estados Unidos, cerca del 50 % del tonelaje de los perfiles laminados de acero estructural en la actualidad.

A continuación se describe la nomenclatura a de este tipo de perfiles.

- Un perfil WF 8 X 22, corresponde a una viga WF de patín ancho de aproximadamente 8 pulgadas de peralte, con peso de 22 libras/pie.
- Un perfil I 12 X 35, corresponde a una viga I de 12 pulgadas de peralte, con peso de 35 libras/pie. Ver anexo 1.

- Los perfiles WF son probablemente las formas más usadas, para estructuras sometidas a esfuerzos de compresión (columnas) y flexión (vigas). Ver anexo 2.

3.2.3. Vigas C

Los canales de acero se usan comúnmente, como miembros sujetos a tensión, como largueros, pero tienen poca resistencia a la flexión lateral. También los canales son usados algunas veces como vigas para cargas ligeras y en los lugares en donde, por el espacio disponible, se requiere de patines delgados, pero debido a la baja resistencia a las fuerzas laterales requieren contraviento. Ver perfil en figura 5.

La nomenclatura de este tipo de perfil se detalla a continuación:

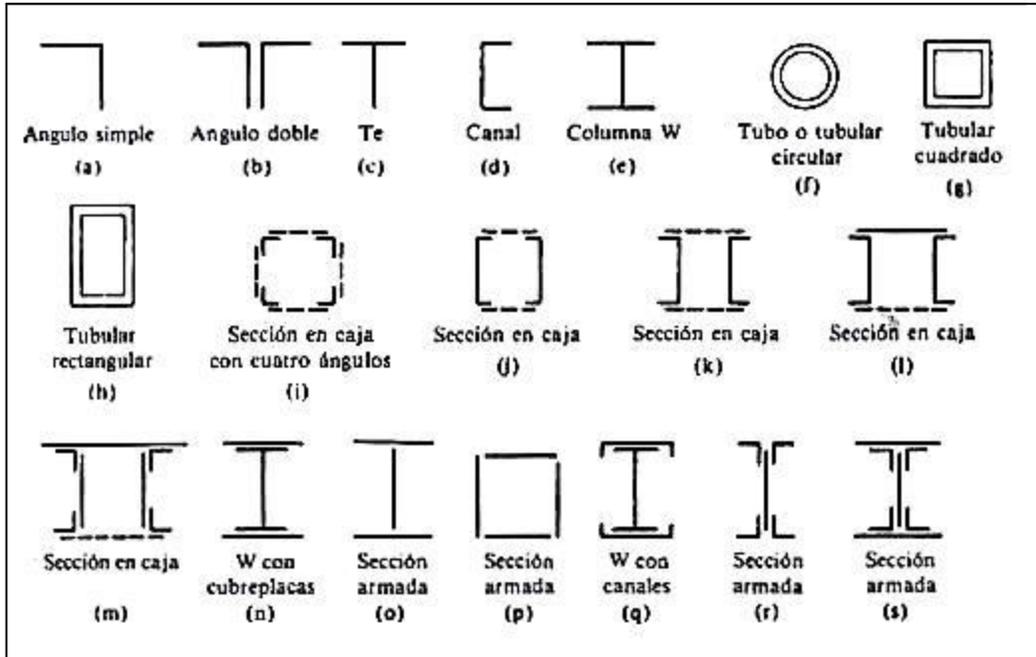
- Un perfil C 10 X 30, corresponde a una viga canal de 10 pulgadas de peralte, con peso de 30 libras/ pie. Ver anexo 3.

3.2.4. Angulares

En los comienzos de las estructuras de acero, los miembros sujetos a tensión, eran varillas o perfiles redondos compactos, actualmente estos se forman de ángulos sencillos, pares de ángulos, canales, perfiles WF. Los ángulos sencillos y los pares de ángulos, (espalda a espalda o estrella) son probablemente los tipos más frecuentes de miembros sujetos a la tensión. Ver perfil en figura 5.

Un ángulo de 4 x 4 x ½, es un ángulo de lados iguales de 4 pulgadas y ½ pulgada de espesor. Anexo 4.

Figura 5. Secciones de perfiles fabricados y armados



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 74.

3.2.5. Tubos

Para cargas pequeñas y medianas los tubos y las secciones tubulares redondas, son bastante satisfactorias. A menudo se usan como columnas cortas en estructuras livianas, como columnas para techo de pasillos, etc. Las columnas de tubo redondo tienen la ventaja de ser igualmente rígidas en todas direcciones, y son también muy económicas. En el anexo 5 se muestran las cargas de seguridad en tubos de tamaño estándar (ASTM A501) que se utilizan como columnas. Para tubos extrafuertes y dobles extrafuertes para columnas, las cargas de seguridad se incrementarían aproximadamente en la misma proporción que el peso por pie.

3.3. Revisión e interpretación de planos y especificaciones

En esta sección se presentan las nociones fundamentales, para la lectura de planos o dibujos para la ubicación de estructuras, construcción de estructuras mecánicas, tomando en cuenta maquinado de piezas y unión de piezas a través de soldadura.

3.3.1. Planos de conjunto

Para este caso un plano o dibujo de conjunto, es el que muestra la estructura completa. Y deben de tomarse en cuenta las siguientes consideraciones, para una lectura clara y exacta:

- Abreviaturas: deben de ser congruentes con los estándares de dibujo del país o los específicos de la compañía.
- Estándares de dibujo: los dibujos deben apegarse a los estándares en relación con el tamaño del plano, formato, arreglo de las vistas, tipos de línea, escala, altura y dimensiones de letra, notas y apariencia general.
- Dimensiones: el dibujo debe de estar dimensionado por completo y las dimensiones estar situadas claramente.
- Ángulos y radios de dibujo: deben especificarse los ángulos de dibujo, filetes y radios de las esquinas.
- Escala: el dibujo debe de estar a escala y esta indicarse.
- Símbolos: siempre que sea posible deben usarse símbolos en vez de palabras. la colocación y uso de símbolos debe de reflejar los estándares más recientes.
- Vistas: deben mostrarse suficientes vistas completas y de sección, y deben estar en una relación apropiada una con otra.

- Material: deben mostrarse dimensiones, tipo de material (tipo y característica de perfiles a usar).

3.3.2. Planos de detalle

Los planos de detalle proporcionan la información necesaria para la manufactura de las partes. Esta información puede clasificarse bajo tres características: descripción de la forma, descripción del tamaño y especificaciones.

- Descripción de la forma: esto se refiere a la selección y número de vistas para mostrar o describir la forma de la parte. La parte puede mostrarse tanto en proyección panorámica como ortográfica, esta última es la que se usa con más frecuencia. Pueden agregarse las vistas transversales, auxiliares y de detalles ampliados con objeto de brindar una imagen más clara de la parte.
- Descripción del tamaño: después de lo anterior, se agregan al dibujo las dimensiones que precisan el tamaño y la localización de las características de la forma. El proceso de manufactura influirá en la selección de algunas dimensiones, tales como las características de los datos.
- Especificaciones: este término se refiere a las notas generales, materiales, tratamientos térmicos, acabados, tolerancias generales y número que se requiere.

3.3.3. Planos de taller

Para el montaje se le llamará planos de taller a los dibujos que muestran las piezas a fabricar, unir, dar forma a una lámina de metal o maquinar en un taller industrial, también llamado taller de tornos.

Para esto se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:

- Soldadura fuerte, uniones y soldadura: el dibujo debe incluir notas o símbolos locales o generales, cuando proceda, acerca del método de fabricación que debe emplear.
- Fundición: cuando la parte vaya a ser hecha por medio de fundición deben darse suficientes tolerancias para el dibujo, el pandeo, etc.
- Centros. si la manufactura se facilita al contar con centros de maquinado, éstos deben especificarse en el dibujo.
- Tolerancias: las tolerancias que se especifiquen por medio de las dimensiones lineales y angulares y por las notas locales, generales o del recuadro de título, deben garantizar el ensamble y el funcionamiento correcto de las partes. Las tolerancias deben ser tan flexibles como lo permita el diseño.

3.3.4. Símbolos básicos de soldadura

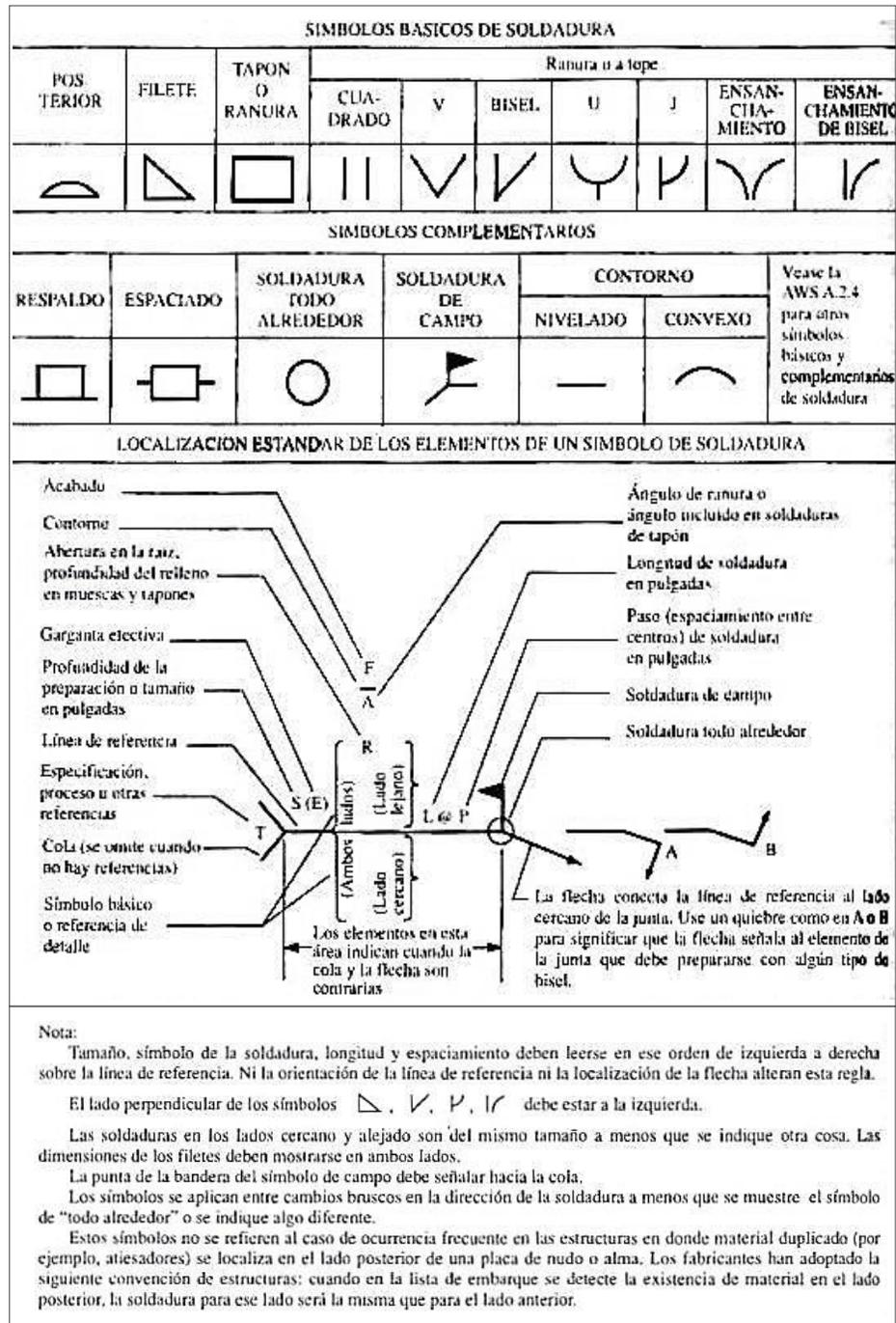
El propósito de este apartado no es enseñar al lector todos los símbolos posibles, sino más bien darle una idea general de la apariencia de ellos y la información que puede contener. Para mayores datos puede consultar la

información detallada publicada por la American Welding Society, AWS, (Sociedad Americana de Soldadura).

Las figuras 6 y 7 presentan métodos de identificación de soldaduras mediante símbolos, desarrollado por la AWS.

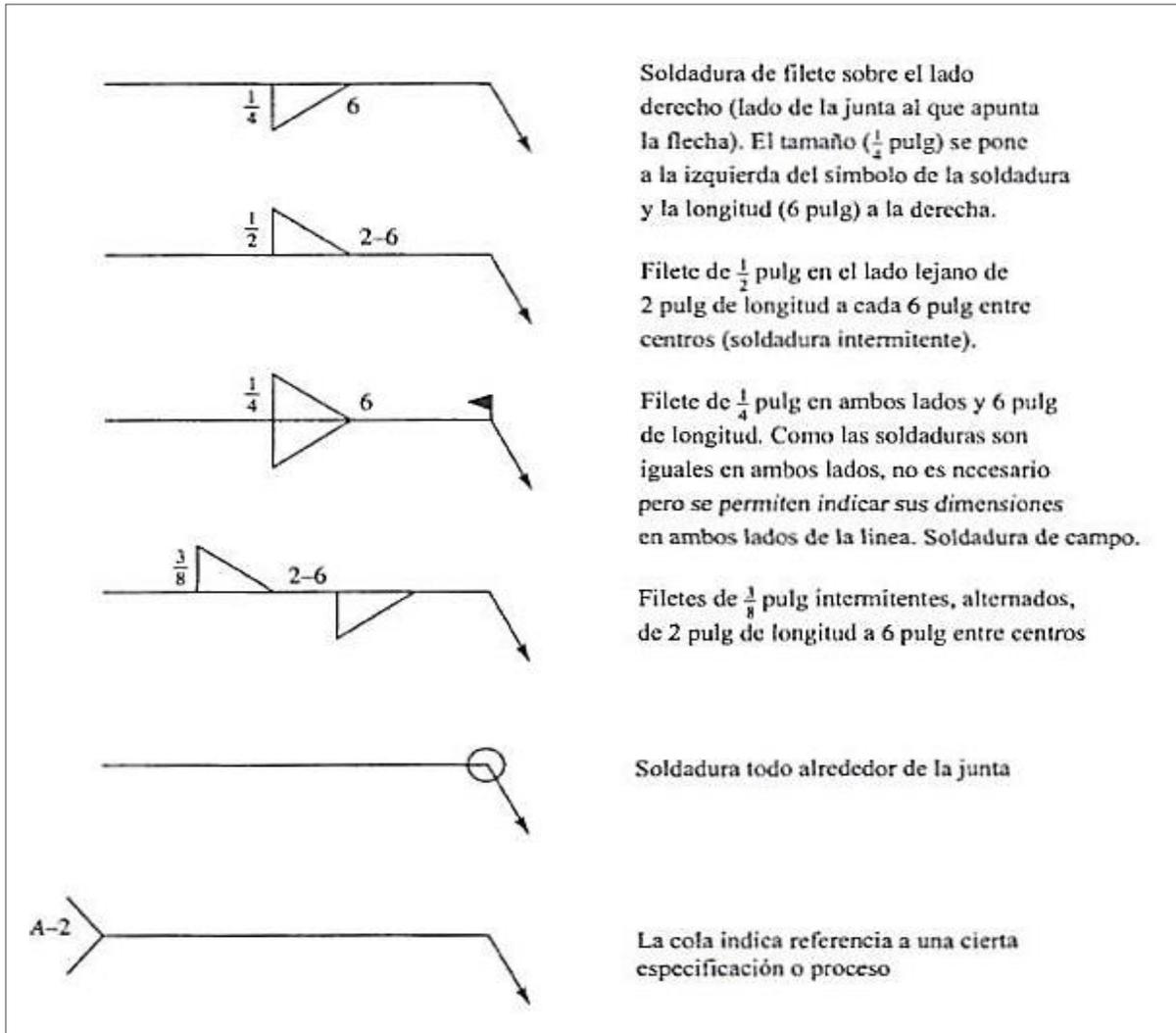
Con este excelente sistema taquigráfico, se da en general toda la información necesaria con unas cuantas líneas y números, ocupando apenas un pequeño espacio en los planos y dibujos de Ingeniería. Estos símbolos eliminan la necesidad de dibujos de la soldadura y la realización de largas notas descriptivas. Si la mayoría de las soldaduras indicadas en un dibujo son de las mismas dimensiones, puede ponerse una nota al efecto y omitir los símbolos, excepto en las soldaduras fuera de medida.

Figura 6. Identificación de soldaduras mediante símbolos



Fuente: McCORMAC, Jack C. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 340.

Figura 7. Complemento identificación de soldaduras mediante símbolos



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 340.

3.4. Diagrama de Gantt

A continuación se realiza una descripción del Diagrama de Gantt.

3.4.1. Conceptos básicos

Uno de los primeros métodos y mejor conocido de la administración de proyectos es el ideado por Henry L. Gantt.

Una gráfica o diagrama de Gantt es un método gráfico de planeación y control que permite visualizar fechas de inicio y terminación de varias tareas.

Es en sí un cronograma de actividades, donde se representa gráficamente la programación de las tareas o actividades que permitirán la consecución de los objetivos del proyecto, teniendo en cuenta el alcance, el tiempo y los costos. Entre finales del siglo XIX y principios del XX, Frederick Taylor (1856–1915) comenzó a realizar estudios detallados del trabajo. Aplicó el razonamiento científico y demostró que el trabajo puede analizarse y mejorarse si se centra en las partes fundamentales. Puso en práctica sus ideas en las tareas realizadas en las fundiciones de acero, como recoger arena con la pala y levantar y trasladar piezas.

Anteriormente, la única manera de mejorar la productividad era exigir a los trabajadores más esfuerzo y más horas de trabajo. Taylor presentó el concepto de trabajar con más eficiencia en lugar de más esfuerzo y tiempo. La inscripción en la tumba de Taylor en Filadelfia avala su lugar en la historia de la administración: "El padre de la administración científica".

El socio de Taylor, Henry Gantt (1861–1919), estudió detalladamente el orden de las operaciones en el trabajo. Sus estudios de administración se centraron en la construcción de embarcaciones para la marina durante la Primera Guerra Mundial. Sus diagramas de Gantt, que contienen barras de tareas y marcadores de hitos, describen la secuencia y duración de todas las tareas de un proceso. Los diagramas de Gantt demostraron ser una herramienta analítica tan eficaz para los gerentes que se mantuvieron prácticamente sin cambios durante casi cien años. A comienzos de los años noventa del siglo XX, Microsoft Office Project agregó por primera vez líneas de vínculo a estas barras de tareas, que representan de manera más precisa las dependencias entre las tareas.

Año tras año, Microsoft Office Project ha ido comprimiendo aún más información en las líneas, como líneas de progreso (líneas de progreso: representación visual del progreso del proyecto mostrada en la vista Diagrama de Gantt. Las líneas de progreso conectan las tareas en curso, creando un gráfico en el diagrama de Gantt que indica el trabajo que va por detrás de lo programado y picos para representar el trabajo que va por delante de lo previsto.). Frente a una línea de base, desviaciones (variación: diferencia entre la información de línea base de la tarea o el recurso y la programada. Suelen tener lugar cuando se establece un plan de línea base y comienza a especificarse la información real en la programación. Las variaciones pueden producirse en trabajo, costos y programación) y líneas que representan el progreso de estado en un punto de tiempo particular.

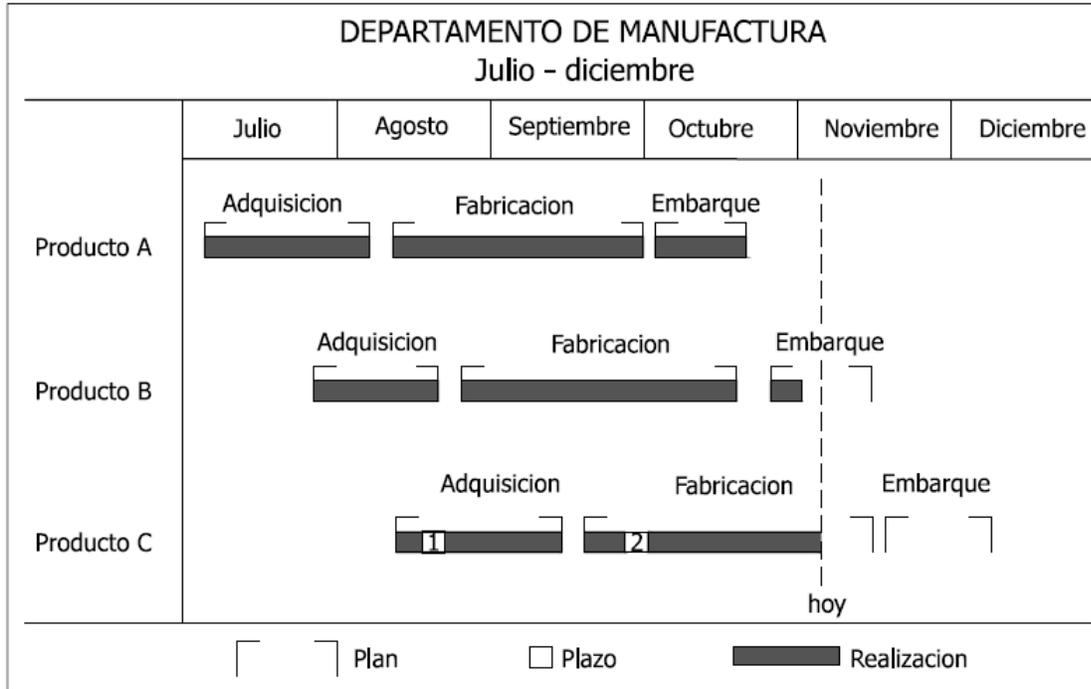
En la actualidad, el legado de Henry Gantt se recuerda con una medalla entregada en su nombre por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).”

3.4.2. Como hacer un Diagrama de Gantt

Para explicar esto se tomará como base el ejemplo siguiente, el proyecto se divide en dos tareas individuales, en cada una, se hacen estimaciones sobre el tiempo requerido y la fecha de terminación necesaria para cumplir con la fecha de conclusión especificada del proyecto. Esta información se muestra mediante un par de corchetes, uno de los cuales indica la fecha de inicio y el otro la de terminación para cada tarea. La grafica de Gantt permite al gerente del proyecto, tomar compromisos basándose en los tiempos planeados de terminación, adquirir recursos adicionales para abreviar algunos de los tiempos, etc.

En la figura 8, el embarque del producto B está un poco atrasado. Puede aplicarse un esfuerzo adicional a las partes rezagadas de una actividad, antes que se vea amenazado el cumplimiento de la fecha de terminación global.

Figura 8. Ejemplo de Diagrama de Gantt



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 214.

Si se selecciona la fecha en la que deben tener lugar cierto logro, decisión o acontecimiento y si se indica esa fecha sobre la barra horizontal de la gráfica, se habrá creado un plazo o hito. Este puede ser la fecha en la que se adopta una decisión respecto al financiamiento externo, cuando se planea anunciar el proyecto al medio industrial, cuando está programado un análisis detallado del avance del proyecto o cualquier otra cosa. La programación por fechas denota plazos seleccionados a través de los cuales se llevaran a cabo las fases del proyecto entero. Así pues, los plazos aportan detalles a la gráfica de Gantt. Sirven de punto de revisión formal y en ellos es posible analizar los costos, el avance y la necesidad de replanear o programar una modificación. En la figura 8, los plazos aparecen sobre las barras del producto C para indicar: 1) el envío

de las órdenes definitivas de compras y 2) la terminación de la primera inspección de calidad.

Las gráficas muestran la relación entre los planes de una misma tarea, pero no de diferentes tareas. Modificar una gráfica de Gantt para superar esta limitación lleva a formar una red. Las gráficas de Gantt son adecuadas para programar una serie de actividades no relacionadas entre sí, por ejemplo, las series independientes de producción en una operación de órdenes de producción. La programación por fechas puede utilizarse para dividir un gran proyecto en subactividades, de manera que los gerentes adquieran mayor control. Pero ninguno de los dos métodos puede ocuparse debidamente de las interrelaciones existentes entre las actividades o eventos que caracterizan a los proyectos y programas más complejos. En tales circunstancias se necesita alguna clase de análisis de redes. Las dos principales técnicas de redes son (PERT, técnica de evaluación y revisión de programas) y CPM (método de la ruta crítica).

3.5. Procesos de soldadura

Es imposible determinar cuándo se originó la soldadura, pero ello sucedió hace varios miles de años. El arte de trabajar metales, incluyendo la soldadura, fue un arte en la antigua Grecia desde hace por lo menos tres mil años, pero la soldadura había sido practicada, sin duda alguna, durante muchos siglos antes de aquellos días. La soldadura antigua era probablemente un proceso de forja en el que los metales eran calentados a cierta temperatura (no a la etapa de fusión) y unidos a golpe de martillo. En este capítulo se hará énfasis en la soldadura por arco eléctrico, por ser la más usada en reparaciones, mantenimientos y en la mayoría de los montajes de estructuras.

3.5.1. Generalidades

La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido. La adopción de la soldadura estructural fue muy lenta durante varias décadas, porque muchos ingenieros pensaban que la soldadura tenía dos grandes desventajas, primero, que las soldaduras tenían poca resistencia a la fatiga y segundo, que era imposible, asegurar una alta calidad de soldadura si no se contaba con una inspección irracionalmente alta y costosa. Algunas de las ventajas de la soldadura se presentan en los párrafos siguientes:

- Los costos de aplicar soldadura son menores pues se ahorra tiempo en preparar placas de empalme cuando se usan pernos o remaches, y por consiguiente se elimina peso del acero a la estructura.
- La soldadura tiene una zona de aplicación mucho mayor, por ejemplo unir columnas de tubos de acero con otros tipos de perfil.
- Es más fácil realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje, y a menor costo, si se usa la soldadura.

3.5.2. Tipos de soldadura

De los más de cuarenta procesos de soldadura utilizados actualmente sólo unos cuantos son industrialmente importantes. Las soldaduras por arco eléctrico, por gas y por resistencia son los tres tipos de soldadura más importantes. Las piezas a trabajar son fundidas a lo largo de un borde o superficie en común, de manera que el metal en fusión y usualmente un metal

de aportación puedan formar un charco o mezcla de fusión. Las piezas están soldadas cuando dicha mezcla se solidifica.

La soldadura con gas, en su forma más común, es con oxiacetileno la cual obtiene el calor por medio de la combustión de gases inflamables; sin embargo, este proceso es lento comparado, con otros métodos de soldeo más modernos, por lo tanto la soldadura por gas se usa principalmente en reparaciones y mantenimiento y no en una mayor producción masiva.

El principal proceso de soldadura es por arco, en donde el calor es generado por un arco eléctrico cerrado entre un electrodo o barra y la pieza a soldar. El arco está a alta temperatura por lo que la fusión y subsiguiente solidificación ocurren muy rápido. La soldadura por resistencia eléctrica es ampliamente utilizada, especialmente en trabajos de producción masiva. Como en la soldadura por arco, la soldadura por resistencia emplea electricidad, pero no se genera arco, en su lugar el calor se crea de la pérdida por efecto Joule, de manera que una corriente de alto amperaje es enviada a través de la junta entre las dos superficies a unir.

3.5.3. Soldadura por arco eléctrico

En la soldadura por arco eléctrico, la barra metálica que se usa denominada electrodo, se funde dentro de la junta a medida que la misma se realiza. En este tipo de soldadura, se forma un arco eléctrico entre las piezas que se sueldan y el electrodo sostenido por el operador con algún tipo de porta electrodo o maquina automática. El arco es una chispa continua, que parte del electrodo a las piezas que se sueldan, provocando la fusión. La resistencia del aire o gas entre el electrodo y las piezas que se sueldan, cambia la energía

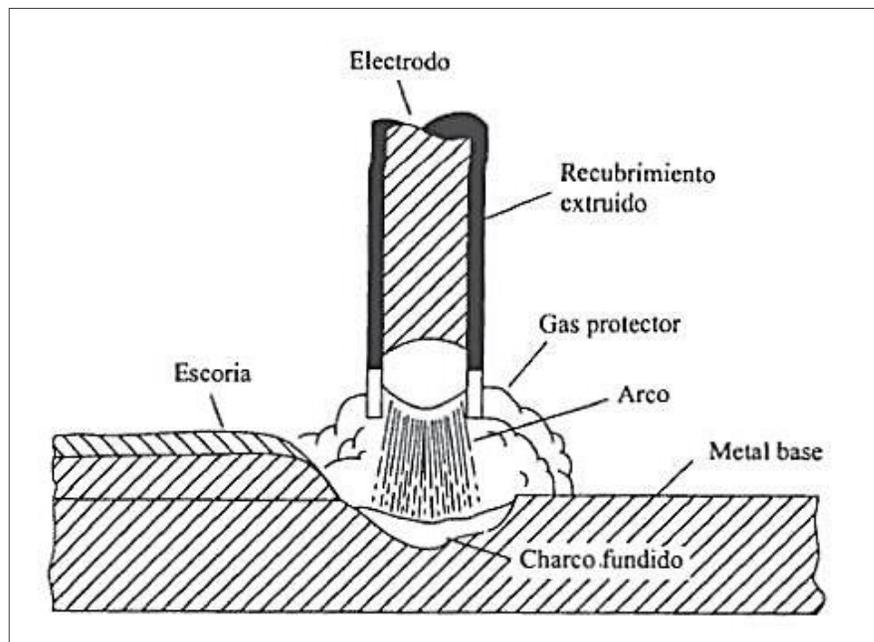
eléctrica en calor. Se produce en el arco una temperatura que fluctúa entre los 6 000 y 10 000 °F (3 200 y 5 000°C).

A medida que el extremo del electrodo se funde, se forman pequeñas gota o glóbulos de metal fundido y que son forzadas por el arco hacia las piezas por unir, penetrando en el metal fundido para formar la soldadura. El grado de penetración puede controlarse con precisión por la corriente consumida. Puesto que las gotas fundidas de los electrodos, en realidad son impulsadas en la soldadura, la soldadura de arco puede usarse con éxito en trabajos sobre cabeza. El acero fundido en estado líquido puede contener una cantidad muy grande de gases en solución y si no hay protección contra el aire circundante, este puede combinarse químicamente con el oxígeno y el nitrógeno. Después de enfriarse, las soldaduras quedarán relativamente porosas debido a pequeñas bolsas formadas por los gases. Esas soldaduras son relativamente quebradizas y tienen mucha menor resistencia a la corrosión. Una soldadura debe protegerse utilizando un electrodo recubierto con ciertos compuestos minerales.

El arco eléctrico hace que el recubrimiento se funda creando un gas inerte o vapor alrededor del área que se suelda. El vapor actúa como un protector alrededor del metal fundido y lo protege de quedar en contacto directo con el aire circundante. También deposita escoria en el metal fundido, que tiene menor densidad que el metal base y va a la superficie protegiendo a la soldadura del aire mientras se enfría. Después del enfriamiento, la escoria puede removerse fácilmente con un picador y con un cepillo de alambre (esa remoción es indispensable antes de la aplicación de pintura o de otra capa de soldadura). En la figura 9 se muestran los elementos del proceso de soldadura por arco protegido.

El tipo de electrodo es muy importante y afecta decididamente las propiedades de la soldadura tales como resistencia, ductilidad y resistencia a la corrosión. Se fabrican un buen número de diferentes tipos de electrodos, y el tipo por utilizar en cierto trabajo depende del tipo de metal que se suelda, la cantidad de metal que se quiere depositar, la posición del trabajo, etc. Los proveedores de electrodos generalmente elaboran manuales en donde nos indican sus características.

Figura 9. **Elementos del proceso de soldadura de arco metálico protegido**



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 332.

Otro aspecto muy importante a considerar es la inspección de la soldadura, para asegurarse de que esta está bien aplicada se debería de seguir tres pasos:

- Establecer buenos procedimientos de soldadura.
- Utilizar soldadores calificados.
- Emplear inspectores competentes en el taller y en la obra.

Cuando se siguen los procedimientos establecidos por la AWS y la AISC, para buenas soldaduras, cuando se usan los servicios de buenos soldadores que previamente hayan demostrado su habilidad, con seguridad se obtienen buenos resultados, sin embargo, la seguridad absoluta solo se tendrá cuando se utilicen inspectores capaces y también calificados.

Para lograr una buena soldadura existe una serie de factores entre los que pueden mencionarse la selección apropiada de electrodos, corriente y voltaje; propiedades del metal base y de aportación; posición de la soldadura. La práctica usual en los trabajos grandes, es emplear soldadores que tienen certificados que muestren sus calificaciones, además no es mala práctica que cada soldador ponga una marca de identificación en cada una de sus soldaduras, de modo que las personas que frecuentemente realizan un mal trabajo pueden identificarse. Entre las inspecciones de soldadura, mencionamos las siguientes:

- Inspección visual

En esta inspección se reconocerán buenas soldaduras en su forma, dimensiones y apariencia general.

- Líquidos penetrantes

Diversos tipos de tinturas (de baja tensión superficial) pueden aplicarse sobre las superficies de soldadura, estos líquidos penetrarán en cualquier

defecto como grietas, que se encuentren en la superficie y sean poco visibles; después que la tintura ha penetrado en las grietas, se limpia el exceso de la misma y se aplica o un polvo absorbente u otro líquido que al secar deje una película absorbente, este extraerá a la superficie la tintura, y revelará la existencia de la grieta delineándola en forma visible al ojo humano.

- Partícula magnética

Con este proceso la soldadura a inspeccionar se magnetiza eléctricamente, los bordes de las grietas superficiales o cercanas a la superficie se vuelven polos magnéticos (norte y sur cada lado de la grieta) y si se riega polvo seco de hierro o un líquido con polvo en suspensión, con esto la grieta queda detectada en localización, forma y tamaño. La desventaja del método, es que en caso de una soldadura realizada con cordones múltiples, el método debe aplicarse para cada cordón.

- Prueba ultrasónica

Si bien el equipo para realizar este tipo de inspección tiene un costo alto, este resulta bastante útil en la inspección de ciertos tipos de soldadura. Las ondas sónicas se envían a través del material que va a probarse y se reflejan en el lado opuesto del mismo, la onda reflejada se detecta en un tubo de rayos catódicos, los defectos en la soldadura afectan el tiempo de transmisión del sonido y el operador puede leer en el cuadro del tubo, la localización de las fallas y conocer que tan importantes son.

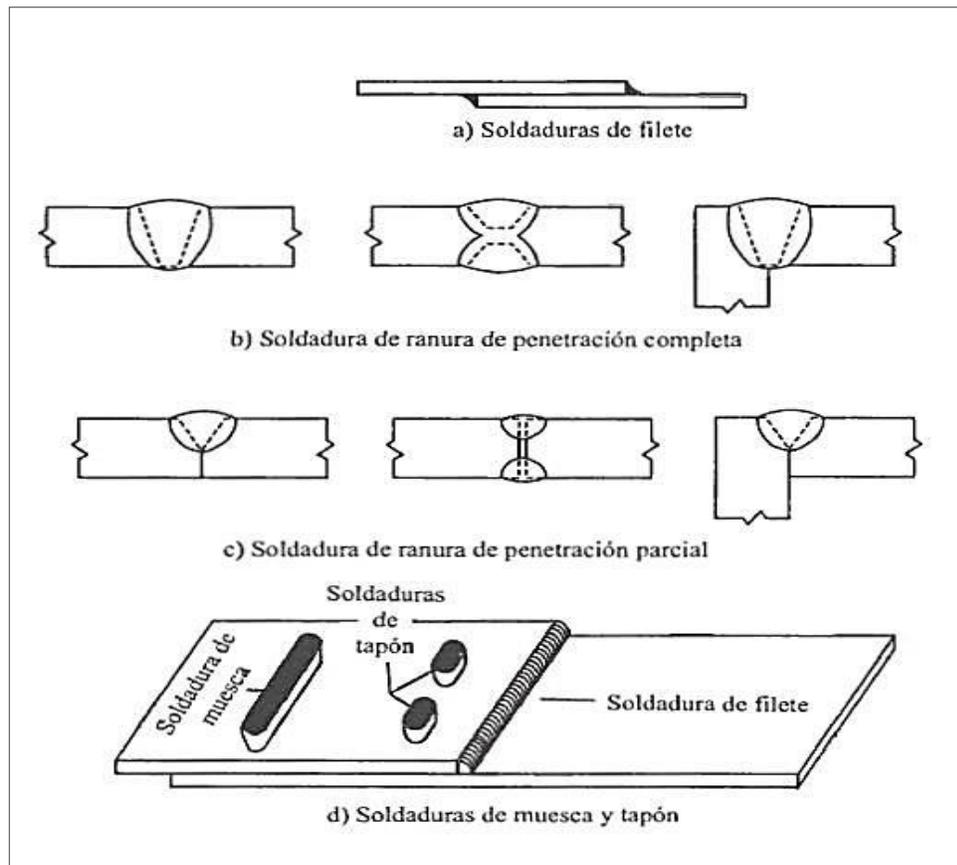
- Procedimientos radiográficos

Los métodos radiográficos más costosos suelen utilizarse para verificar soldaduras ocasionales en estructuras importantes, de estas pruebas es posible realizar una estimación del porcentaje de soldaduras defectuosas en una estructura. El uso de máquinas de rayos-xportátiles, donde el acceso no es un problema y el uso de radio o cobalto radioactivo para tomar fotografías, son métodos de prueba excelentes pero costosos. Una desventaja es el peligro de la radioactividad. Deben utilizarse procedimientos cuidadosos para proteger tanto a los técnicos como a los trabajadores cercanos. A continuación describiremos tres clasificaciones para las soldaduras, y están basadas en el tipo de soldadura realizada, posición de las soldaduras y tipo de junta.

- Por tipo de soldadura

Los dos tipos de principales de soldadura son las soldaduras de filete y las soldaduras a tope o con bisel. Existen además las soldaduras de tapón y de ranura, que no son comunes en el trabajo estructural. Estos cuatro tipos de soldadura se muestran en la figura 10.

Figura 10. Tipos de soldadura

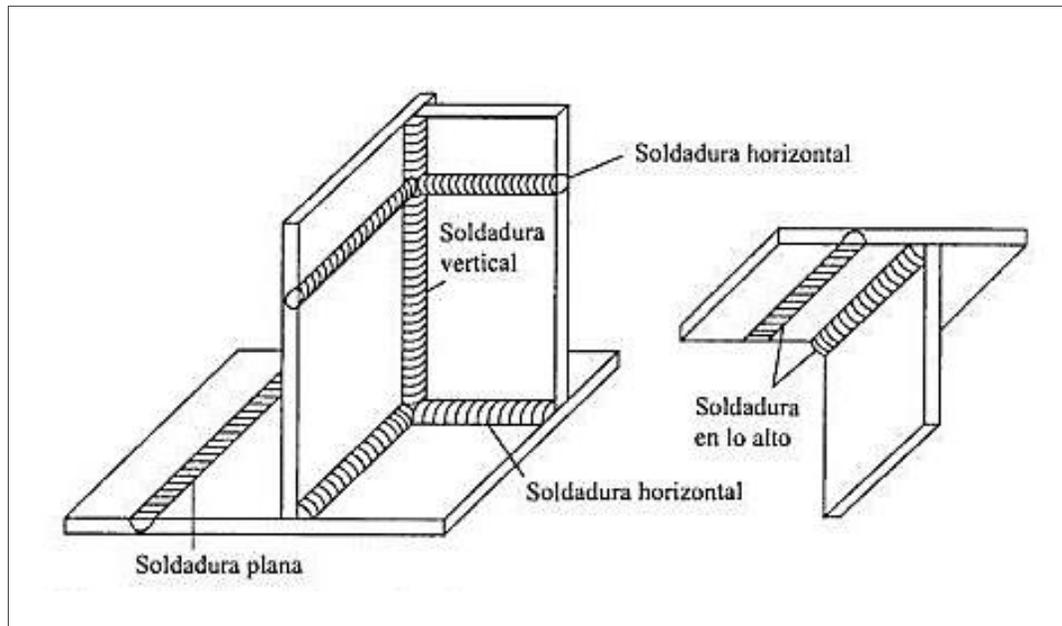


Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 337.

- Por posición

De acuerdo a su posición se clasifican como: planas, horizontales, verticales y sobre cabeza, siendo las planas las más económicas y las sobre cabeza las más costosas. Aunque las soldaduras planas pueden realizarse a menudo con máquinas automáticas, la mayoría de la soldadura estructural se realiza a mano. En la figura 11 se muestran los diferentes tipos de posición de soldaduras.

Figura 11. **Posición de soldaduras**

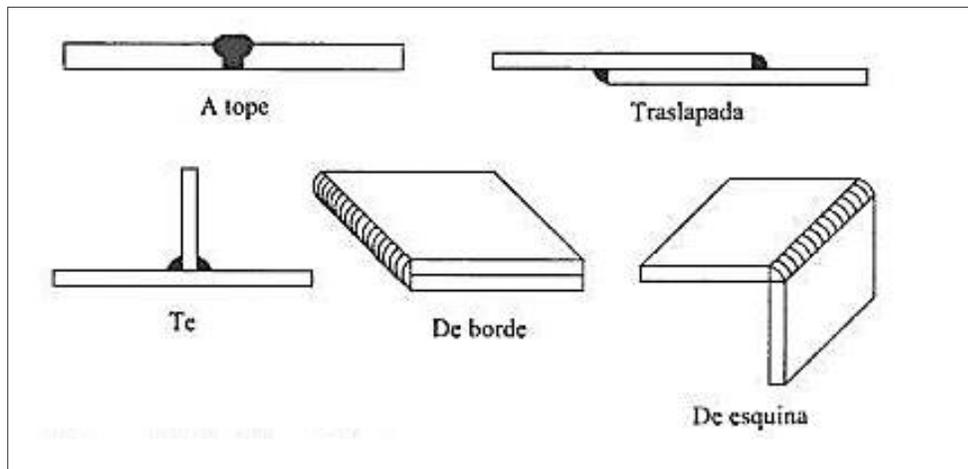


Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 338.

- Por tipo de junta

Las soldaduras pueden también clasificarse de acuerdo con el tipo de junta usado: a tope, traslapada en te, de canto, en esquina, etc. Estos tipos de junta se muestran en la figura 12.

Figura 12. **Tipos de juntas de soldaduras**



Fuente: McCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. p. 338.

3.6. **Conocimientos generales para realizar un montaje**

En este apartado se presentan consideraciones básicas, pero que son necesarias al realizar un montaje de un equipo industrial. En este caso se hace énfasis en componentes como motores eléctricos y unidades hidráulicas, que son parte fundamental del montaje. Así también se presentan lineamientos generales de cimentación, nivelación y alineación de máquinas giratorias.

3.6.1. **Motores eléctricos**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica mediante interacciones electromagnéticas. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o baterías. Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si por un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo

magnético, este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo así propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponen dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos hace que el conductor tienda a desplazarse, produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha o eje. Los motores eléctricos se pueden clasificar en:

- Motor de corriente continua: se utiliza en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor. Este tipo de motor debe tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. Los motores de corriente continua, también llamados de corriente directa, pueden ser en serie, paralelo o mixto.
- Motor de corriente alterna: son aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Los motores asíncronos (motores de inducción), basan su funcionamiento en el efecto que produce un campo magnético alterno aplicado a un inductor o estator sobre un rotor con una serie de espiras sin ninguna conexión externa sobre el que se inducen unas corrientes por el mismo efecto de un

transformador. Por lo tanto en este sistema solo se necesita una conexión a la alimentación, que corresponde al estator, eliminando por lo tanto el sistema de escobillas que se precisa en otro tipo de motores.

Los motores síncronos están constituidos por un inducido que suele ser fijo, formando por lo tanto el estator sobre el que se aplica una corriente alterna y por un inductor o rotor formado por un imán o electroimán que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos. El campo variable del estator hace girar al rotor a una velocidad fija y constante de sincronismo que depende de la frecuencia alterna aplicada, de ello deriva su nombre de síncronos. El problema de la regulación de la velocidad en los motores de corriente alterna y la mejora del factor de potencia ha sido resuelta de manera adecuada con los motores de corriente alterna de colector. Según el número de fases de las corrientes alternas para los que están concebidos los motores de colector se clasifican en monofásicos y polifásicos.

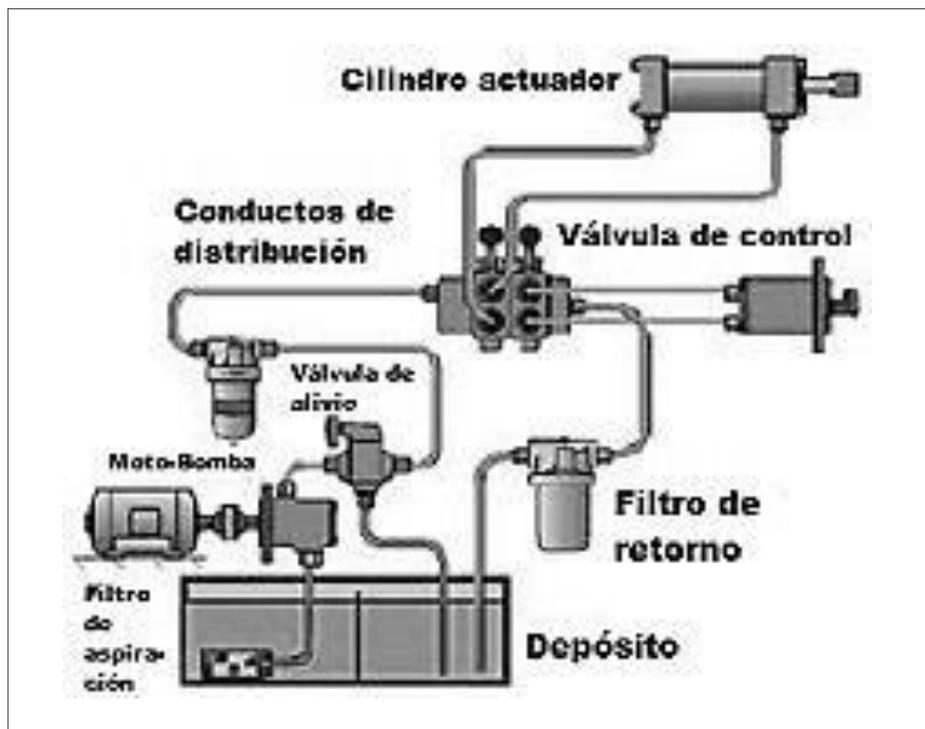
3.6.2. Equipos hidráulicos

Los fundamentos de la hidráulica se basan en dos principios fundamentales de la física:

- Principio de Pascal: el cual expresa que la presión que ejerce un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.
- Principio de Bernoulli: expone que un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de todo su

recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes: cinética (energía debida a la velocidad que posee el fluido), potencial o gravitacional (energía de vida a la altitud del fluido), y una energía que se puede llamar de “flujo” (energía que un fluido contiene debido a su presión). Para estudiar los equipos hidráulicos para transmisión de potencia, se hace necesario hacerlo desde la perspectiva de un conjunto al que podemos llamar sistema hidráulico o unidad hidráulica. Un sistema hidráulico, ver figura 13, es una de las formas que se emplean para la transmisión de potencia en máquinas, todo sistema hidráulico está compuesto de los siguientes elementos principales:

Figura 13. **Diagrama sistema hidráulico**



Fuente: www.ingemecanica.com/tutoriales/tutoriales/html. Consulta: 23 de abril de 2014.

- Depósito de aceite

El depósito o también llamado tanque hidráulico, sirve como dispositivo por donde se realiza el llenado y vaciado del fluido hidráulico, se usa también como depósito pulmón desde donde se realiza la succión del fluido por parte de la bomba. Además sirve como elemento disipador de calor a través de las paredes del tanque, enfriando así el aceite contenido en su interior.

Al servir como depósito de remanso del aceite, se usa también para la deposición en el fondo de partículas y contaminantes que se puedan arrastrar del circuito hidráulico, evitando que vuelvan a recircular, con el tiempo que el aceite permanece en el tanque se favorece la evaporación del agua que pueda contener el aceite disuelto y la separación del aire.

- Fluido hidráulico

Para que un fluido pueda ser empleado como líquido del circuito de un sistema hidráulico, este debe de presentar propiedades como; ser un fluido incompresible para un rango amplio de presiones, ofrecer buena capacidad de lubricación en metales y gomas, buena viscosidad con un alto punto de ebullición y bajo punto de congelación, presentar un punto de auto ignición alto, no ser inflamable, ser químicamente inerte y no corrosivo, ser un buen disipador de calor, al funcionar también como refrigerante del sistema.

- Bomba hidráulica

La bomba hidráulica obtiene su movimiento, para este caso, de un motor eléctrico. Es el componente que genera el flujo dentro del circuito hidráulico y

está definida por la capacidad de caudal que es capaz de generar. Este tipo de bombas se dividen en bombas rotativas y alternativas.

- Bombas rotativas

Dentro de las bombas rotativas están, las bombas de engranajes, las cuales son compactas, relativamente económicas y tienen pocas piezas móviles, lo que les confiere un buen rendimiento.

Dentro de este grupo también tenemos a las bombas lobulares, estas son bastante semejantes a las de engranajes, pero con un número de dientes menor y con rangos de funcionamiento menores. Las bombas de paletas también están clasificadas como bombas rotativas y básicamente constan de un rotor, paletas deslizantes y una carcasa.

Este tipo de bombas las podemos clasificar en bombas de émbolos o pistones y bombas de diafragma.

En las bombas de émbolos, se convierte el movimiento giratorio de entrada de un eje en un movimiento de salida axial del pistón, son un tipo de bombas por lo general de construcción muy robusta y adecuada para presiones y caudales grandes, su rendimiento volumétrico también es alto.

Se distinguen tres tipos de bombas de pistones: 1) Pistones en línea: tienen una construcción muy simple y el rendimiento que son capaces de obtener puede llegar al 97 %. 2) Pistones radiales: en este tipo de bombas se puede regular el caudal de cada pistón, su cilindrada puede ser fija o variable, el rendimiento puede llegar a 99%. 3) Pistones axiales: puede ser de cilindrada fija o variable.

En las bombas de diafragma, el flujo se consigue por el empuje de unas paredes elásticas, de membrana o diafragma, que varían el volumen de la cámara, aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente.

- Filtros.

La filtración del fluido hidráulico es necesaria para evitar que la suciedad producida por el funcionamiento normal del sistema termine afectando a elementos sensibles de la instalación, como pueden ser, válvulas, bomba hidráulica, motor hidráulico o cilindros, según sea el sistema hidráulico.

Un filtro puede ocupar diversas posiciones dentro del sistema hidráulico, puede ir en la aspiración de la bomba, en la salida de la bomba o línea de alta presión, también en la línea de retorno al depósito, para cada una de las posiciones, así es el tamaño de las partículas filtradas.

- Tuberías hidráulicas

Para la conducción del fluido hidráulico se emplean tuberías rígidas de acero sin soldadura, mangueras flexibles, éstas tienen que ser diseñadas a la presión de operación, según sea su función en el sistema hidráulico.

- Válvulas

Las válvulas, como elementos de regulación, de control y mando de la circulación del fluido hidráulico por el interior del circuito, pueden ser de diversos tipos: válvulas controladoras de presión, de caudal, válvulas direccionales o distribuidoras, válvulas de bloqueo o válvulas de cierre.

- Intercambiador de calor

Su función dentro del sistema es enfriar el aceite que circula, esta acción se logra por medio de agua o aire.

- Cilindro actuador y motor hidráulico. El uso de cualquiera de estos dos equipos hidráulicos depende de la aplicación del sistema. El cilindro actuador es el elemento final que transmite la energía mecánica o empuje a la carga que se desee mover o desplazar. Aunque hay actuadores de tipo rotativo, los más conocidos son los cilindros lineales. Los cilindros lineales pueden ser de simple o de doble efecto. En los cilindros de simple efecto el aceite entra solo por un lado del émbolo, por lo que solo puede transmitir esfuerzo en un sentido. El retroceso se consigue o bien por el peso propio del cilindro, bien por la acción de un muelle o por una fuerza exterior (ejemplo, la propia carga que se eleva). Por el contrario, en los cilindros de doble efecto, el aceite puede entrar por los dos lados del émbolo, por lo que puede transmitir esfuerzo en los dos sentidos del movimiento.

Un motor hidráulico es un actuador mecánico que convierte presión hidráulica y flujo en un par de torsión y un desplazamiento angular, es decir, en una rotación o giro. Su funcionamiento es pues inverso al de las bombas hidráulicas y es el equivalente rotatorio del cilindro hidráulico. Se emplean sobre todo porque entregan un par muy grande a velocidades de giro pequeñas en comparación con los motores eléctricos.

3.6.3. Nivelación y alineación de equipos

En el proceso de montaje de maquinaria industrial, hay dos conceptos importantes que se deben de tratar, nivelación y alineación.

La nivelación se refiere a la acción de poner un plano en posición horizontal, en nuestro caso nivelar la placa base y la placa de soporte del equipo. Un diseño e instalación apropiado de la placa base y la placa de soporte es necesario para un buen desempeño de la maquinaria. La forma de nivelar la placa base y la de soporte, se realiza a través de los pernos de nivelación, los cuales son considerados importantes pues permiten el movimiento de las placas y la máquina de forma suave y controlada. Los pernos son instalados en la parte superior de la placa metálica o placa base que está en contacto directo con la fundición de concreto. Para la placa de soporte del equipo se ubican estos pernos de manera tal que permitan el movimiento del equipo en forma vertical y horizontal.

La alineación de equipos, es el procedimiento en el cual se alinean ejes de equipos o máquinas rotativas, a unas tolerancias aceptables, con el fin de disminuir las fallas ocurridas por daños prematuros en cojinetes, sellos mecánicos, acoplamientos y ejes. El desalineamiento es un problema que aparece con la necesidad de transmitir un torque desde un equipo a otro. Con el desarrollo de los equipos se ha incrementado igualmente los requerimientos en la alineación, tanto en sus componentes internos como en el acoplamiento de sus ejes.

Antes de iniciar cualquier proceso de alineación, debe analizarse y evaluarse la instalación de la maquinaria y seleccionar el método, herramienta y procedimiento a aplicar, cada instalación de maquinaria difiere en tamaño,

velocidad, potencia, localización y funcionamiento, por lo que es necesario integrar todas estas variables antes de iniciar el proceso de alineación. Los aspectos a tener en cuenta para realizar un alineamiento de equipos son:

- Montaje de la máquina, tipo de rodamientos
- Tipo de acoplamiento
- Velocidad de rotación de los equipos
- Dilatación o contracción térmica
- Esfuerzos de tuberías
- Condiciones de la fundición, placa base (estructura civil), placa soporte (estructura metálica) y pernos de fijación.
- Ubicación y condiciones de pernos de nivelación
- Selección de *shims*
- Tolerancias y compensaciones de alineación del equipo

3.6.4. Cimentación de equipos

La correcta cimentación de equipos es uno de los aspectos fundamentales para la operación eficiente de los mismos. El cimientado o base de un equipo, no es más que una estructura sólida de hormigón, lo suficientemente pesada para que proporcione un soporte rígido permanente a toda el área del asiento del mismo, además de absorber cualquier esfuerzo, imprevisto o vibraciones normales.

El cimientado que generalmente se usa, sobretodo en casos donde el silencio no es necesario, generalmente es un bloque de concreto, en la proporción debida con respecto a al tamaño del equipo, correctamente nivelado y anclado.

Las proporciones de estos cimientos dependen, en gran parte de la clase del equipo, velocidad de rotación si fuera el caso, propiedades de la superficie o suelo donde se ha de construir el cimiento y el método empleado para transmitir la fuerza.

Existen muchos tipos de máquinas y cada uno puede requerir un cierto tipo de cimentación. Los diferentes tipos de maquinarias son excitados normalmente por cargas desbalanceadas, en general, pueden clasificarse dentro de las siguientes categorías:

- Máquinas reciprocantes

Son probablemente las máquinas más antiguamente usadas, en donde se convierte un movimiento de translación en un movimiento rotatorio y viceversa. Ejemplos de estas máquinas son las de vapor, las de combustión interna, bombas y compresores.

- Máquinas rotatorias

El tipo de excitación que generalmente desarrollan las máquinas rotatorias es del tipo sinusoidal; para determinar esta fuerza es necesario conocer la masa rotatoria y la excentricidad, entre el centro de rotación y el centro de gravedad de la masa rotatoria. Para este tipo de máquinas es posible, teóricamente, balancear las partes móviles que producen las fuerzas desbalanceadas durante la rotación; sin embargo, en la práctica, es difícil eliminar todo el desbalanceo, ya que este se ve afectado por los procedimientos de diseño, de la fabricación, de la instalación y del mantenimiento.

Aspectos que contribuyen al desbalanceo de máquinas rotatorias pueden ser: desalineamiento durante la instalación, daño o corrosión de las partes móviles, deflexiones por gravedad del eje de rotación de la máquina.

Las máquinas rotatorias con respecto a su velocidad, en términos prácticos se clasifican en baja y alta velocidad.

Las de baja velocidad son aquellas que operan a menos de 1 500 rpm, para estas máquinas los cimientos usados son del tipo bloque rígido o los de tipo marco y las de alta velocidad que operan a más de 1 500 rpm. Para equipos que operan desde 3 600 rpm hasta 10 000 rpm, como lo son los turbogeneradores, los cimientos tipo marco, son los utilizados generalmente para estos equipos.

- Máquinas de impacto

Entre las máquinas que producen cargas de impacto están las operaciones de prensas hidráulicas y neumáticas, de martillos para forja, de martinets y troqueladoras.

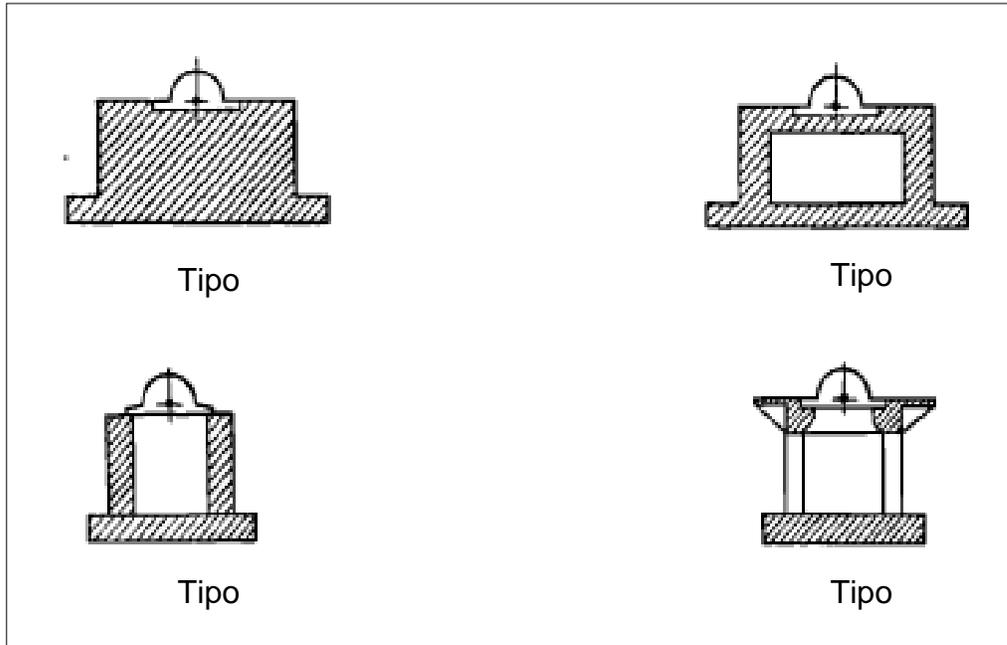
El diseño de la cimentación para este tipo de máquina deberá ser el adecuado para evitar cualquier efecto perjudicial en la cimentación debido a la misma operación así como también en estructuras, máquinas y personas adyacentes. La cimentación para este tipo de maquina generalmente se basa en un bloque de concreto reforzado.

Las cimentaciones, ver figura 14, se pueden clasificar de acuerdo al tipo estructural de la siguiente forma:

- Cimentaciones tipo bloque, la cual consiste de un pedestal de concreto que soporta la maquinaria. La maquinaria que produce impactos y fuerzas periódicas de baja velocidad es generalmente montada sobre este tipo de cimiento.
- Cimentación tipo cajón, la cual consiste en un bloque de concreto hueco que soporta la maquinaria en su parte superior.
- Cimentación tipo muro, formada por un par de muros que dan soporte a la maquinaria.
- Cimentación tipo marco, con base en columnas verticales que soportan en la parte superior una plataforma horizontal, la cual sirve de base a la maquinaria. Las máquinas que trabajan a alta velocidad y la del tipo rotatorio, se colocan sobre este tipo de cimiento.

Otro aspecto importante a considerar en el diseño de cimientos para maquinaria es la frecuencia de operación.

Figura 14. **Cimentaciones según el tipo estructural**



Fuente: JUÁREZ, Alvarado. *Estudio Analítico de los Efectos Causados por el Aislamiento de las Vibraciones en Cimentaciones para Maquinaria Industrial*. p. 24.

4. DESARROLLO DEL MONTAJE

4.1. Antecedentes

Para el desarrollo de este proyecto se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tener dos equipos para la toma de muestras de caña, uno operando y el otro a disposición, por lo que al equipo existente se le modificó su estructura para dejarlo alineado con el equipo nuevo.
- Dar facilidad al ingreso de camiones a la estación de muestreo de caña, modificando posición de equipo existente.
- Como el equipo es importado, se consideró comprar solo el equipo y sus periféricos, léase plataforma de sonda, carro de sonda, sonda, motores eléctricos, unidad hidráulica, paneles de control, y no la estructura de soporte la cual se fabricó en el ingenio, el proveedor proporcionó los planos.

4.2. Consideraciones para ubicación de la sonda

Existía un tomador de muestra operando en zafras anteriores, por lo tanto se consideró modificar la estructura de este, tanto en altura como en distancia horizontal de las bases, para dejarlo en condiciones iguales al nuevo y poder tener versatilidad en la operación al tener dos equipos disponibles.

Para que el flujo del equipo de transporte se diera sin inconvenientes, al entrar al tomador de muestras y después a las mesas de caña, se hizo necesario correr un muro de contención de concreto, de las instalaciones del taller mecánico contiguo, con esto se logró que los camiones ingresaran en línea recta desde la báscula. En el anexo 6, se observa gráficamente lo indicado en el párrafo anterior.

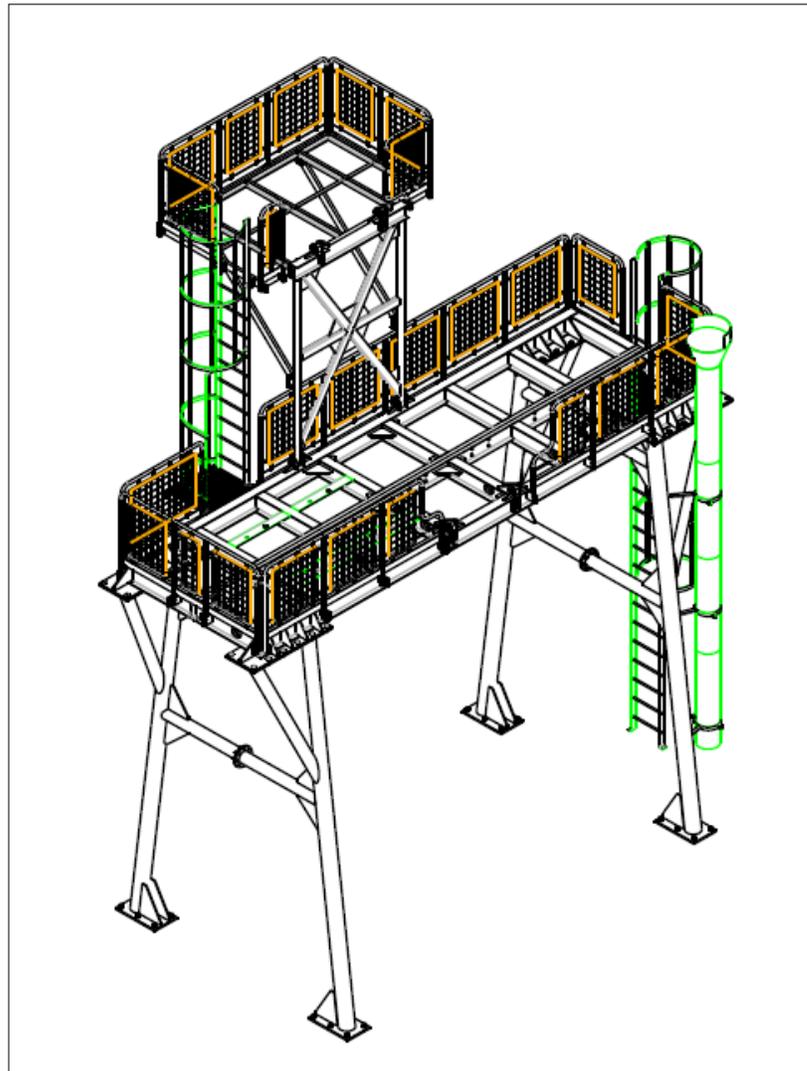
Para las bases de concreto de los dos equipos se realizó lo siguiente: 1) construcción de 4 bases de concreto de 0,75 x 0,45 m para el equipo nuevo. 2) traslado de 6 bases de concreto existentes, excavar y sacar bloques de concreto y fundirlas en nueva posición, esto para el equipo existente. 3) fundición de losa de concreto de 0,20 m de espesor con armadura de estructumalla.

4.3. Revisión de planos

Los planos que se proporcionaron, para la fabricación de la estructura, son planos para hacer en serie cada una de las partes de la estructura, pues el proveedor también vende la estructura, por lo que existen, planos de conjunto, planos de detalle y planos de taller. En las figuras 15, 16 y 17 se muestran figuras de los planos de conjunto de la estructura en tres vistas.

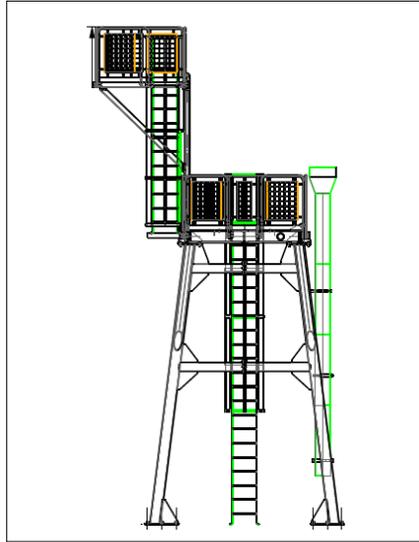
Debido a lo anterior la estructura de soporte (columnas), no se hizo atornillada, pues se consideró que venían así por la facilidad de transporte, esta estructura se soldó completamente. Los barandales de seguridad también se modificaron pues por el tipo de material, así como por la fabricación, se prolongaría el tiempo de entrega del proyecto.

Figura 15. **Dibujo de conjunto de estructura vista 1**



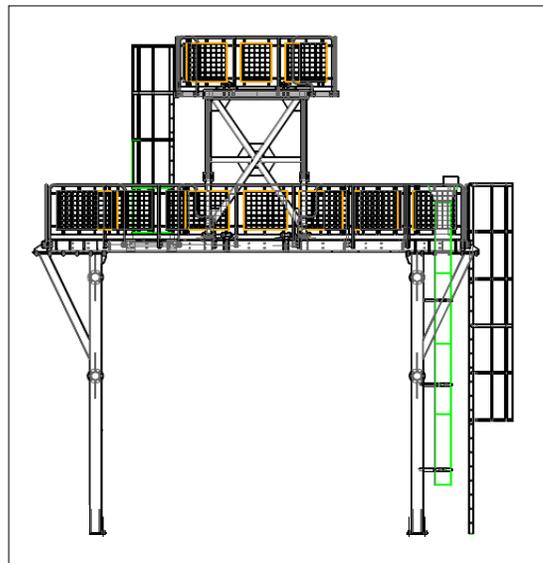
Fuente: MOTOCANA. *Sonda Oblicua-SO 04M.*

Figura 16. **Dibujo de conjunto de estructura vista 2**



Fuente: MOTOCAÑA. *Sonda Oblicua-SO 04M.*

Figura 17. **Dibujo de conjunto de estructura vista 3**



Fuente: MOTOCAÑA. *Sonda Oblicua-SO 04M.*

4.4. Elaboración de solicitudes de materiales y equipos

Después de hacer la revisión de los planos se procedió a hacer la solicitud materiales y equipos, se consideraron equivalencias en el mercado local, para no importar materiales y acortar tiempos de entrega.

Los materiales utilizados para la fabricación de la estructura, se listan a continuación:

Tabla I. Descripción de materiales

Cantidad	Descripción
1	Lamina de 1" x 4' x 8', acero A-36
6	Lamina de 1/2" x 4' x 8', acero A-36
1	Lamina de 3/4" x 4' x 8', acero A-36
7	Lamina Expandida de 1/4" x 4' x 8', Acero A-36
4	Tubo de 8" x 20', cedula 40,
4	Tubo de 6" x 20', cedula 40,
6	Viga WF, 22 lb/pie x 10" x 20', Acero A-36
3	Viga C, 15.3 lb/pie x 10" x 20', Acero A-36
4	Angular de 3/16" x 2" x 2" x 20', Acero A-36
6	Varillas lisas redondas de 3/4" x 20', Acero A-36
7	Hembras de 3/8" x 3" x 20', Acero A-36
6	Hembras de 1/4" x 2" x 20', Acero A-36
12	Hembras de 3/8" x 4" x 20', Acero A-36
20	Tubos de proceso de 1 1/4" x 20', Acero A-36
1	Lamina de 3/4" x 6' x 20', Acero A-36

Continuación de la tabla I.

4	Barras redondas de 1" x 20', Acero 1045
6	Vigas C de 4" x 6.27 lb x 20', Acero A-36
1	Viga WF, 8" x 21 lb x 20', Acero A-36
4	Angulares de 1/4" x 2" x 2" x 20', Acero A-36
1	Tubo de 4" x 20', cedula 80,
8	Hembras de 3/8" x 1 1/4" x 20', Acero A-36
1	Tubo de 12" x 20', cedula 10, Acero inoxidable
4	Angulares de 1/4" x 2" x 2" x 20', Acero A-36

Fuente: elaboración propia.

4.5. Elaboración de Diagrama de Gantt

Para la elaboración del cronograma de actividades, se consideró lo siguiente:

- Obra civil que comprendió: 1) modificación de muro de contención, 2) traslado de bases de concreto de sonda antigua, 3) elaboración de pavimento para rodaje de camiones y hacer cuatro bases de concreto para sonda nueva.
- Modificación de estructura y traslado de sonda antigua.
- Fabricación de estructura de soporte y montaje de nueva sonda.
- Cableado y conexión de equipos eléctricos.
- Pruebas.

El tiempo establecido para el desarrollo de las anteriores actividades se estableció en 70 días iniciando el 7 de julio del 2013 y estimando finalizar el 25 de octubre del 2013.

Tabla II. **Personal a utilizar**

Puesto	Número de trabajadores requeridos
Soldador Armador	1
Ayudante de Soldador	1
Soldador Rematador	1
01 Electricista	1
01 Ayudante de Electricista	1
01 Mecánico Industrial	1
01 Ayudante de Mecánico	1

Fuente: elaboración propia.

El trabajo de la obra civil fue realizado por un contratista.

El trabajo de planeación, supervisión y control fue realizado por un profesional de la ingeniería mecánica. El anexo 7, muestra el cronograma utilizado, este se realizó con el software Microsoft Project 2010.

4.6. Control semanal del montaje

El avance del proyecto se midió semanalmente, estableciendo un avance de 6,67 % por semana, para llegar a un 100 % en 15 semanas. Cada semana de 6 días, de lunes a viernes con jornada de 8 horas por día, sábado con jornada de 4 horas y 10 horas extras semanales.

CONCLUSIONES

1. Para que la fabricación de una estructura de acero y el montaje de la misma, sea eficiente, es necesario aplicar fundamentos elementales de administración.
2. Los conocimientos teóricos y prácticos de soldadura por arco eléctrico y lectura de planos, son esenciales para la fabricación de estructuras de acero.
3. Una alineación y nivelación correcta, de la estructura y de los equipos, es imprescindible en un montaje.
4. Para medir el avance, calcular costos de mano de obra, visualizar la finalización del proyecto, se necesitó hacer la programación de tareas mediante el software Microsoft Project 2010.
5. El proyecto de montaje de la sonda se realizó en el tiempo establecido.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal técnico del taller de soldadura, específicamente en la parte teórica, con el objetivo de desarrollar mejor los trabajos y alcanzar las especificaciones y propósitos deseados.
2. La mayor parte de equipos utilizados en la industria azucarera, son de procedencia extranjera, por lo que toda la ingeniería viene del país de donde procede el equipo, por lo que es necesario recolectar toda la información posible sobre el equipo y así utilizar los componentes adecuados en el montaje.
3. Implementar normas de seguridad obligatorias para todo el personal que labora en el ingenio.
4. Procurar que exista una programación adecuada de todas las tareas, de parte del jefe del proyecto, para que las áreas de compras, obra civil, electricidad, mecánica y soldadura, terminen sus tareas en el tiempo programado, para que no existan retrasos y por consiguiente aumento de costos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BAKER, Kim. *Administre sus proyectos*. México: Pearson Prentice Hill. 1999. 324 p.
2. CHIAVENATO, Idalberto. *Teoría general de la administración*. 7a ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 2004. 562 p.
3. JENSEN, Cecil. *Dibujo y diseño en ingeniería*. 6a ed. McGraw-Hill. 2004. 840 p.
4. JUÁREZ ALVARADO, Cesar Antonio. *Estudio analítico de los efectos causados por el aislamiento de las vibraciones en cimentaciones para maquinaria industrial*. Trabajo de graduación de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 1998. 282 p.
5. MCCORMAC, Jack. *Diseño de estructuras metálicas*. 3a ed. México: Alfaomega. 1991. 740 p.
6. REIN, Peter. *Ingeniería de la caña de azúcar*. Verlag Dr. Albert Bartens KG. Luckhoffstr. 16, 14129 Berlín, Alemania. 880 p.
7. ROBBINS, Stephen; COULTER, Mary. *Administración*. 8a ed. México: Pearson Prentice Hill. 2005. 614 p.

8. STONER, James; WANKEL, Charles. *Administración*. 2a ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana. 1989. 688 p.
9. TERRY, George; FRANKILN, Stephen. *Principios de administración*. 6a ed. México: Cecsa. 1988. 699 p.

Apéndice 2. Cronograma montaje sonda oblicua

Id	Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos	Predecesoras
1	PROYECTO CORE SAMPLER	96%	69.44 días	mar 09/07/13	vie 25/10/13		
2	Obra Civil	100%	27 días	mar 09/07/13	mar 20/08/13		
3	Construccion de muro nuevo (TSSSA)	100%	10 días	mar 09/07/13	mié 24/07/13	Obra Civil TSSSA	
4	Desconexion acometida electrica muro actual	100%	2 días	mié 24/07/13	vie 26/07/13	Electricista Ingenio	3
5	Demolicion muro actual (TSSSA)	100%	15 días	vie 26/07/13	mar 20/08/13	Obra Civil TSSSA	4
6	Exacavacion y traslado 4 bases core sampler cameco	100%	5 días	mar 30/07/13	mié 07/08/13	Constructora Tahual 1	13
7	Fundicion 4 bases core sampler cameco en nueva ubicacion	100%	5 días	mié 07/08/13	mié 14/08/13	Constructora Tahual 1	6
8	Fundicion 4 bases core sampler Motocaña	100%	8 días	mié 17/07/13	lun 29/07/13	Constructora Tahual 2	6
9	Construccion pavimento core sampler Motocaña	100%	7 días	mar 30/07/13	jue 08/08/13	Constructora Tahual 2	8
10	Modificacion Core Sampler Cameco	90%	27.67 días	mié 17/07/13	jue 29/08/13		
11	Desconexion sistema electrico core sampler cameco	100%	1 día	mié 17/07/13	jue 18/07/13	Electricista Ingenio	
12	Desmontaje plataforma de soporte de sonda core sampler cameco	100%	5 días	lun 22/07/13	lun 29/07/13	Soldador 1	
13	Desmontaje vigas de soporte a trasladar	100%	1 día	lun 29/07/13	mar 30/07/13	Soldador 1	12
14	Ampliacion plataforma de soporte de sonda core sampler cameco	100%	5 días	mar 30/07/13	mié 07/08/13	Soldador 1	13
15	Montaje de vigas de soporte en nueva ubicacion	100%	2 días	jue 15/08/13	lun 19/08/13	Soldador 1	7
16	Montaje plataforma de soporte de sonda modificada nueva ubicacion	100%	3 días	lun 19/08/13	jue 22/08/13	Soldador 1	15
17	Ajustes sistemas mecanicos e hidraulicos	0%	2 días	jue 22/08/13	lun 26/08/13	Mecánico (Patio)	16
18	Conexion sistema electrico	100%	2 días	lun 26/08/13	jue 29/08/13	Electricista Ingenio	17
19	Montaje core Sampler Motocaña	99%	54 días	lun 29/07/13	lun 21/10/13		
20	Amar y montar estructura de soporte	100%	3 días	lun 29/07/13	jue 01/08/13	Soldador 2	
21	Construccion y montaje plataforma de sonda	100%	5 días	jue 01/08/13	jue 08/08/13	Soldador 2	20
22	Construccion y montaje de esaclera de plataforma de sonda	100%	3 días	vie 09/08/13	mié 14/08/13	Soldador 2	21
23	Construccion y montaje de pasamanos plataforma de sonda	100%	3 días	mié 14/08/13	lun 19/08/13	Soldador 2	22
24	Construccion y montaje soporte del carro	100%	5 días	lun 19/08/13	mar 27/08/13	Soldador 2	23
25	Construccion y montaje de esaclera de soporte del carro	100%	2 días	mar 27/08/13	jue 29/08/13	Soldador 2	24
26	Construccion y montaje de pasamanos soporte de carro	100%	2 días	jue 29/08/13	lun 02/09/13	Soldador 2	25
27	Construccion y montaje de tubo para muestras	50%	1 día	lun 02/09/13	mar 03/09/13	Soldador 2	26
28	Instalacion de tanque sistema hidraulico	100%	1 día	mié 04/09/13	jue 05/09/13	Mecánico (Patio)	27
29	Instalacion motores y bombas	100%	1 día	jue 05/09/13	vie 06/09/13	Mecánico (Patio)	28
30	Instalacion de valvulas y accesorios del tanque	100%	2 días	vie 06/09/13	mar 10/09/13	Mecánico (Patio)	29
31	Instalacion motorreductor carro de la sonda	100%	2 días	mar 10/09/13	jue 12/09/13	Mecánico (Patio)	30
32	Instalacion carro de la sonda	100%	3 días	jue 12/09/13	mié 18/09/13	Mecánico (Patio)	31
33	Instalacion de cilindro hidraulico para giro de sonda	100%	1 día	mié 18/09/13	jue 19/09/13	Mecánico (Patio)	32
34	Instalacion sonda de muestreo	100%	2 días	jue 19/09/13	lun 23/09/13	Mecánico (Patio)	33
35	Instalacion cilindro de extraccion	100%	1 día	lun 23/09/13	mar 24/09/13	Mecánico (Patio)	34
36	Instalacion de mangueras, tubings y accesorios de carro y sonda	100%	5 días	mar 24/09/13	mié 02/10/13	Mecánico (Patio)	35
37	Instalacion de sensores	100%	3 días	mié 02/10/13	lun 07/10/13	Mecánico (Patio)	36
38	instalacion de alimentacion de energia 440 y 110 V	100%	3 días	lun 07/10/13	jue 10/10/13	Electricista Ingenio	37
39	Instalacion de panel de control	100%	2 días	vie 11/10/13	mar 15/10/13	Electricista Ingenio	38
40	Conexion 440 v (motores)	100%	1 día	mar 15/10/13	mié 16/10/13	Electricista Ingenio	39
41	Conexion lineas de control (panel-equipo)	100%	3 días	mié 16/10/13	lun 21/10/13	Electricista Ingenio	40
42	Pruebas	0%	3 días	lun 21/10/13	vie 25/10/13	Tecnico BRN - Laborator	41

Proyecto: Montaje Core Sampler Moto
Fecha: vie 02/05/14

Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual	
División		Tarea inactiva		Resumen manual	
Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo	
Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin	
Resumen del proyecto		Tarea manual		Progreso	
Tareas externas		Sólo duración		Fecha límite	

Continuación del Apéndice 2.



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

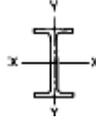
Anexo 1. Vigas I normales americanas

Depth of beam, in	Weight per ft, lb	Area of section, in ²	Width of flange, in	Thickness of web, in	Neutral axis perpendicular to web at center			Neutral axis coincident with center line of web			I ^a	R ^a
					I, in ⁴	r, in	S, in ³	I, in ⁴	r, in	S, in ³		
S 24	120.0	35.13	8.048	0.798	3010.8	9.26	250.9	84.9	1.56	21.1	278	162
	105.9	30.98	7.875	0.625	2811.5	9.53	234.3	78.9	1.60	20.0	218	123
	100.0	29.25	7.247	0.747	2371.8	9.05	197.6	48.4	1.29	13.4	260	140
	90.0	26.30	7.124	0.624	2230.1	9.21	185.8	45.5	1.32	12.8	217	117
	79.9	23.33	7.000	0.500	2067.2	9.46	173.9	42.9	1.36	12.2	174	80
S 20	95.0	27.74	7.200	0.800	1599.7	7.59	160.0	50.5	1.35	14.0	232	150
	85.0	24.80	7.053	0.653	1501.7	7.78	150.2	47.0	1.38	13.3	189	124
	75.0	21.90	6.391	0.641	1263.5	7.60	126.3	30.1	1.17	9.4	186	114
	65.4	19.08	6.250	0.500	1169.5	7.83	116.9	27.9	1.21	8.9	145	83
S 18	70.0	20.46	6.251	0.711	917.5	6.70	101.9	24.5	1.09	7.8	186	123
	54.7	15.94	6.000	0.460	795.5	7.07	88.4	21.2	1.15	7.1	120	70
S 15	50.0	14.59	5.640	0.550	481.1	5.74	64.2	16.0	1.05	5.7	120	91
	42.9	12.49	5.500	0.410	441.8	5.95	58.9	14.6	1.08	5.3	89	58
S 12	50.0	14.57	5.477	0.687	301.6	4.55	50.3	16.0	1.05	5.8	120	116
	40.8	11.84	5.250	0.460	268.9	4.77	44.8	13.8	1.08	5.3	80	78
	35.0	10.20	5.078	0.428	227.0	4.72	37.8	10.0	0.99	3.9	74	66
	31.8	9.26	5.000	0.350	215.8	4.83	36.0	9.5	1.01	3.8	61	45
S 10	35.0	10.22	4.944	0.594	145.8	3.78	29.2	8.5	0.91	3.4	86	89
	25.4	7.38	4.660	0.310	122.1	4.07	24.4	6.9	0.97	3.0	45	38
S 8	23.0	6.71	4.171	0.441	64.2	3.09	16.0	4.4	0.81	2.1	51	
	18.4	5.34	4.000	0.270	56.9	3.26	14.2	3.8	0.84	1.9	31	
S 7	20.0	5.83	3.860	0.450	41.9	2.68	12.0	3.1	0.74	1.6	46	
	15.3	4.43	3.660	0.250	36.2	2.86	10.4	2.7	0.78	1.5	25	
S 6	17.25	5.02	3.565	0.465	26.0	2.28	8.7	2.3	0.68	1.3	40.5	
	12.5	3.61	3.330	0.230	21.8	2.46	7.3	1.8	0.72	1.1	20	
S 5	14.75	4.29	3.234	0.494	15.0	1.87	6.0	1.7	0.63	1.0	35.8	
	10.0	2.87	3.000	0.210	12.1	2.05	4.8	1.2	0.65	0.82	15.2	
S 4	9.5	2.76	2.796	0.326	6.7	1.56	3.3	0.91	0.58	0.65	18.9	
	7.7	2.21	2.660	0.190	6.0	1.64	3.0	0.77	0.59	0.58	11.0	
S 3	7.5	2.17	2.509	0.349	2.9	1.15	1.9	0.59	0.52	0.47	15.2	
	5.7	1.64	2.330	0.170	2.5	1.23	1.7	0.46	0.53	0.40	7.4	

NOTE: 1 in = 2.54 cm; 1 ft = 0.305 m; 1 lb = 4.45 N.
 Lightweight beams of each depth are usual metric sizes.
 * I^a and R values are for beams of A36 steel.

Fuente: Avallone, Baumeister III. Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers.

Anexo 2. Propiedades de vigas y columnas de patín ancho (WF)



Nominal size, in	Weight per ft, lb†	Area of section, in²	Depth of section, in	Flange		Web thickness, in	Neutral axis perpendicular to web at center			Neutral axis parallel to web at center			F _y , 1,000 lb*	R _r , 1,000 lb
				Width, in	Thickness, in		I, in⁴	S, in³	r, in	I, in⁴	S, in³	r, in		
W 36	300	88.3	36.74	36.66	1.68	0.945	20,300	1,110	15.2	1,300	156	3.83	500	237
	280	82.4	36.52	16.6	1.57	0.885	18,900	1,090	15.1	1,200	144	3.81	465	215
	260	76.5	36.26	36.55	1.44	0.84	17,300	953	15	1,090	132	3.78	439	198
	245	72.1	36.08	36.51	1.35	0.8	16,100	895	15	1,010	123	3.75	416	186
	230	67.6	35.9	36.47	1.26	0.76	15,000	837	14.9	940	114	3.73	393	170
	194	57	36.49	12.12	1.26	0.765	12,100	664	14.6	375	61.9	2.56	402	163
	182	53.6	36.33	12.08	1.18	0.725	11,300	623	14.5	347	57.6	2.55	379	152
	170	50	36.17	12.03	1.1	0.68	10,500	580	14.5	320	53.2	2.53	354	137
	160	47	36.01	12	1.02	0.65	9,750	542	14.4	295	49.1	2.5	337	124
	150	44.2	35.85	11.96	0.94	0.625	9,040	504	14.3	270	45.1	2.47	323	113
W 33	241	70.9	34.18	15.86	1.4	0.83	14,200	829	14.1	932	118	3.63	409	177
	221	65	33.93	15.81	1.275	0.775	12,800	757	14.1	840	106	3.59	379	159
	201	59.1	33.68	15.75	1.15	0.715	11,500	684	14	749	95.2	3.56	347	142
	152	44.7	33.49	11.57	1.055	0.635	8,160	487	13.5	273	47.2	2.47	306	122
	141	41.6	33.3	11.54	0.96	0.605	7,450	448	13.4	246	42.7	2.43	290	109
W 30	130	38.3	33.09	11.51	0.855	0.58	6,710	406	13.2	218	37.9	2.39	276	98
	211	62	30.94	15.11	1.315	0.775	10,300	663	12.9	757	100	3.49	345	162
	191	56.1	30.68	15.04	1.185	0.71	9,170	598	12.8	673	89.5	3.46	314	141
	173	50.8	30.44	14.99	1.065	0.655	8,200	539	12.7	598	79.8	3.43	287	128
	148	43.5	30.67	10.48	1.18	0.65	6,680	436	12.4	227	43.3	2.28	287	131
	132	38.9	30.31	10.55	1	0.615	5,770	380	12.2	196	37.2	2.25	268	115
	124	36.5	30.17	10.52	0.93	0.585	5,360	355	12.1	181	34.4	2.23	254	103
	116	34.2	30.01	10.5	0.85	0.565	4,930	329	12	164	31.3	2.19	244	95
	108	31.7	29.83	10.48	0.76	0.545	4,470	299	11.9	146	27.9	2.15	234	87
	W 27	178	52.3	27.81	14.09	1.19	0.725	6,990	502	11.6	555	78.8	3.26	290
161		47.4	27.59	14.02	1.08	0.66	6,280	455	11.5	497	70.9	3.24	262	126
146		42.9	27.38	13.97	0.975	0.605	5,630	411	11.4	443	63.5	3.21	239	111
114		33.5	27.29	10.07	0.93	0.57	4,090	299	11	159	31.5	2.18	224	100
102		30	27.09	10.02	0.83	0.515	3,620	267	11	139	27.8	2.15	201	82
W 24	94	27.7	26.92	9.99	0.745	0.49	3,270	243	10.9	124	24.8	2.12	190	73
	162	47.7	25	12.96	1.22	0.705	5,170	414	10.4	443	68.4	3.05	254	143
	146	43	24.74	12.9	1.09	0.65	4,580	371	10.3	391	60.5	3.01	232	126
	131	38.5	24.48	12.86	0.96	0.605	4,020	329	10.2	340	53	2.97	213	113
	117	34.4	24.26	12.8	0.85	0.55	3,540	291	10.1	297	46.5	2.94	192	94
	104	30.6	24.06	12.75	0.75	0.5	3,100	258	10.1	259	40.7	2.91	173	77
	103	30.3	24.53	9	0.98	0.55	3,000	245	9.96	119	26.5	1.99	194	97
	94	27.7	24.31	9.065	0.875	0.515	2,700	222	9.87	109	24	1.98	180	84
	84	24.7	24.1	9.02	0.77	0.47	2,370	196	9.79	94.4	20.9	1.95	163	70
	76	22.4	23.92	8.99	0.68	0.44	2,100	176	9.69	82.5	18.4	1.92	152	60
W 21	147	43.2	22.06	12.51	1.15	0.72	3,630	329	9.17	376	60.1	2.95	229	140
	132	38.8	21.83	12.44	1.035	0.65	3,220	295	9.12	333	53.5	2.93	204	124
	122	35.9	21.68	12.39	0.96	0.6	2,960	273	9.09	305	49.2	2.92	187	110
	93	27.3	21.62	8.42	0.93	0.58	2,070	192	8.7	92.9	22.1	1.84	181	106
	83	24.3	21.43	8.355	0.835	0.515	1,830	171	8.67	81.4	19.5	1.83	159	85
	73	21.5	21.24	8.295	0.74	0.455	1,600	151	8.64	70.6	17	1.81	139	67
	68	20	21.13	8.27	0.685	0.43	1,480	140	8.6	64.7	15.7	1.8	131	59
	62	18.3	20.99	8.24	0.615	0.4	1,330	127	8.54	57.5	13.9	1.77	121	51
W 18	119	35.1	18.97	11.27	1.06	0.655	2,190	231	7.9	253	44.9	2.69	179	123
	106	31.1	18.73	11.2	0.94	0.59	1,910	204	7.84	220	39.4	2.66	159	106
	97	28.5	18.59	11.15	0.87	0.535	1,750	188	7.82	201	36.1	2.65	143	94
	86	25.3	18.39	11.09	0.77	0.48	1,530	166	7.77	175	31.6	2.63	127	76
	76	22.3	18.21	11.04	0.68	0.425	1,330	146	7.73	152	27.6	2.61	111	60

Notes: 1 in = 2.54 cm; 1 ft = 0.305 m; 1 lb = 4.45 N.

Flanges of wide-flange beams and columns are not tapered, have constant thickness.

Sections without values of Y and R are used chiefly for columns.

Lightweight sections are not included. All sections are made of A36 steel.

Designation of wide-flange beams is given by depth, flange width and weight, size WF X X X.

* Y and R values are for beams of A36 steel.

† Some sections listed are no longer rolled but may be economical in welding construction. Others commonly rolled are not listed. Refer to producer's catalogs for sections commonly available.

Continuación del Anexo 2

Nominal size, in	Weight per ft, lb†	Area of section, in ²	Depth of section, in	Flange		Web thickness, in	Neutral axis perpendicular to web at center			Neutral axis parallel to web at center			F _y , 1,000 lb*	R _x , 1,000 lb*
				Width, in	Thickness, in		I _x , in ⁴	S _x , in ³	r _x , in	I _y , in ⁴	S _y , in ³	r _y , in		
W 18	71	20.8	18.47	7.635	0.81	0.495	1,170	127	7.5	60.3	15.8	1.7	132	81
	65	19.1	18.35	7.59	0.75	0.45	1,070	117	7.49	54.8	14.4	1.69	119	67
	60	17.6	18.24	7.555	0.695	0.415	984	108	7.47	50.1	13.3	1.69	109	58
	55	16.2	18.11	7.53	0.63	0.39	890	98.3	7.41	44.9	11.9	1.67	102	51
	50	14.7	17.99	7.495	0.57	0.355	800	88.9	7.38	40.1	10.7	1.65	92	42
W 16	100	29.4	16.97	10.43	0.985	0.585	1,490	175	7.1	186	35.7	2.51	143	107
	89	26.2	16.75	10.37	0.875	0.525	1,300	155	7.05	163	31.4	2.49	127	92
	77	22.6	16.52	10.3	0.76	0.455	1,110	134	7	138	26.9	2.47	108	71
	67	19.7	16.33	10.24	0.665	0.395	954	117	6.96	119	23.2	2.46	93	53
	57	16.8	16.43	7.12	0.715	0.43	758	92.2	6.72	43.1	12.1	1.6	102	63
	50	14.7	16.26	7.07	0.63	0.38	659	81	6.68	37.2	10.5	1.59	89	49
	45	13.3	16.13	7.035	0.565	0.345	586	72.7	6.65	32.8	9.34	1.57	80	41
	40	11.8	16.01	6.995	0.505	0.305	518	64.7	6.63	28.9	8.25	1.57	70	32
	36	10.6	15.86	6.985	0.43	0.295	448	56.5	6.51	24.5	7	1.52	67	29
	W 14	426	125	18.67	16.7	3.035	1.875	6,600	707	7.26	2,360	283	4.34	—
398		117	18.29	16.59	2.845	1.77	6,000	656	7.16	2,170	262	4.31	—	—
370		109	17.92	16.48	2.66	1.655	5,440	607	7.07	1,990	241	4.27	—	—
342		101	17.54	16.36	2.47	1.54	4,900	559	6.98	1,810	221	4.24	—	—
311		91.4	17.12	16.23	2.26	1.41	4,330	506	6.88	1,630	199	4.2	—	—
283		83.3	16.74	16.11	2.07	1.29	3,840	459	6.79	1,440	179	4.17	—	—
257		75.6	16.38	16	1.89	1.175	3,400	415	6.71	1,290	161	4.13	—	—
233		68.5	16.04	15.89	1.72	1.07	3,010	375	6.63	1,150	145	4.1	—	—
211		62	15.72	15.8	1.56	0.98	2,660	338	6.55	1,030	130	4.07	—	—
193		56.8	15.48	15.71	1.44	0.89	2,400	310	6.5	931	119	4.05	—	—
176		51.8	15.22	15.65	1.31	0.83	2,140	281	6.43	838	107	4.02	—	—
159		46.7	14.98	15.57	1.19	0.745	1,900	254	6.38	748	96.2	4	161	145
145		42.7	14.78	15.5	1.09	0.68	1,710	232	6.33	677	87.3	3.98	145	127
132		38.8	14.66	14.73	1.03	0.645	1,530	209	6.28	548	74.5	3.76	136	118
120		35.3	14.48	14.67	0.94	0.59	1,380	190	6.24	495	67.5	3.74	123	106
109		32	14.32	14.61	0.86	0.525	1,240	173	6.22	447	61.2	3.73	108	92
99		29.1	14.16	14.57	0.78	0.485	1,110	157	6.17	402	55.2	3.71	99	82
90		26.5	14.02	14.52	0.71	0.44	999	143	6.14	362	49.9	3.7	89	69
82		24.1	14.31	10.13	0.855	0.51	882	123	6.05	148	29.3	2.48	105	92
74		21.8	14.17	10.07	0.785	0.45	796	112	6.04	134	26.6	2.48	92	72
68		20	14.04	10.04	0.72	0.415	723	103	6.01	121	24.2	2.46	84	61
61		17.9	13.89	9.995	0.645	0.375	640	92.2	5.98	107	21.5	2.45	75	50
53		15.6	13.92	8.06	0.66	0.37	541	77.8	5.89	57.7	14.3	1.92	74	49
48		14.1	13.79	8.03	0.595	0.34	485	70.3	5.85	51.4	12.8	1.91	68	41
43		12.6	13.66	7.995	0.53	0.305	428	62.7	5.82	45.2	11.3	1.89	60	33
38	11.2	14.1	6.77	0.515	0.31	385	54.6	5.87	26.7	7.88	1.55	63	34	
34	10	13.98	6.745	0.455	0.285	340	48.6	5.83	23.3	6.91	1.53	57	29	
30	8.85	13.84	6.73	0.385	0.27	291	42	5.73	19.6	5.82	1.49	54	26	
W 12	190	55.8	14.38	12.67	1.735	1.06	1,890	263	5.82	589	93	3.25	—	—
	152	44.7	13.71	12.48	1.4	0.87	1,430	209	5.66	454	72.8	3.19	—	—
	136	39.9	13.41	12.4	1.25	0.79	1,240	186	5.58	398	64.2	3.16	—	—
	120	35.3	13.12	12.32	1.105	0.71	1,070	163	5.51	345	56	3.13	134	136
	106	31.2	12.89	12.22	0.99	0.61	933	145	5.47	301	49.3	3.11	113	112
	96	28.2	12.71	12.16	0.9	0.55	833	131	5.44	270	44.4	3.09	101	99
	87	25.6	12.53	12.13	0.81	0.515	740	118	5.38	241	39.7	3.07	93	89
	79	23.2	12.38	12.08	0.735	0.47	662	107	5.34	216	35.8	3.05	84	79
	72	21.1	12.25	12.04	0.67	0.43	597	97.4	5.31	195	32.4	3.04	76	68
	65	19.1	12.12	12	0.605	0.39	533	87.9	5.28	174	29.1	3.02	68	56
	58	17	12.19	10.01	0.64	0.36	475	78	5.28	107	21.4	2.51	63	48
	53	15.6	12.06	9.995	0.575	0.345	425	70.6	5.23	95.8	19.2	2.48	60	44
	50	14.7	12.19	8.08	0.64	0.37	394	64.7	5.18	56.3	13.9	1.96	65	51
	45	13.2	12.06	8.045	0.575	0.335	350	58.1	5.15	50	12.4	1.94	58	42
	40	11.8	11.94	8.005	0.515	0.295	310	51.9	5.13	44.1	11	1.93	51	32

Note: 1 in = 2.54 cm; 1 lb = 0.305 kg; 1 lb = 4.45 N.
 Flanges of wide-flange beams and columns are not tapered, have constant thickness.
 Sections without values of F_y and R_x are used chiefly for columns.
 Lightweight beams for each nominal size, and beams with depth in even inches, are most usually stocked.
 Designation of wide-flange beams is made by giving nominal depth and weight, thus W12 x 40.
 * F_y and R_x values are for beams of A36 steel.
 † Some sections listed are no longer rolled but may be encountered in existing construction. Others currently rolled are not listed. Refer to producers' catalogs for sections currently available.

Continuación del Anexo 2

Nominal size, in	Weight per ft, lb†	Area of section, in ²	Depth of section, in	Flange		Web thickness, in	Neutral axis perpendicular to web at center			Neutral axis parallel to web at center			F, 1,000 lb*	R, 1,000 lb*
				Width, in	Thickness, in		I, in ⁴	S, in ³	r, in	I, in ⁴	S, in ³	r, in		
W 12	35	10.3	12.5	6.56	0.52	0.3	285	45.6	5.25	24.5	7.47	1.54	54	33
	30	8.79	12.34	6.52	0.44	0.26	238	38.6	5.21	20.3	6.24	1.52	46	25
	26	7.65	12.22	6.49	0.38	0.23	204	33.4	5.17	17.3	5.34	1.51	40	20
W 10	112	32.9	11.36	10.42	1.25	0.755	716	126	4.66	236	45.3	2.68	—	—
	100	29.4	11.1	10.34	1.12	0.68	623	112	4.6	207	40	2.65	—	—
	88	25.9	10.84	10.27	0.99	0.605	534	98.5	4.54	179	34.8	2.63	—	—
	77	22.6	10.6	10.19	0.87	0.53	455	85.9	4.49	154	30.1	2.6	—	—
	68	20	10.4	10.13	0.77	0.47	394	75.7	4.44	134	26.4	2.59	70	78
	60	17.6	10.22	10.08	0.68	0.42	341	66.7	4.39	116	23	2.57	62	68
	54	15.8	10.09	10.03	0.615	0.37	303	60	4.37	103	20.6	2.56	54	54
	49	14.4	9.98	10	0.56	0.34	272	54.6	4.35	93.4	18.7	2.54	49	45
	45	13.3	10.1	8.02	0.62	0.35	248	49.1	4.32	53.4	13.3	2.01	51	48
	39	11.5	9.92	7.985	0.53	0.315	209	42.1	4.27	45	11.3	1.98	45	39
W 8	33	9.71	9.73	7.96	0.435	0.29	170	35	4.19	36.6	9.2	1.94	41	33
	30	8.84	10.47	5.81	0.51	0.3	170	32.4	4.38	16.7	5.75	1.37	45	35
	26	7.61	10.33	5.77	0.44	0.26	144	27.9	4.35	14.1	4.89	1.36	39	26
	22	6.49	10.17	5.75	0.36	0.24	118	23.2	4.27	11.4	3.97	1.33	35	22
	67	19.7	9	8.28	0.935	0.57	272	60.4	3.72	88.6	21.4	2.12	—	—
	58	17.1	8.75	8.22	0.81	0.51	228	52	3.65	75.1	18.3	2.1	—	—
	48	14.1	8.5	8.11	0.685	0.4	184	43.3	3.61	60.9	15	2.08	49	61
	40	11.7	8.25	8.07	0.56	0.36	146	35.5	3.53	49.1	12.2	2.04	43	53
	35	10.3	8.12	8.02	0.495	0.31	127	31.2	3.51	42.6	10.6	2.03	36	41
	31	9.13	8	7.995	0.435	0.285	110	27.5	3.47	37.1	9.27	2.02	33	35
28	8.25	8.06	6.535	0.465	0.285	98	24.3	3.45	21.7	6.63	1.62	33	34	
24	7.08	7.93	6.495	0.4	0.245	82.8	20.9	3.42	18.3	5.63	1.61	28	26	
21	6.16	8.28	5.27	0.4	0.25	75.3	18.2	3.49	9.77	3.71	1.26	30	26	

NOTE: 1 in = 2.54 cm; 1 ft = 0.305 m; 1 lb = 4.45 N.
 Flanges of wide-flange beams and columns are not tapered, have constant thickness.
 Sections without values of F and R are used chiefly for columns.
 Lightweight beams for each nominal size, and beams with depth in even inches, are most usually stocked.
 Designation of wide-flange beams is made by giving nominal depth and weight, thus W8 x 40.
 * F and R values are for beams of A36 steel.
 † Some sections listed are no longer rolled but may be encountered in existing construction. Others currently rolled are not listed. Refer to producers' catalogs for sections currently available.

Fuente: Avallone, Baumeister III. *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*.

Anexo 3. Canales de la American Standard

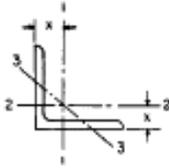


Depth of channel, in	Weight per ft, lb	Area of section, in ²	Width of flange, in	Thickness of web, in	Axis 1-1			Axis 2-2		I*, in ⁴	R*, in
					I, in ⁴	r, in	S _x , in ³	r, in	x, in		
C 15	50.0	14.64	3.716	0.716	404	5.24	53.6	0.87	0.80	156	121
	40.0	11.70	3.520	0.520	349	5.44	46.2	0.89	0.78	113	88
	33.9	9.90	3.400	0.400	315	5.62	41.7	0.91	0.79	87	55
C 12	30.0	8.79	3.170	0.510	162	4.28	26.9	0.77	0.68	89	76
	25.0	7.32	3.047	0.387	144	4.43	23.9	0.79	0.68	67	55
	20.7	6.03	2.940	0.280	129	4.61	21.4	0.81	0.70	49	30
C 10	30.0	8.80	3.033	0.673	103.0	3.42	20.6	0.67	0.65	98	96
	25.0	7.33	2.886	0.526	90.7	3.52	18.1	0.68	0.62	76	75
	20.0	5.86	2.739	0.379	78.5	3.66	15.7	0.70	0.61	55	54
	15.3	4.47	2.600	0.240	66.9	3.87	13.4	0.72	0.64	35	22
C 9	20.0	5.86	2.648	0.448	60.6	3.22	13.5	0.65	0.59	58	62
	15.0	4.39	2.485	0.285	50.7	3.40	11.3	0.67	0.59	37	33
	13.4	3.89	2.430	0.230	47.3	3.49	10.5	0.67	0.61	30	22
C 8	18.75	5.49	2.527	0.487	43.7	2.82	10.9	0.60	0.57	56	
	13.75	4.02	2.343	0.303	35.8	2.99	9.0	0.62	0.56	35	
	11.5	3.36	2.260	0.220	32.3	3.10	8.1	0.63	0.58	26	
C 7	14.75	4.32	2.299	0.419	27.1	2.51	7.7	0.57	0.53	43	
	12.25	3.58	2.194	0.314	24.1	2.59	6.9	0.58	0.53	32	
	9.8	2.85	2.090	0.210	21.1	2.72	6.0	0.59	0.55	21	
C 6	13.0	3.81	2.157	0.437	17.3	2.13	5.8	0.53	0.52	38	
	10.5	3.07	2.034	0.314	15.1	2.22	5.0	0.53	0.50	27.3	
	8.2	2.39	1.920	0.200	13.0	2.34	4.3	0.54	0.52	17.4	
C 5	9.0	2.63	1.885	0.325	9.0	1.83	3.5	0.49	0.48	23.6	
	6.7	1.95	1.750	0.190	7.5	1.95	3.0	0.50	0.49	13.8	
C 4	7.25	2.12	1.720	0.320	4.5	1.47	2.3	0.46	0.46	18.6	
	5.4	1.56	1.580	0.180	3.8	1.56	1.9	0.45	0.46	10.4	
C 3	6.0	1.75	1.596	0.356	2.1	1.08	1.4	0.42	0.46	15.5	
	5.0	1.46	1.498	0.258	1.8	1.12	1.2	0.41	0.44	11.2	
	4.1	1.19	1.410	0.170	1.6	1.17	1.1	0.41	0.44	7.4	

Notes: 1 in = 2.54 cm; 1 ft = 0.305 m; 1 lb = 4.45 N.
* I* and R values are for channels of A36 steel.

Fuente: Avallone, Baumeister III. *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*.

Anexo 4. Ángulos estándar de lados iguales



Size, in	Weight per ft, lb	Area of section, in ²	Axis 1-1 and axis 2-2				Axis 3-3, r min, in	Net area after deducting holes for 3/8-in rivets	
			I_x , in ⁴	r_x , in	S_x , in ³	z_x , in		1 hole	2 holes
8 × 8 × 1/4	56.9	16.73	98.0	2.42	17.5	2.41	1.56	15.60	14.48
1	51.0	15.00	89.0	2.44	15.8	2.37	1.56	14.00	13.00
3/8	45.0	13.23	79.6	2.45	14.0	2.32	1.57	12.36	11.48
1/2	38.9	11.44	69.7	2.47	12.2	2.28	1.57	10.69	9.94
5/8	32.7	9.61	59.4	2.49	10.3	2.23	1.58	8.98	8.36
3/4	26.4	7.75	48.6	2.50	8.4	2.19	1.59	7.25	6.75
6 × 6 × 1/4	37.4	11.00	35.5	1.80	8.6	1.86	1.17	10.00	9.00
3/8	33.1	9.73	31.9	1.81	7.6	1.82	1.17	8.86	7.98
1/2	28.7	8.44	28.2	1.83	6.7	1.78	1.17	7.69	6.94
5/8	24.2	7.11	24.2	1.84	5.7	1.73	1.18	6.48	5.86
3/4	19.6	5.75	19.9	1.86	4.6	1.68	1.18	5.25	4.75
7/8	14.9	4.36	15.4	1.88	3.5	1.64	1.19	3.98	3.61
5 × 5 × 3/8	27.2	7.98	17.8	1.49	5.2	1.57	0.97	7.10	6.23
1/2	23.6	6.94	15.7	1.51	4.5	1.52	0.97	6.19	5.44
3/4	20.0	5.86	13.6	1.52	3.9	1.48	0.98	5.24	4.61
7/8	16.2	4.75	11.3	1.54	3.2	1.43	0.98	4.25	3.75
1	12.3	3.61	8.7	1.56	2.4	1.39	0.99	3.24	2.86
4 × 4 × 3/8	18.5	5.44	7.7	1.19	2.8	1.27	0.78	4.69	3.94
1/2	15.7	4.61	6.7	1.20	2.4	1.23	0.78	3.98	3.36
3/4	12.8	3.75	5.6	1.22	2.0	1.18	0.78	3.25	2.75
7/8	9.8	2.86	4.4	1.23	1.5	1.14	0.79	2.48	2.11
1	6.6	1.94	3.0	1.25	1.1	1.09	0.80	1.70	1.45
3 1/2 × 3 1/2 × 1/4	11.1	3.25	3.6	1.06	1.5	1.06	0.68	2.75	2.25
3/8	8.5	2.48	2.9	1.07	1.2	1.01	0.69	2.10	1.73
1/2	5.8	1.69	2.0	1.09	0.79	0.97	0.69	1.44	1.19
3 × 3 × 3/8	9.4	2.75	2.2	0.90	1.1	0.93	0.58		
1/2	7.2	2.11	1.8	0.91	0.83	0.89	0.58		
3/4	4.9	1.44	1.2	0.93	0.58	0.84	0.59		
2 1/2 × 2 1/2 × 1/4	7.7	2.25	1.2	0.74	0.72	0.81	0.49		
3/8	5.9	1.73	0.98	0.75	0.57	0.76	0.49		
1/2	4.1	1.19	0.70	0.77	0.39	0.72	0.49		
2 × 2 × 3/8	4.7	1.36	0.48	0.59	0.35	0.64	0.39		
1/2	3.19	0.94	0.35	0.61	0.25	0.59	0.39		
3/4	1.65	0.48	0.19	0.63	0.13	0.55	0.40		
1 3/4 × 1 3/4 × 1/4	2.77	0.81	0.23	0.53	0.19	0.53	0.34		
3/8	1.44	0.42	0.13	0.55	0.10	0.48	0.35		
1 1/2 × 1 1/2 × 1/4	2.34	0.69	0.14	0.45	0.13	0.47	0.29		
3/8	1.23	0.36	0.08	0.47	0.07	0.42	0.30		
1 1/4 × 1 1/4 × 1/4	1.92	0.56	0.08	0.37	0.09	0.40	0.24		
3/8	1.01	0.30	0.04	0.38	0.05	0.36	0.25		
1 × 1 × 3/8	1.49	0.44	0.04	0.29	0.06	0.34	0.20		
1/4	0.80	0.23	0.02	0.30	0.03	0.30	0.20		

NOTE: 1 in = 2.54 cm; 1 lb = 0.305 kg; 1 lb = 4.45 N.

Fuente: Avallone, Baumeister III. *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*.

Anexo 5. Cargas axiales de seguridad para columnas estándar de tubo.

(Stress according to AISC specification for A501 pipe*)

Nominal pipe size, in	Outside diam, in	Wall thickness, in	Effective length of column KL , ft											
			6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	
3	3.500	0.216	38	36	34	31	28	25	22	16	12	10		
3½	4.000	0.226	48	46	44	41	38	35	32	25	19	15	12	
4	4.500	0.237	59	57	54	52	49	46	43	36	29	23	19	
5	5.563	0.258	83	81	78	76	73	71	68	61	53	47	39	
6	6.625	0.280	110	108	106	103	101	98	95	89	82	75	67	
8	8.625	0.322	171	168	166	163	161	158	155	149	142	135	127	
10	10.750	0.365	246	243	241	238	235	232	229	223	216	209	201	
12	12.750	0.375	303	301	299	296	293	291	288	282	275	268	261	

Note: 1 in = 2.54 cm; 1 ft = 0.305 m. For dimensions of standard pipe see Sec. 8. Safe loads above and stresses listed are for values of KL/r more than 120 but not over 200.
 * Yield stress is 35 ksi (241.2 MPa). Pipe ordered to ASTM A53, type E, or S grade II, or to API standard 5L grade II will have a yield point of 35 ksi (241.3 MPa) and may be designed at stresses allowed for A501 pipe.

Fuente: Avallone, Baumeister III. *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*.

Pág. 12-48.

