

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
“INGENIERO MECÁNICO”

TEMA:

DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CON
INSTALACIONES PARA EL EQUIPAMIENTO TOTAL DE MAQUINAS
INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA MVV CÍA. LTDA.

AUTORES:

CESAR AUGUSTO MOYANO MOYANO Y
ROBERTO CARLOS TOASA TUPIZA

DIRECTOR:

ING. PATRICIO QUITIAQUEZ

QUITO, JULIO 2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de investigación,
ha sido elaborado íntegramente, por los señores
Moyano Cesar y Toasa Roberto.

Los conceptos y análisis del proyecto son de
exclusiva responsabilidad de los autores.

Ing. Patricio Quitiaquez

Director de Tesis

DEDICATORIA

La presente tesis, la dedico en primer lugar mi padre Israel Toasa y a mi madre Lucila Tupiza, por todo el apoyo y amor incondicional que siempre me han brindado, sin olvidar que gracias a ustedes estoy aun aquí con vida.

A mis hermanos Alex y Christian que saben son parte importante de mi vida y les agradezco por siempre confiar en mí.

Además se la dedico a las dos personitas que forman parte de mi vida, a mi sobrinito Alex Israel que aunque no esté con nosotros siempre lo tengo presente, y a mi sobrinita Emily Samantha que alegra los días de todos con su alegría e inocencia de niña, a todos ellos dedico esta tesis pues son lo más importante de este mundo para mí.

Roberto Carlos Toasa Tupiza

DEDICATORIA

Dedico principalmente este trabajo a las personas que siempre han estado y compartido conmigo buenos y malos momentos; a mis padres Teresita y Anibal y mis hermanas María y Paola que con su ayuda desde el principio de mis días formaron la personalidad, empuje y ganas de ir adelante sin darme por vencido ante cualquier adversidad.

También se hacen merecedoras de este proyecto quienes ayudaron aportando con pautas necesarias y de gran ayuda sin tener algún tipo de interés ni beneficio al compartir esta experiencia.

Cesar Augusto Moyano Moyano

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana quien nos acogió durante todo el tiempo de formación académica y a todas aquellas personas que de alguna forma son parte de la institución.

Un sentido de gratitud enorme a nuestro Director de tesis Ing. Patricio Quitiaquez, que con su experiencia y conocimiento fue un pilar fundamental en el desarrollo de nuestro proyecto.

Sin dejar de menos a la impulsadora de esta buena experiencia la empresa “Mecanizados Vallejo Vargas” por brindarnos la oportunidad de compartir y desarrollar esta práctica, además a todos nuestros familiares y amigos que de una u otra forma nos manifestaron su ayuda.

Los Autores

PRÓLOGO

El presente proyecto se encamina al diseño y planificación de la infraestructura con instalaciones para el equipamiento total de máquinas industriales en la empresa MVV. Cía. Ltda.

El estudio se realizó en base a la necesidad de ampliación de las instalaciones, acorde a su actual estado y demanda en el mercado.

Conforme al espacio disponible y a la irregularidad que presenta el terreno la nave industrial está conformada de dos niveles; un área de 413 m² y otra de 215 m² establecidas para metal mecánica y mecanizados respectivamente, respetando y siguiendo las normas de equipamiento y seguridad industrial.

La nave se diseñó con normas y estándares definidos en la norma ecuatoriana de construcción 2011 (NEC-11), respetando las ordenanzas municipales y en base al cálculo estructural asistido por computador cuidando la estética y funcionalidad para lo que fue creada, brindando confort a los empleados.

Finalmente para la validación del proyecto se realizó varias pruebas de resistencia de la nave en el software y el análisis de costos, dándole viabilidad y visto bueno por parte de la junta directiva de la empresa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Mecanizados Vallejo Vargas Cía. Ltda. es una empresa que presta servicios de ingeniería mecánica, metalmecánica y mecanizados; establecida hace cinco años en la industria, teniendo un buen desempeño y trato con sus clientes; lo que la ha llevado a tener un crecimiento progresivo, por lo que demanda sostener sus actividades productivas y económicas apoyadas en un sistema de gestión que asegure el cumplimiento de los requerimientos y estándares de calidad establecidos, para lo cual necesita contar con una nueva infraestructura acorde a las nuevas metas y proyectos propuestos, que fortalezca el desenvolvimiento con el que se realizan las labores, con la perspectiva de asegurar su desarrollo de una forma ordena y mantenerse en el mercado con un alto nivel de competitividad.

ALCANCE:

Debido al crecimiento actual de la empresa se ha planteado un proyecto que consiste en el diseño y planificación total de las nuevas instalaciones de tal forma que permita organizar sus actividades productivas y económicas con el objetivo de mantener su crecimiento y posicionamiento en el mercado de forma estable.

El diseño de la nueva infraestructura cubre un área de 628 metros cuadrados de construcción, en donde deben constar oficinas, parqueaderos, comedor, área de metal mecánica, área de mecanizados y bodegas de almacenamiento que son los requerimientos que la junta general de accionistas de la empresa MVV exige para su aprobación.

El plazo de ejecución del proyecto es de doce meses, motivo por el cual la empresa requiere de los estudios de: diseño, fabricación, costos, montaje, implementación y validación de las nuevas instalaciones.

OBJETIVO GENERAL:

1. Diseñar y planificar la infraestructura con instalaciones para el equipamiento total de máquinas industriales de la empresa “Mecanizados Vallejo Vargas Cía. Ltda.”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño estructural llevándolos al campo profesional.
2. Investigar todos los elementos y parámetros requeridos para la construcción de las nuevas instalaciones.
3. Diseñar la infraestructura física que comprenderá un área de seiscientos veinte y ocho cuadrados.
4. Planificar, distribuir y diseñar las nuevas instalaciones de la empresa acorde a todos sus requerimientos.
5. Realizar la valoración final del proyecto

JUSTIFICACIÓN:

Debido a la alta acogida y demanda que ha obtenido la empresa MVV ha visto la necesidad de contar con una infraestructura que tenga la suficiente capacidad para cumplir con las nuevas exigencias y metas que tienen propuestas.

Para tener un mejor desenvolvimiento dentro la empresa se piensa en establecer y delimitar áreas de trabajo en donde el personal se sienta con la libertad y seguridad de realizar correctamente las labores encomendadas.

Además de afianzar el conocimiento previo obtenido en la universidad; poder impartir algunas sugerencias y experiencias que podrían ser de gran ayuda al momento de realizar este tipo de proyectos.

HIPÓTESIS:

Con la nueva infraestructura la empresa contará con los estándares de calidad establecidos por el mercado entonces cumplirá y satisfará a sus clientes.

El interior de la planta tiene la distribución apropiada de la maquinaria y espacio requerido para ejecutar las actividades de una manera más óptima y segura.

Se aprovecha al máximo el área física de la empresa y se tendrá un lugar específico para almacenamiento de materiales generando un ahorro en tiempo y costo de transportación de material.

METODOLOGÍA:

Para el diseño de la infraestructura se utilizará el método de diseño LRFD, ayudado del software “SAP 2000” como herramienta para la valoración del proyecto y respaldándose en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

En lo referente a la distribución se tomará en cuenta el espacio disponible, y la normativa del “reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo - decreto ejecutivo 2393 registro oficial 565” (vigente hasta la presente fecha).

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	IV
PRÓLOGO	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
ALCANCE	VII
OBJETIVO GENERAL:	VIII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VIII
JUSTIFICACIÓN.....	IX
METODOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE GENERAL	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
SIMBOLOGÍA	XXII
Glosario de términos.....	XXVII
CAPÍTULO I	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
1.1 Generalidades	1
1.2 Ámbito del diseño estructural.....	1
1.3 Esfuerzos que soportan los elementos estructurales.....	2
1.4 Factor de seguridad.....	4
1.5 Alternativas del diseño estructural	5
1.5.1 Construcciones de concreto.....	5
1.5.1.1 Materiales y elementos del hormigón armado	5
1.5.1.2 Algunas contraindicaciones.....	6
1.5.1.3 Diseño de la zapata.....	7
1.5.2 Construcciones metálicas	9
1.5.2.1 Ventajas del acero como material estructural	9

1.5.2.2 Desventajas del acero como material estructural	10
1.6 El proceso del diseño estructural	11
1.7 Cargas	13
1.7.1 Cargas muertas (D).....	14
1.7.2 Cargas vivas (L).....	14
1.7.3 Cargas debido al medio ambiente:.....	15
1.7.3.1 Cargas de viento	15
1.7.3.2 Cargas de sismo.....	15
1.8 Perfiles de acero.....	19
1.9 Relación esfuerzo deformación del acero estructural.....	20
1.10 Cálculos	23
1.10.1 Métodos	23
1.10.1.1 Método de la flexibilidad	23
1.10.1.2 Diseño por método lrfd	27
1.10.2 Conexiones desmontables.....	30
1.10.2.1 Conexiones atornilladas o empernadas	30
1.10.2.2 Tipos de tornillos.....	31
1.10.2.3 Conexiones tipo fricción y tipo aplastamiento	32
1.10.2.4 Tipos de falla en conexiones atornilladas	33
1.10.2.5 Diseño de placa base y pernos de anclaje	34
1.10.3 Conexiones soldadas.....	35
1.10.3.1 Símbolos de soldadura	35
1.10.3.2 Cálculo de las juntas soldadas a tope y de filete	36
1.10.3.3 Inspección de las soldaduras	44
1.10.3.4 Inspección visual	44

CAPÍTULO II

DISEÑO

2.1 Generalidades:	46
--------------------------	----

2.2 Definición de parámetros de diseño	47
2.3 Cálculo y diseño estructural	49
2.3.1 Determinación de cargas	49
2.3.2 Diseño y análisis estructural “Cálculo de un pórtico de la nave industrial”	56
2.3.3 Evaluación	64
2.3.4 Diseño y simulación en SAP2000 “Cálculo de la nave en conjunto”	66
2.3.5 Diseño y análisis estructural “Cálculo de placa base, pernos de anclaje y plinto”	77
2.3.6 Diseño y análisis estructural “Cálculo de soldadura”	85
2.4 Instalación.....	87
2.4.1 Instalación de máquinas fijas y móviles	87
2.4.2 Separación de máquinas	87
2.4.3 Colocación de materiales y útiles	88
2.4.4 Instalaciones eléctricas e iluminación	88
2.4.4.1 Interruptores	89
2.4.4.2 Pulsadores de puesta en marcha	89
2.4.4.3 Pulsadores de parada	89
2.4.4.4 Luminarias.....	89
2.5 Medidas de seguridad	89
2.5.1 Orden y limpieza	89
2.5.2 Equipos de protección individual	90
2.5.3 Herramientas manuales.....	90
2.5.4 Escaleras de mano	91
2.5.5 Electricidad.....	91
2.5.6 Riesgos químicos.....	92
2.5.7 El riesgo de incendios.....	92
2.5.8 Emergencias.....	93
2.5.9 Accidentes	93
2.6 Señalización de seguridad	93
2.6.1 Las señales de seguridad pueden representar lo siguiente.....	94

CÁPITULO III

COSTOS

3.1 Generalidades	95
3.2 Análisis de costos	95
3.2.1 Análisis de precios unitarios (APU)	95
3.2.2 Análisis de costos generales	131
Conclusiones.....	134
Recomendaciones	135
Bibliografía de Textos	136
Bibliografía de Normas y manuales	136
Páginas web	137
ANEXOS	138
A 1. PLANOS.....	139
A1.1 Vista superior “Nave Industrial” y ubicación en el terreno	140
A1.2 Niveles de la Estructura	141
A1.3 Plano Eléctrico.....	142
A1.4 Plano Sanitarios y Agua Potable.....	143
A1.5 Ubicación de Maquinaria y Espacios	144
A1.6 Señalización y rutas de Evacuación.....	145
A1.7 Plano Estructura Metálica.....	146
A2. MANTENIMIENTO	147
A 3. TABLAS.....	151
Tabla A 3.1 Pesos Propios.....	152
Tabla A 3.2 Cargas Vivas mínimas para cubierta en Kg/m ²	152
Tabla A 3.3 Valores de S y Cm	153
Tabla A 3.4 Valores de Z en función de la zona sísmica	153
Tabla A 3.5 Factores de resistencia	153
Tabla A 3.6 Tipos Perfiles.....	154
Tabla A 3.7 Factor de Importancia.....	156
Tabla A 3.8 Factor de Reducción	157

Tabla A 3.9 Factor de configuración estructural en planta.....	157
Tabla A 3.10 Factor de configuración estructural en elevación.....	158
Tabla A 3.11 Cubierta	159
Tabla A 3.12 Perfil C.....	160
Tabla A 3.13 Perfil L.....	161
Tabla A 3.14 Perfil G	162
Tabla A 3.15 Dimensiones de pernos de anclaje.....	163
Tabla A 3.16 Factor m para pernos de anclaje	163
Tabla A 3.17 Inventario de maquina	164
Tabla A 3.18 Colores, señales y símbolos de seguridad	168
Tabla A 3.19 Canal de agua Knalum.....	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Pórtico de 11.90 metros.....	49
Tabla 2.2 Pórtico de 9.90 metros.....	50
Tabla 2.3 Pórtico de 8.15 metros.....	51
Tabla 2.4 Correas.....	51
Tabla 2.5 Refuerzos.....	52
Tabla 2.6 Cubierta	53
Tabla 2.7 Placas en columnas.....	53
Tabla 2.8 Características de los perfiles	57
Tabla 2.9 Cargas respecto a la carga viva	60
Tabla 2.10 Cargas respecto a la carga muerta	61
Tabla 2.11 Cargas respecto a la carga de viento.....	61
Tabla 2.12 Cargas respecto a la carga de sismo	62
Tabla 2.13 Cargas aplicando el método de diseño lrfd.....	64
Tabla 2.14 Momento máximo vs momento permisible de cada barra.....	65

Tabla 3.1 APU de Desalojo a máquina.....	95
Tabla 3.2 APU de Replanteo y nivelación	96
Tabla 3.3 APU de Desalojo de material sobrante.....	97
Tabla 3.4 APU de Excavación manual en plintos y cimientos.....	98
Tabla 3.5 APU de Relleno manual compactado con material del sitio	99
Tabla 3.6 APU de Construcción de piso.....	100
Tabla 3.7 APU de Pórticos de 11,90 m	101
Tabla 3.8 APU de Pórticos de 9,90 m	102
Tabla 3.9 APU de Pórticos de 8,15m	103
Tabla 3.10 APU de Correas.....	104
Tabla 3.11 APU de Placas de Columnas	105
Tabla 3.12 APU de Vigas de 300	106
Tabla 3.13 APU de Vigas de 400	107
Tabla 3.14 APU de Columna Posterior	108
Tabla 3.15 APU de Columnas delanteras	109
Tabla 3.16 APU de Pintura.....	110
Tabla 3.17 APU de Mampostería de bloque 20 cm.....	111
Tabla 3.18 APU de Enlucido Vertical	112
Tabla 3.19 APU de Construcción mesanina	113
Tabla 3.20 APU de Tomacorriente dobles	114
Tabla 3.21 APU de Tablero eléctrico	115
Tabla 3.22 APU de Toma telefónica	116
Tabla 3.23 APU de Interruptor simple	117
Tabla 3.24 APU de Tomacorrientes especial 220v /12 v	118
Tabla 3.25 APU de Punto de iluminación	119
Tabla 3.26 APU de Sensor de movimiento	120
Tabla 3.27 APU de Tubería pvc Ø 3".....	121
Tabla 3.28 APU de Tubería pvc Ø 4"	122

Tabla 3.29 APU de Tubería pvc Ø 6"	123
Tabla 3.30 APU de Tubería de agua de 1/2"	124
Tabla 3.31 APU de Caja de revisión	125
Tabla 3.32 APU de Sumidero de piso	126
Tabla 3.33 APU de Válvula check	127
Tabla 3.34 APU de Llave de paso	128
Tabla 3.35 APU de Ducha cromada incluye llave y accesorios	129
Tabla 3.36 APU de Canal de agua Lluvia	130
Tabla A 3.1 Pesos Propios.....	152
Tabla A 3.2 Cargas Vivas mínimas para cubierta en Kg/m ²	152
Tabla A 3.3 Valores de S y Cm	153
Tabla A 3.4 Valores de Z en función de la zona sísmica	153
Tabla A 3.5 Factores de resistencia	153
Tabla A 3.6 Tipos Perfiles.....	154
Tabla A 3.7 Factor de Importancia.....	156
Tabla A 3.8 Factor de Reducción	157
Tabla A 3.9 Factor de configuración estructural en planta.....	157
Tabla A 3.10 Factor de configuración estructural en elevación	158
Tabla A 3.11 Cubierta	159
Tabla A 3.12 Perfil C.....	160
Tabla A 3.13 Perfil L.....	161
Tabla A 3.14 Perfil G	162
Tabla A 3.15 Dimensiones de pernos de anclaje.....	163
Tabla A 3.16 Factor m para pernos de anclaje	163
Tabla A 3.17 Inventario de maquina	164
Tabla A 3.18 Colores, señales y símbolos de seguridad	168
Tabla A 3.19 Canal de agua Knalum.....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Pieza sometida a esfuerzo de tracción.....	2
Figura 1.2 Pieza sometida a compresión	3
Figura 1.3 Pieza sometida a cizallamiento	3
Figura 1.4 Gráfica de Flexión.....	3
Figura 1.5 Gráfica de Torsión.....	4
Figura 1.6 “Dimensiones y cargas aplicadas a la zapata”	7
Figura 1.7 “Distribución de tensiones bajo una zapata”	8
Figura 1.8 Proceso de Diseño Estructural	12
Figura 1.9 Comportamiento sísmico de una estructura	16
Figura 1.10 Zonas sísmicas de Ecuador para propósitos de diseño.....	19
Figura 1.11 Diagrama esfuerzo deformación del acero estructural.....	20
Figura 1.12: Eslabón.....	25
Figura 1.13 Perno de cabeza hexagonal	31
Figura 1.14 a) Junta Traslapada y b) Junta a Tope.....	32
Figura 1.15 a) Falla de un perno por cortante simple b) Falla de una placa por tensión c) Falla de una placa por aplastamiento d) Falla de la placa por cortante e) Falla de una junta a tope por cortante doble	33
Figura 1.16 Símbolos de soldadura	36
Figura 1.17 Unión a tope “Carga de tracción”	37
Figura 1.18 Unión de perímetro a tope “Carga cortante”	38
Figura 1.19 Unión de planchas a tope “Carga cortante”	38
Figura 1.20 Unión a tope de un perfil que soporta cargas normales a su eje longitudinal	39
Figura 1.21 Unión a filete con cordones alineados paralelos a la carga.....	40
Figura 1.22 Unión a filete “Carga paralela y transversal”	40
Figura 1.23 Unión a filete “Carga de torsión”	41
Figura 1.24 Unión a filete “carga de torsión”	42
Figura 1.25 Unión a filete “carga de flexión”	43

Figura 1.26 Unión a filete “carga de flexión”	44
Figura 2.1 Vista Lateral “Nave Industrial”	47
Figura 2.2 Vista Frontal “Nave Industrial”	47
Figura 2.3 Dimensionamiento de pórticos “Nave Industrial”	48
Figura 2.4 Áreas que conforma la Nave Industrial.....	48
Figura 2.5 Pórtico de 11.90 metros.....	50
Figura 2.6 Pórtico de 9.90 metros.....	50
Figura 2.7 Pórtico de 8.15 metros.....	51
Figura 2.8 Correas	52
Figura 2.9 Refuerzos.....	52
Figura 2.10 Cubierta.....	53
Figura 2.11 Placas en columnas	54
Figura 2.12 Perfiles.....	56
Figura 2.13 Diagrama de un eslabón.....	57
Figura 2.14 Esquema de pórtico para análisis estructural	59
Figura 2.15 Nave Industrial	66
Figura 2.16 Determinación de cargas aplicadas (muerta, viva, viento y sismo)	66
Figura 2.17 Dimensionamiento del ángulo de 40x40x4.....	67
Figura 2.18 Dimensionamiento del ángulo de 40x40x2.....	67
Figura 2.19 Dimensionamiento del perfil U de 200x50x3	68
Figura 2.20 Dimensionamiento del perfil G de 150x50x3	68
Figura 2.21 Dimensionamiento de placas de 1.5mm.....	69
Figura 2.22 Asignación de ángulos a la estructura.....	69
Figura 2.23 Asignación de perfiles U 200x50x3 a la estructura	70
Figura 2.24 Asignación de perfiles U 200x50x3 a la estructura	70
Figura 2.25 Asignación de perfiles G 150x50x3 a la estructura	71
Figura 2.26 Asignación de placas.....	71
Figura 2.27 Asignación de cargas vivas	72
Figura 2.28 Asignación de carga de sismo	72

Figura 2.29 Asignación de carga de viento	73
Figura 2.30 Simulación del programa	73
Figura 2.31 Simulación del programa respecto a la carga muerta.....	74
Figura 2.32 Simulación del programa respecto a la carga viva.....	74
Figura 2.33 Simulación del programa respecto a la carga de viento	75
Figura 2.34 Simulación del programa respecto a la carga de sismo.....	75
Figura 2.35 Simulación del programa (diseño lfrd)	76
Figura 2.36: Barra que más trabaja	76
Figura 2.37 Simulación de combinación de cargas más crítica	77
Figura 2.38 Pre dimensionamiento de placa base	78
Figura 2.39 Aplicación de cargas en placa base	78
Figura 2.40 Diagrama de esfuerzos de la placa base.....	80
Figura 2.41 Aplicación de cargas pernos de anclaje	81
Figura 2.42 Dimensiones y cargas aplicadas al plinto.....	83
Figura 2.43 Representación gráfica del eslabón más critico de la estructura	85

SIMBOLOGÍA

Símbolo	Significado	Unidad
N	Factor de seguridad	
W	Carga de viento	Kg/m ²
v	Velocidad del viento	m/s
D	Carga Muerta	Kgf
L	Carga Viva	Kgf
V	Cortante basal	Kgf
Z	Aceleración de la Gravedad	
I_p	Factor de importancia para el edificio	
C	Coeficiente de suelo	
R	Factor de reducción de respuesta estructural	
$\emptyset_P$	Factor de configuración estructural en planta	
$\emptyset_E$	Factor de configuración estructural en elevación	
W_g	Carga gravitacional que está presente en la estructura cuando actúa el sismo de diseño	
T	Período fundamental de vibración de la estructura	

S y Cm	Coeficiente de la geología local	
Hn	Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura.	m
Ct	Factor para periodo fundamental	
Ft	Fuerza concentrada aplicada en la parte más alta de la estructura	
Fi	Fuerza que se aplica en el nivel del piso	
n _p	Número de pisos	
Fx	Fuerza en el nivel x de la edificación	
Wx	peso asignado al nivel x de la edificación	
Wi	Peso asignado al nivel i de la edificación	
Σ	Esfuerzo	<i>Pa, Psi</i>
P	Carga aplicada en cualquier instante	Kgf
Ao	Área de sección recta original de la probeta	m ²
ϵ	Deformación unitaria	m
Lo	Longitud inicial	m
L	Longitud de la pieza a cualquier carga.	m
<i>E</i>	Módulo de elasticidad	MPa
Sy	Esfuerzo de Fluencia	Kgf/cm ²

Sut	Esfuerzo último a la tensión	Kgf/cm ²
ΔL	Variación de longitud	m
A	Área de sección	m ²
F	Flecha	m/N
θ	Giro producido por un momento	rad
M	Momento	Kgf*m
C ₁ , C ₂	Contantes de integración	
a ₀	Matriz que se genera debido a la carga externa aplicada	
Fm	Matriz de la flexibilidad aplicada en el pórtico	
D ₀	Momento debido a cargas externas del pórtico	
B	Matriz que se genera debido a las cargas externas unitarias	
X	Reacción producida por la carga externa aplicada	
Lr	Cargas vivas en techos	Kgf
U	Carga última	Kgf
T	Esfuerzo cortante	N/m ²
Vt	Fuerza cortante	Kgf
C	Distancia a centroide	m,cm

I	Inercia	cm ⁴
X	Desplazamiento lineal	m
I _x , I _y	Inercia respecto a un eje	cm ⁴
T	Espesor de placa	mm
T ₁ , T ₂	Fuerza de los pernos	Kgf
D	Diámetro	mm
L _b	Longitud de perno de anclaje	cm
V _c	Volumen de Bloque	cm ³
P _c	Peso de Bloque	
D	Deslizamiento	
A _r	Área requerida del perno	mm ²
F _d	Factor de diseño de pernos	
P _v	Carga vertical	Kgf
a _m	Matriz resultante al momento aplicado	
P _h	Carga Horizontal	Kgf
E	Excentricidad	m
L	Longitud	m
H	Altura de la garganta	mm
L _p	Longitud del perímetro soldado	mm

Ms	Módulo resistente de la sección soldada	
Hc	Longitud del cateto de la soldadura	mm
Fv	Carga cortante	Kgf
T	Esfuerzo cortante	Kgf/m ²
R	Distancia desde el centroide al lugar más apartado	mm
J	Momento polar de inercia	Kgf*m

Glosario de términos:

A

Acero.- Es una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,03% hasta 1.76 %). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.

HIERRO PURO - 0.008 al 0.03% de carbono

ACERO - 0.03 al 1.76 % de carbono

FUNDICIÓN - 1.76 al 6.67% de carbono

Acero inoxidable.- Acero que presenta una gran resistencia a la acción de la oxidación, característica que se consigue aleándolo con el cromo y el níquel.

Aleación.- Sustancia con propiedades metálicas compuesta por dos o más elementos químicos de los cuales al menos uno es un metal.

Ambiente de trabajo.- Conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo

Arco.- Es el elemento constructivo lineal de forma curvada, que salva el espacio entre dos pilares o muros. Es muy útil para salvar espacios relativamente grandes con piezas pequeñas.

Armadura.- Conjunto de elementos que sirven de soporte al tejado. Normalmente está formado por dos vigas horizontales apoyadas sobre los muros denominadas soleras en las que se apoyan oblicuamente otras llamadas pares

B

Barlovento.- Parte de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

C

Columna.- Es una pieza arquitectónica vertical y de forma alargada que sirve, en general, para sostener el peso de la estructura, aunque también puede tener fines decorativos.

Corrosión.- Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.

D

Densidad.- Es la relación entre el peso de un elemento y el volumen que ocupa.

E

Eficacia.- Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

Eficiencia.- Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Ergonomía.- Parte de la ciencia que estudia la relación del cuerpo humano con el medio ambiente que le rodea.

I

Infraestructura.- Sistema de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de una organización.

Interruptor.- Dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

J

Jácnas.- Son las barras horizontales de la estructura.

L

Luminaria: Es una unidad de iluminación completa consistiendo de una o varias lámparas, un balasto (cuando es aplicable), en conjunto con las partes diseñadas para distribuir la luz, para posicionar y proteger las lámparas y para conectar las lámparas a la fuente de potencia.

M

Mantenimiento.- Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

Mantenimiento correctivo.- Tareas de reparación de equipos o componentes averiados

Mantenimiento predictivo.- Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.

Mantenimiento preventivo.- Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.

Mantenimiento selectivo.- Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

Mano de obra.- Trabajo ejecutado por el personal obrero.

N

Nave.- Cada uno de los espacios que delimitamos por muros o columnas en fila, se extienden a lo largo de un edificio.

O

Oxidación.- Degeneración por el ataque del oxígeno a un material o lubricante. El proceso es acelerado por calor, luz, catalizadores metálicos y la presencia de agua, ácidos o contaminantes sólidos.

P

Pilares.- Son las barras verticales de la estructura.

Potencia.- Cantidad de trabajo realizada en una unidad de tiempo. La potencia de un motor se mide en caballos de vapor (CV) o en kilovatios (Kw) en el sistema internacional.

Pórticos.- Son los elementos estructurales de hormigón formados por pilares y jácenas en toda la altura del edificio.

Prevención.- El conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

Pulsador: Es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón, y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

S

Sotavento.- Tiene su origen en dos vocablos latinos, *subtus* “debajo” y *ventus* “viento”. El término se emplea en un contexto marítimo para designar al sector opuesto a donde sopla el viento en relación a un cierto punto.

V

Viga.- Elemento estructural, normalmente ubicado en un plano horizontal, que cumple la función de transmitir las cargas que ocurren en un vano a los apoyos o elementos verticales (columnas o muros).

Z

Zapata.- Una zapata (a veces llamada poyo) es un tipo de cimentación superficial (normalmente aislada), que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresión medias o altas.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Generalidades

El presente capítulo tiene por finalidad establecer las normas y procedimientos para el diseño, desarrollo y sustentación de un proyecto que consiste en la creación de una nave industrial con el equipamiento de máquinas para una empresa que presta servicios de metal mecánica, mecanizados e ingeniería.

Se definirán términos que van de acuerdo a la problemática que conllevan este tipo de proyectos tomando en cuenta los aspectos más relevantes y que generen mayor incidencia en nuestro medio, entre estos se puede citar a las condiciones climáticas y movimientos telúricos.

Es importante mencionar que se trabajará con el método de diseño y construcción de estructuras metálicas LRFD por la seguridad y economía que proporciona para el desarrollo de este tipo de proyectos teniendo como base una gama de infraestructuras que afianza la credibilidad de este tipo de procedimientos.

1.2 Ámbito del diseño estructural

El diseño estructural comprende varias actividades que realiza el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura capaces de interpretar y evaluar convenientemente las cargas que se presentan durante su vida útil con el objetivo de obtener una respuesta preliminar de los esfuerzos admisibles y de trabajo para brindar una solución óptima, por lo tanto más económica. Dentro de las actividades se debe hacer cumplir los requisitos estructurales para que una obra cumpla sus funciones sin que sufra fallas frente a cargas últimas o incapacidad para soportar las cargas de servicio. Por otra parte es evidente que el diseño estructural es sólo una parte de ese gran conjunto que es la construcción de una obra, donde está también el proyecto arquitectónico, civil, de instalaciones, de equipamiento, etc. por lo que no se deben tomar decisiones apresuradas que puedan atentar contra la economía de la construcción, e incluso contra la seguridad.

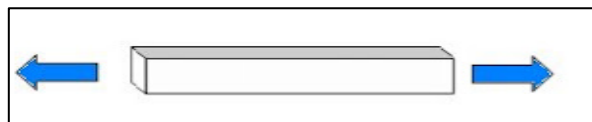
“Las preocupaciones de los daños ecológicos, también deben estar dentro del ámbito del diseño estructural y se deberá reconocer que los proyectistas, poco se han preocupado y ocupado de estas cuestiones, hoy más que nunca hay que tener presente el impacto que puede tener una obra sobre el medio ambiente”¹. Con el avance de la tecnología, en el Diseño Estructural se abre otro nuevo campo de desarrollo, el cual permite obtener la variante o variantes más racionales desde el punto de vista económico, lográndose obras que cumplen todas sus funciones y requisitos, pero que a la vez, su costo es mínimo.

Por último se puede señalar que un buen proyecto es aquel que garantiza que la obra sea estética, funcional, bien acoplada al entorno, que soporte las cargas sin daños que acorten su vida útil, fácil y rápida de construir, con gastos mínimos y sin dañar el medio ambiente.

1.3 Esfuerzos que soportan los elementos estructurales

Al construir una estructura se necesita tanto un diseño adecuado como unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas, cargas y acciones a las que va a estar sometida. Los tipos de esfuerzos que deben soportar los elementos de las estructuras son:

- **Tracción.** Hace que se separen entre sí las distintas partículas que componen una pieza, tendiendo a alargarla. Esta definición se observa en la figura 1.1.



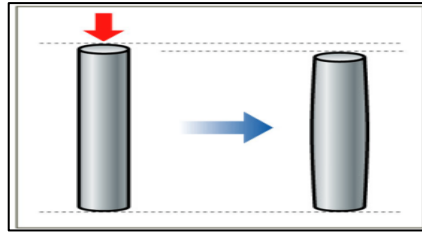
Fuente: Internet²

Figura 1.1. Pieza sometida a esfuerzo de tracción

- **Compresión.** Hace que se aproximen las diferentes partículas de un material, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos. Esta definición se observa en la figura 1.2.

¹ Meli Piralla, **DISEÑO ESTRUCTURAL**, 2a Edición, Capítulo 1, Limusa Noriega Editores, México D. F. 2004, Páginas 17

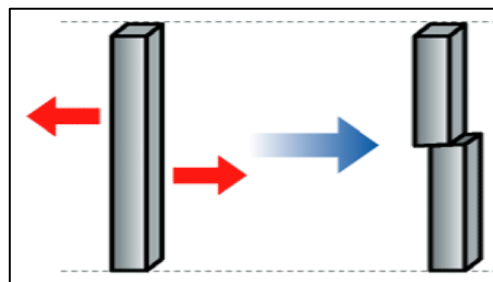
² s/a, Tips para construcción, 2009, http://tipscasa.blogspot.com/2009_04_19_archive.html



Fuente: Internet³

Figura 1.2 Pieza sometida a compresión

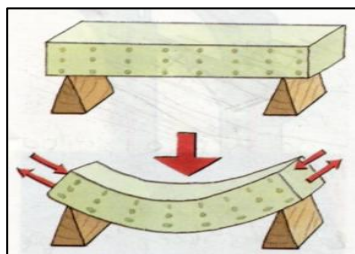
- **Cizallamiento o cortadura.** Se produce cuando se aplican fuerzas perpendiculares a la pieza, haciendo que las partículas del material tiendan a resbalar o desplazarse las unas sobre las otras. Esta definición se observa en la figura 1.3.



Fuente: Internet⁴

Figura 1.3 Pieza sometida a cizallamiento

- **Flexión.** Es una combinación de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza sometida a un esfuerzo de flexión se alargan, las inferiores se acortan, o viceversa. Esta definición se observa en la figura 1.4.



Fuente: Internet⁵

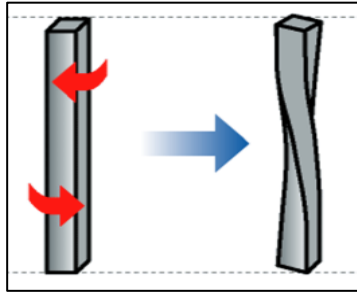
Figura 1.4 Grafica de Flexión

- **Torsión.** Las fuerzas de torsión son las que hacen que una pieza tienda a retorcerse sobre su eje central. Esta definición se observa en la figura 1.5.

³ kalipedia, Elementos estructurales, www.kalipedia.com

⁴ kalipedia, Elementos estructurales, www.kalipedia.com

⁵ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>



Fuente: Internet⁶

Figura 1.5 Grafica de Torsión

1.4 Factor de seguridad

Como la resistencia es la capacidad de una estructura para resistir cargas, la relación de la resistencia real entre la resistencia requerida se llama factor de seguridad:

$$N = \frac{\text{resistencia real}}{\text{resistencia requerida}} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Dependiendo de las circunstancias, los factores de seguridad varían de 1 hasta 10.

El uso de factores de seguridad en el diseño no es asunto sencillo, porque tanto la resistencia como la falla tienen muchos significados distintos.

“La *Falla* puede equivaler a la fractura y el completo colapso de la estructura o puede significar que las deformaciones se han vuelto tan grandes que la estructura ya no puede realizar sus funciones. Esta última clase de falla, puede presentarse con cargas muchos menores que las que causan el colapso real⁷”.

Si el factor de seguridad es muy bajo, la probabilidad de falla será relativamente alta, y la estructura será inaceptable; si el factor es muy grande, la estructura será muy costosa y quizá no sea adecuada para su función. Por este motivo los factores de seguridad, se determinan de forma de probabilidad y en base a la experiencia de los diseñadores que las dictaminarán como normas adecuadas para los proyectos, pero la decisión final siempre dependerá del ingeniero a cargo de cada proyecto.

⁶ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnología.com>

⁷ James M. Gere, Mecánica de Materiales, editorial THOMSON, cuarta edición, Año 1995, Pág. 26

1.5 Alternativas del diseño estructural

El cálculo de estructuras tiene como finalidad el estudio de la estabilidad y resistencia de las construcciones de manera que bajo las acciones que aquellas soportan tanto de fuerzas internas denominadas tensiones o esfuerzos como de deformaciones que se presentan deben quedar dentro de ciertos límites establecidos que son determinados mediante ensayos, los cuales pueden ser de: tracción, compresión, fatiga, choque, etc...

Por lo tanto se deberá elegir el tipo de diseño estructural que se adapte mejor a los requerimientos del proyecto.

De una forma general existen dos tipos de diseños utilizados los cuales se analizarán brevemente a continuación:

1.5.1 Construcciones de concreto

“El concreto se puede definir como un material que gracias a sus propiedades plásticas puede ser moldeado en cualquier tipo de estructuras. Este material, en contraparte del acero, tiene gran capacidad para resistir la compresión y debido a que está constituido por arena, grava y agua, es un material extremadamente barato”⁸.

Al usar el acero en conjunto con el concreto se puede aprovechar la capacidad de tensión y compresión que brindan estos dos elementos, ayudando a crear una estructura mucho más fuerte y segura.

1.5.1.1 Materiales y elementos del hormigón armado

La estructura de hormigón armado está compuesta por diferentes materiales que trabajan en conjunto frente a la acción de las cargas a que está sometida.

Los materiales que intervienen en su composición son:

⁸ Arredondo F, Estudio de materiales V.-Hormigones. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, Año 1995, pág. 23

- **Acero:** El acero presente en las barras y mallas, en las armaduras cumple la misión de ayudar a soportar los esfuerzos de tracción y corte a los que está sometida la estructura.
- **Hormigón:** El hormigón tiene resistencia a la compresión, mientras que su resistencia a la tracción es casi nula. Tener en cuenta que un hormigón convencional posee una resistencia a la tracción diez veces menor que a la compresión.

Los refuerzos de acero en el hormigón armado otorgan ductilidad al hormigón, ya que es un material que puede quebrarse por su fragilidad.

Los Elementos del Hormigón Armado son:

- **Pilares**
- **Jácnas**
- **Pórticos**

1.5.1.2 Algunas contraindicaciones

En algunos casos no se recomienda este sistema:

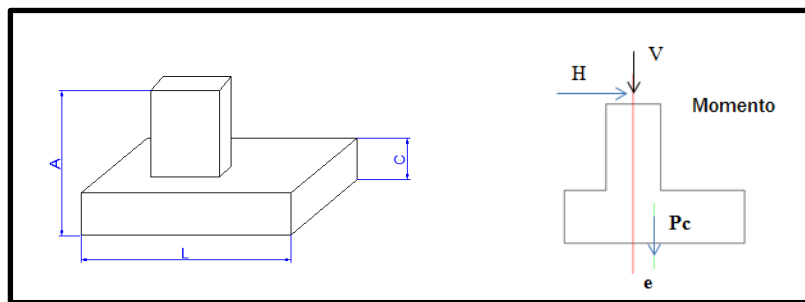
- En estructuras que requieren ejecución en plazos muy cortos, pues el hormigón necesita fraguar en obra, y en un tiempo estimado, normalmente en un mes para su desencofrado. De cualquier modo este inconveniente hoy día ya no es problema con el empleo de hormigones de fraguado rápido o con un curado al vapor y sistemas de encofrados altamente industrializados, lo que permiten acortar los tiempos en obra.
- Cuando la obra se realiza en terreno deficiente con grandes posibilidades de acusados asientos, pues la estructura rígida es más sensible a estos asientos que una articulada como la estructura metálica.
- En construcciones donde se prevean cambios notables en el uso de las cargas; ya que una estructura de hormigón exigida a cargas mayores a las proyectadas, requiere de un nuevo dimensionamiento y adaptación con refuerzos en su estructura.

- En construcciones donde se requiera cubrir grandes luces.

1.5.1.3 Diseño de la zapata

“Para el diseño de una zapata se supone que la fundición es totalmente rígida y que por lo tanto ella no se deforma al transmitir las cargas al suelo. Esta suposición lleva a considerar que el esquema de presiones que se transmite sobre el suelo es uniforme sin importar el tipo de suelo sobre el cual se funda lo cual no es del todo cierto”⁹.

Sea una zapata con las dimensiones y situación que se indica en la figura 1.6, sometida a unos esfuerzos en base de pilar



Fuente: Los Autores

Figura 1.6 “Dimensiones y cargas aplicadas a una zapata”

Dónde: P_h = Carga horizontal

P_v = Carga vertical

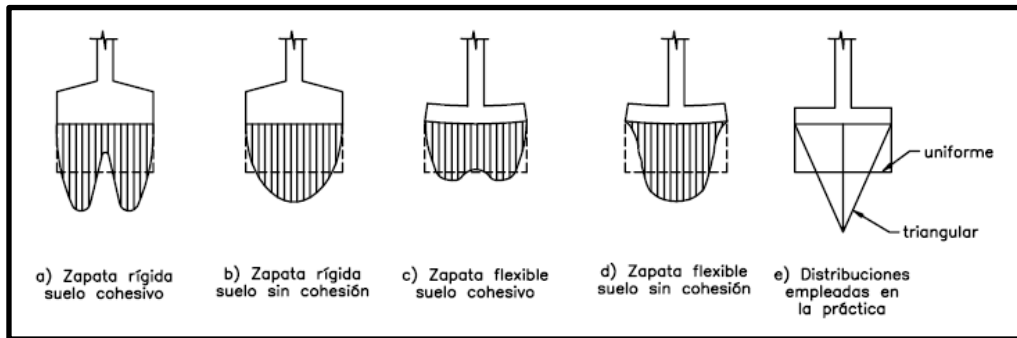
P_c = Peso del concreto

e = Excentricidad

“La distribución de tensiones bajo una zapata no es uniforme ni igual según su rigidez y la naturaleza del suelo, tal y como se puede ver en la figura 1.7”¹⁰.

⁹ <http://www.estructuras.eia.edu.co/hormigon>

¹⁰ López García Luis y López Perales Jesús “*Elementos de construcción*” Edita Universidad de Castilla, Año 1999



Fuente: Los Autores

Figura 1.7 “Distribución de tensiones bajo una zapata”

En la práctica, para evitar cálculos complejos, se adoptan distribuciones uniformes o lineales, donde:

$$e = \frac{M}{P_v} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

M = Momento resultante

P_v = Carga vertical

$$e \leq \frac{L}{6} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

L = Longitud

“Habrá que realizar las comprobaciones a deslizamiento tomando 1.5 como coeficiente de seguridad”¹¹:

$$d > 1.5 \quad (\text{Ec. 1.4})$$

Dónde: d = Deslizamiento

$$d = \frac{P_v}{P_h} * 0.5 \quad (\text{Ec. 1.5})$$

P_v = Carga vertical

P_h = Carga horizontal

¹¹ López García Luis y López Perales Jesús “*Elementos de construcción*” Edita Universidad de Castilla, Año 1999

1.5.2 Construcciones metálicas

Las estructuras metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en el país donde se utiliza.

Los metales y aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales:

- **Los materiales ferrosos:** Son aquellos que contienen hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del hierro y el acero.
- **Los materiales no ferrosos:** Son los que no contienen hierro. Estos incluyen el aluminio, magnesio, zinc, cobre, plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones el latón y el bronce, son una combinación de algunos de estos metales no ferrosos y se les denomina aleaciones no ferrosas.

Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces y cargas importantes.

Al ser sus piezas prefabricadas, y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de obra significativamente.

1.5.2.1 Ventajas del acero como material estructural

“El acero es uno de los materiales estructurales más versátiles, esto es razonable si se considera su gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades convenientes”¹². Estas y otras ventajas del acero estructural se analizarán a detalle a continuación:

- **Alta resistencia:** El acero presenta gran resistencia por unidad de peso de ahí que una estructura será considerablemente liviana en relación a su resistencia de diseño.

¹² <http://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/practicas/practica4/>

- **Elasticidad:** El acero es capaz de recobrar su forma y dimensiones iniciales cuando cesa el esfuerzo que había provocado su deformación, ya que sigue la “Ley de Hooke”.
- **Durabilidad:** Si las condiciones y requerimientos se cumplen acorde al diseño la estructura de acero durará indefinidamente.
- **Ductilidad:** El acero puede soportar grandes deformaciones producto de esfuerzos de tensión antes de fallar, y es una ventaja adicional que cuando sufre una deflexión grande al sobrecargarse se la puede evidenciar visualmente antes de que ocurra el colapso.
- **Tenacidad:** Un elemento de acero al presentar grandes deformaciones será aún capaz de resistir grandes fuerzas. (posee resistencia y ductilidad)
- **Ampliaciones de estructuras existentes:** Un diseño estructural puede ser fácilmente adaptado a posibles modificaciones.

1.5.2.2 Desventajas del acero como material estructural

En general el acero tiene las siguientes desventajas:

- **Costo de mantenimiento:** El acero es susceptible a la corrosión por lo que se debe dar mantenimiento y protección para el mismo.
- **Costo de la protección contra el fuego:** El acero es un excelente conductor de calor, por lo que se debe tomar precauciones y evitar propagar incendios a lugares adyacentes.
- **Susceptibilidad al pandeo:** Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo.
- **Fatiga:** El acero puede perder resistencia a cargas variables de magnitud, se puede reducir esto si se considera estas posibles variables en el diseño.

1.6 El proceso del diseño estructural

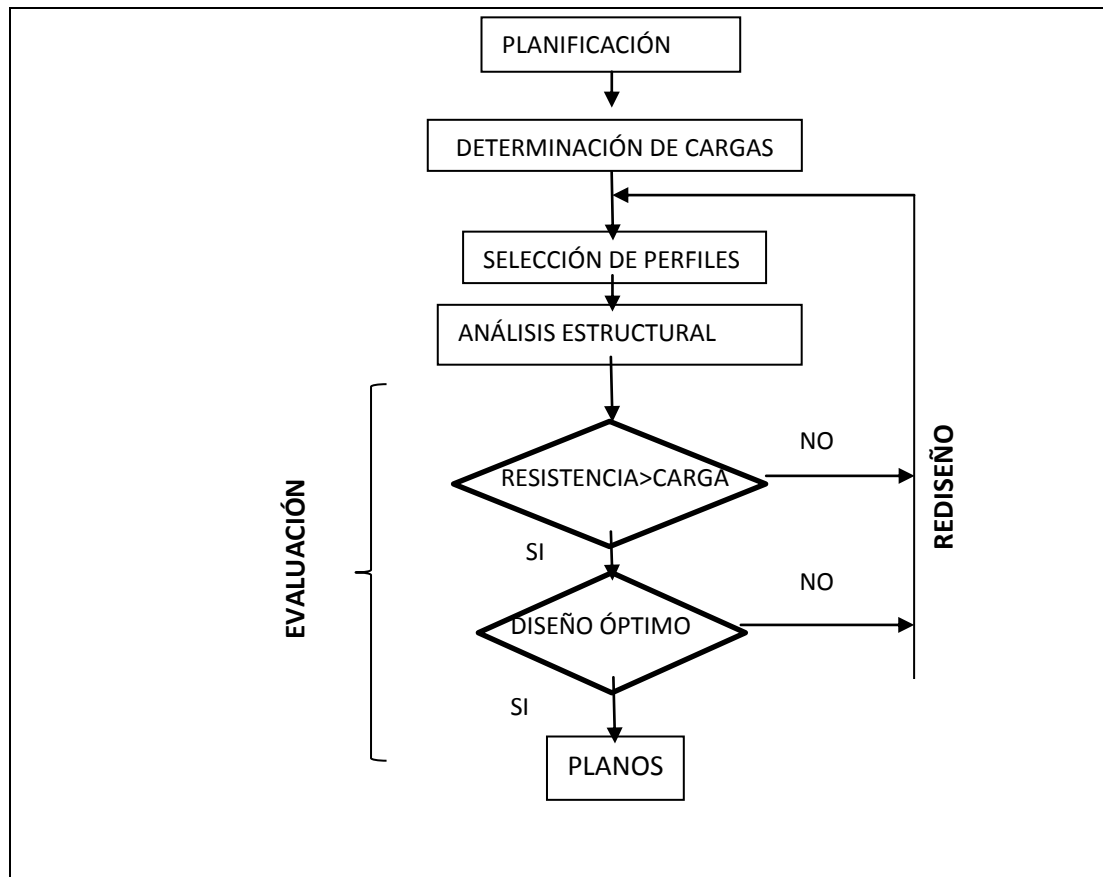
“La finalidad de un sistema estructural, es resistir las fuerzas a las que va ser sometido sin colapso o mal comportamiento; por tal motivo las soluciones propuestas están sujetas a las restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto y a las limitaciones generales de costo y tiempo de ejecución”¹³.

“Los cálculos y comprobaciones posteriores basados en la teoría del diseño estructural sirven para definir en detalle las características de la estructura, y para confirmar o rechazar la viabilidad del sistema propuesto. Esta parte creativa del proceso no está desvinculada del conocimiento de la teoría estructural, es decir; la posibilidad de intuir un sistema estructural eficiente e imaginarlo en sus aspectos esenciales, es el fruto solo en parte de las cualidades propias del proyectista; es resultado también de la asimilación de conocimientos teóricos y experiencia adquirida en el ejercicio del proceso de diseño”¹⁴.

Por lo tanto, lo que comúnmente se denomina el buen criterio estructural no está basado solo en la intuición y en la práctica, sino también debe estar apoyado en sólidos conocimientos teóricos. Ahora el tratar de clasificar o subdividir un proceso de diseño resulta una tarea iterativa en donde juegan un papel muy importante la experiencia y los conocimientos, motivo por el cual se plantea un modelo que conjugue estos dos aspectos de la manera más eficiente y eficaz llevando al proyectista a la mejor opción de la construcción. Esta definición se observa en la figura 1.8:

¹³ Narro Arturo, *Proceso del diseño estructural*, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

¹⁴ Cuevas Gonzales, *Análisis Estructural*, México, Limusa Editores, Año 2003



Fuente: Diseño para ingeniería, “editorial Mc Grill”, pag.125

Figura 1.8 Proceso de Diseño Estructural

A continuación se hablará brevemente de cada uno de los parámetros del proceso de diseño estructural:

Planificación

“En este punto es donde se establecen las condiciones requeridas en la estructura a diseñar, donde el ingenio y la experiencia del proyectista juegan un papel importante para obtener los mejores resultados”¹⁵. Además se realizará un prediseño que será discutido con el contratista y otros profesionales, que participan en el proyecto definiendo los parámetros y requerimientos óptimos del diseño a realizarse.

Determinación de cargas

Las cargas del diseño inicialmente son consideradas conforme al tipo de proyecto y ubicación, las cuales serán más precisas y valoradas en las sucesivas iteraciones.

¹⁵ Narro Arturo, *Proceso del diseño estructural*, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Selección de perfiles

La selección del perfil será en base a las cargas obtenidas en el diseño, su fácil ensamblaje, montaje y disposición que tenga en el mercado.

Análisis estructural

“Basado en el verdadero comportamiento estructural, se aplican los métodos de diseño para determinar los esfuerzos internos que soportarán los elementos estructurales, con el objeto de poder compararlos con la resistencia que deberán tener dichos elementos”¹⁶.

Evaluación

Se debe verificar si la resistencia que se obtiene está de acuerdo a las condiciones planteadas y superan a las demandas que se establecen en los resultados de la etapa previa. Si hay un margen de seguridad adecuado y económico se puede dar por concluido el diseño, caso contrario se debe rediseñar.

Rediseño

El rediseño es un proceso iterativo que se realizará tantas veces como sea necesario hasta poder cumplir con los requerimientos del proyecto (determinación del perfil, análisis estructural y evaluación).

Finalmente, decidir si se ha alcanzado un diseño óptimo del proyecto; de ser así, se da por concluido el proceso iterativo.

Elaboración de planos y las especificaciones de trabajo.

Finalmente se elaboran los planos de conjunto (detallan todas las conexiones), planos de despiece (utilizan para la fabricación de cada elemento) y las especificaciones de trabajo correspondientes.

1.7 Cargas

Quizá la tarea más importante y difícil que debe enfrentar un diseñador de estructuras, es la estimación precisa de las cargas que recibirá una estructura

¹⁶ Narro Arturo, *Proceso del diseño estructural*, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

durante su vida útil. No debe omitirse la consideración de cualquier carga que pueda llegar a presentarse. Después de que se han estimado las cargas es necesario investigar las combinaciones más desfavorables que puede ocurrir en un momento dado.

A continuación se dará breve introducción a los tipos de cargas que se debe tener en cuenta en el diseño.

1.7.1 Cargas muertas (D):

Son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Éstas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella. Para un edificio con elementos de acero, alguna de las cargas muertas se deben a: la estructura en sí, los muros, los pisos, el techo, la plomería, etc.

Las dimensiones y peso exactos de las partes no se conocen hasta que se hace el análisis estructural y se seleccionan los miembros de la misma. Los pesos, determinados de acuerdo con el diseño, deben compararse con los pesos estimados. Si se tienen grandes discrepancias, será necesario repetir el análisis y efectuar el diseño con una estimación más precisa de las cargas.

Una estimación razonable de las cargas en la estructura puede hacerse con base en otras similares o en fórmulas y tablas diversas disponibles en varias localidades (Ver Tabla A 3.1 en Anexo A 3).

1.7.2 Cargas vivas (L):

Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura. Estas son: personal, mobiliario, empujes de cargas de almacén. Al igual que las cargas muertas; las cargas vivas se pueden estimar en base a comparación, fórmulas diversas y tablas. (Ver Tabla A 3.2 en Anexo 3).

1.7.3 Cargas debido al medio ambiente:

1.7.3.1 Cargas de viento:

El viento actúa sobre un área en cualquier sentido tomándose la más desfavorable para efectos de cálculo.

El viento (v) en los puntos en que se anula produce una presión dinámica de valor:

$$w = \frac{v^2}{207} \quad Kg/m^2 \quad (\text{Ec. 1.6})$$

Dónde:

w = Presión dinámica del viento Kg/m^2

v = Velocidad del viento m/s

La presión dinámica en el cálculo de un edificio se considera en función de la altura, de su coronación y de su situación topográfica.

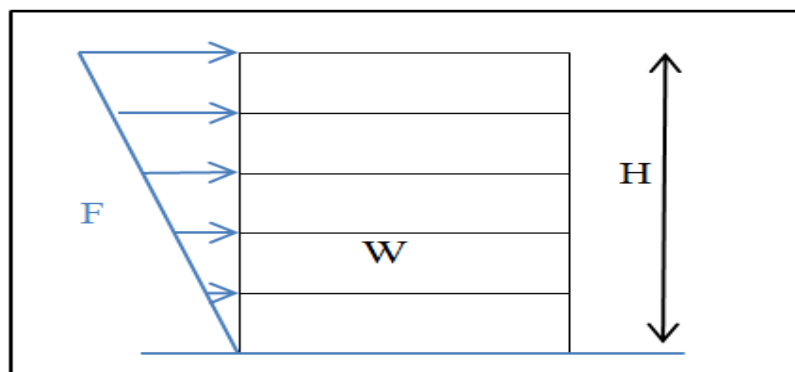
Debido a la rugosidad de la tierra, la velocidad del viento es variable y presenta turbulencia, sin embargo para una edificación se asume una posición deformada debido a una velocidad constante y que vibra a partir de esta posición.

La fuerza del viento actúa como presiones sobre las superficies planas, verticales e inclinadas a barlovento y como succiones sobre las superficies planas, verticales o inclinadas a sotavento debido a la creación de presiones negativas o vacías.

1.7.3.2 Cargas de sismo

Estas cargas inducidas en las estructuras están en relación de su masa (w) y la elevación a partir del suelo (H); así como las aceleraciones del terreno y de la capacidad de la estructura para disipar energía, estas cargas se pueden determinar como fuerzas estáticas horizontales (F) aplicadas a las masas de la misma (ver figura 1.9) aunque en ocasiones debido a la altura de los edificios o esbeltez se hace necesario un análisis dinámico para determinar las fuerzas

máximas a las que estará sometida la estructura. Esta definición se observa en la figura 1.9.



Fuente INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2001, Parte 1, pág. 45

Figura 1.9 Comportamiento sísmico de una estructura

Para el cálculo de la carga de sismo el “Código Ecuatoriano de la Construcción” (CEC) utiliza la siguiente ecuación:

Cortante basal de diseño V:

$$V = \frac{Z I_p C}{R \phi_P \phi_E} W g \quad Kg \quad (\text{Ec. 1.7})$$

Dónde:

Z = Aceleración de la Gravedad (ver Tabla A 3.4)

I_p = Factor de importancia para el edificio (ver Tabla A 3.7)

C = Coeficiente de suelo (interacción suelo – estructura)

R = Factor de reducción de respuesta estructural (ver Tabla A 3.8)

ϕ_P = Factor de configuración estructural en planta

ϕ_E = Factor de configuración estructural en elevación

$W g$ = Carga gravitacional que está presente en la estructura cuando actúa el sismo de diseño

$$C = \frac{1,25 * S^S}{T} \quad (\text{Ec. 1.8})$$

Dónde:

S : Coeficiente de la geología local (ver tabla A 3.3)

T : Período fundamental de vibración de la estructura

El valor de C , una vez cuantificado con la expresión previa, no debe ser menor de 0.5 ni requiere superar el valor de C_m de la tabla. (Ver Tabla 1.3 en Anexo A 3.3)

$$T = C_t H_n^{3/4} \quad (\text{Ec. 1.9})$$

Dónde:

H_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura.

$C_t = 0,09$ para pórticos de acero.

$C_t = 0,08$ para pórticos espaciales de hormigón armado.

$C_t = 0,06$ para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales y para otras estructuras.

La distribución vertical de fuerzas laterales se calcula de la siguiente fórmula.

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{np} F_i \quad (\text{Ec. 1.10})$$

$$F_t = 0,07 T V \quad (\text{Ec. 1.11})$$

Dónde:

F_t = La fuerza concentrada que se aplicará en la parte más alta de la estructura, constituyéndose una fuerza adicional a la fuerza en el último piso.

F_i = Fuerza que se aplica en el piso i , como parte de un sistema de fuerzas que actúa sobre cada uno de los pisos, que modela el efecto del primer modo de vibración de la estructura.

np = Número de pisos de la estructura.

T = El período utilizado para el cálculo del cortante basal.

V = Cortante basal.

“Sin embargo, F_t no necesita exceder el valor de $0,25 V$, y puede considerarse nulo cuando T es menor o igual a $0,7$ s.

La parte restante del cortante basal debe ser distribuido sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel n , de acuerdo con la expresión¹⁷:

$$F_x = \frac{V - F_t}{n} \frac{w_x h_x}{\sum_{i=1}^n (w_i h_i)} \quad (\text{Ec. 1.12})$$

Dónde:

F_x = Fuerza en el nivel x de la edificación.

w_x = Peso asignado al nivel x de la edificación

w_i = Peso asignado al nivel i de la edificación

“Para localizar espacialmente a las fuerzas horizontales equivalentes a la acción sísmica, las masas deberán ubicarse desplazadas del centro de masas de piso un 5% de la máxima dimensión de piso perpendicular a la acción de las fuerzas para considerar una torsión accidental¹⁸.”

Zonas sísmicas y valores de z

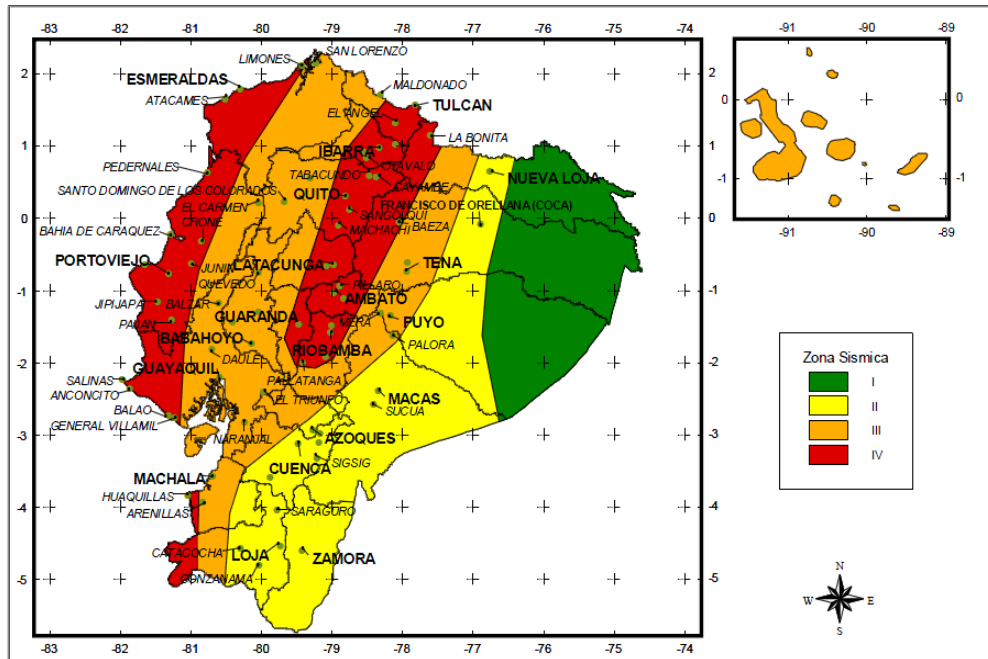
El Ecuador está dividido en cuatro tipos de sectores, en relación a riesgo sísmico. A cada zona se asigna un valor de z (Ver Tabla A 3.4 en anexo A3) que

¹⁷ INEN, *Código Ecuatoriano de la Construcción 2001*, Parte 1, pág. 14.

¹⁸ INEN, *Código Ecuatoriano de la Construcción 2001*, Parte 1, pág. 14.

“representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.”¹⁹

En la figura 1.10 se presenta el mapa de zonificación de Ecuador:



Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2001, Parte 1, pág. 22

Figura 1.10 Zonas sísmicas de Ecuador para propósitos de diseño

1.8 Perfiles de acero

Un perfil de acero laminado es una "barra", que se utiliza como elemento estructural, y puede tener diferentes tipos de composiciones (aleaciones) dependiendo del diseño y la utilidad a emplearse.

“Se le llama perfil por la forma transversal que tienen y puede ser: H, T, I, C, L, (Ver Tabla A 3.6 en anexo A 3) al tener diferentes formas geométricas obviamente tienen diferentes inercias y diferentes áreas, esto se hace con el fin de gastar la menor cantidad de acero posible para crearlas, y solo poner el acero en donde los esfuerzos son significativos en una pieza estructural”²⁰.

Por ejemplo en una viga los esfuerzos por flexión se concentran en las caras superior e inferior de la viga, no en el centro, de ahí que se puede reducir la sección

¹⁹ INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2001, Parte 1, pág. 9

²⁰ <http://www.allstudies.com/acero-estructural.html>

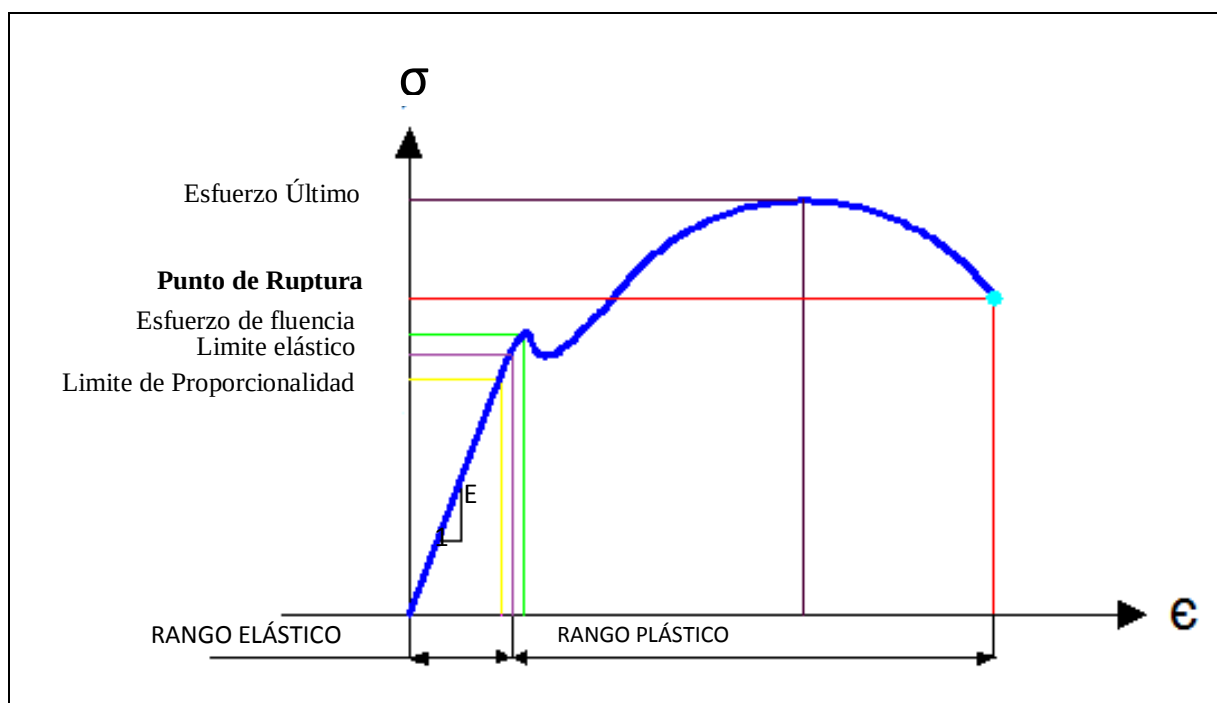
del alma en relación a la del patín. “Los perfiles son utilizados como piezas estructurales, vigas, columnas, o como elementos de una armadura, ya que se pueden trabajar muy bien a flexión y a compresión”²¹.

También se pueden soldar dos perfiles diferentes para obtener un mejor funcionamiento de la pieza, por ejemplo en lugar de usar un perfil I se puede emplear dos perfiles C remachados o soldados, y gastar menos acero y obtener un mejor comportamiento de la columna o trabe.

1.9 Relación esfuerzo deformación del acero estructural

“Cuando se selecciona un material para construir un edificio o una máquina, es necesario conocer sus propiedades mecánicas, así como su capacidad para soportar esfuerzos”²².

El diagrama *esfuerzo - deformación*, es una característica importante del material, en la figura 1.11 se representa al diagrama:



Fuente: Internet²³

Figura 1.11 Diagrama esfuerzo deformación del acero estructural

²¹ <http://es.scribd.com/doc/45321116/Estructuras-de-Acero-Tomo-16>

²² <http://es.scribd.com/doc/45321116/Estructuras-de-Acero-Tomo-16>

²³ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

- **Esfuerzo (σ)**

El esfuerzo es definido como la carga por unidad de área (o carga unitaria); y para la probeta a tensión se calcula:

$$\sigma = \frac{P}{A_o} \quad Pa, Psi \quad (\text{Ec. 1.13})$$

Dónde:

P = Carga aplicada en cualquier instante N, lb

A_o = Área de sección recta original de la probeta m^2, in^2

El esfuerzo queda distribuido de manera uniforme en toda la sección transversal.

- **Deformación unitaria (ϵ)**

Es el cambio en la longitud por unidad de longitud, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\epsilon = \frac{l-l_o}{l_o} \quad (\text{Ec. 1.14})$$

Dónde:

l_o = Longitud inicial

l = Longitud de la pieza a cualquier carga.

La deformación unitaria es adimensional dado que es una longitud dividida para otra longitud.

- **Módulo de elasticidad (e)**

La curva de esfuerzo-deformación da un cierto número de parámetros útiles de un material. El límite de proporcionalidad, por debajo del cual el esfuerzo es proporcional a la deformación, según queda expresado en la ley de Hooke:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 1.15})$$

Dónde:

E = Pendiente de la curva esfuerzo deformación hasta su límite de proporcionalidad. Conocido como módulo de Young o módulo de elasticidad del material.

$E = 200.000 \text{ MPa}$ (Es prácticamente independiente de la resistencia del acero)

- **Límite de proporcionalidad**

“Hasta este punto la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal”.²⁴

- **Límite elástico**

“Es el punto más allá del cual el material sufrirá una deformación permanente, es decir, una deformación plástica. El límite elástico marca la frontera entre las regiones de comportamiento elástico y del comportamiento plástico del material”.²⁵

- **Esfuerzo de fluencia (S_y)**

“Es un punto ligeramente por arriba del límite elástico, el material empieza a ceder más fácilmente al esfuerzo aplicado, con lo que aumenta su razón de deformación (ver figura 1.11). Esto se conoce como punto de fluencia y el valor del esfuerzo en dicho punto define el límite S_y del material”.²⁶

$S_y = 36000 \text{ psi}$ (2530 Kg/cm^2); ASTM A36; AISI 10-10 (Acero Estructural)

- **Esfuerzo último a la tensión (S_{ut})**

“Es el esfuerzo correspondiente a la carga máxima alcanzada en la prueba a tensión”.²⁷ Esto se considera generalmente como una medida de la resistencia del material.

- **Punto de ruptura:**

“Es donde el material falla”.²⁸

²⁴ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

²⁵ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

²⁶ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

²⁷ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

1.10 Cálculos:

“La principal función de un sistema estructural es la de absorber las acciones o sollicitaciones que se derivan del funcionamiento de la construcción, por esto es importante que se realicé correctamente los cálculos para el análisis del diseño propuesto”²⁹.

Un punto importante en la exactitud de un cálculo, es que por más que cuenten con excelentes herramientas como calculadoras y computadoras se debe tener presente que el diseño estructural no es una ciencia exacta y que no tiene sentido tener resultados con ocho cifras significativas.

“Algunas de las razones se deben a que los métodos de análisis se basan en suposiciones parcialmente ciertas y que las resistencias de los materiales varían apreciablemente ya que las cargas máximas sólo pueden determinarse en forma aproximada”³⁰.

Con respecto a esta última afirmación. Los cálculos con más de tres cifras significativas, obviamente son de poco valor y pueden dar una falsa impresión de exactitud y de precisión.

1.10.1 Métodos

1.10.1.1 Método de la flexibilidad

“La ley de Hooke aplicada a una barra de longitud L y sección A que, sometida a un esfuerzo axial de valor P, sufre un alargamiento ΔL , establece que”³¹:

$$\Delta L = \frac{PL}{EA} \quad (\text{Ec. 1.16})$$

o, lo que es lo mismo

$$\Delta L = \frac{L}{EA} P \quad (\text{Ec. 1.17})$$

²⁸ s/a, Estructuras, <http://www.aulatecnologia.com>

²⁹ <http://todoedificacion.blogspot.com/2012/01/calculo-basico-en-estructuras-de-acero.html>

³⁰ <http://todoedificacion.blogspot.com/2012/01/calculo-basico-en-estructuras-de-acero.html>

³¹ <http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/>

El coeficiente $L/(EA)$ de proporcionalidad entre el alargamiento de la barra ΔL y el esfuerzo axial P que lo produce se denomina “flexibilidad bajo esfuerzos axiales” de la barra. Este coeficiente representa físicamente el “valor del alargamiento que sufriría la barra sometida a un esfuerzo axial”.

“Aplicando el teorema de Mohr a una ménsula de longitud L con una sección cuyo momento de inercia es I , sometida a una fuerza P aplicada en el extremo libre, se obtiene la flecha F de este extremo como”³²:

$$F = PL^3/(3EI) \quad (\text{Ec. 1.18})$$

o, lo que es lo mismo,

$$F = (L^3/(3EI))P \quad (\text{Ec. 1.19})$$

El coeficiente $L^3/(3EI)$ de proporcionalidad entre la flecha F y la carga P que la produce se denomina “flexibilidad bajo carga aplicada en su extremo” de la ménsula. Este coeficiente puede obtenerse como el valor de la flecha que sufriría la barra sometida a una carga en su extremo.

“Aplicando el teorema de Mohr a la ménsula anterior sometida, en este caso, a un momento M aplicado en el extremo libre, se obtiene el giro θ de este extremo como”³³:

$$\theta = ML/(EI) \quad (\text{Ec. 1.20})$$

o, lo que es lo mismo,

$$\theta = (L/(EI)) M \quad (\text{Ec. 1.21})$$

³² <http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/>

³³ <http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/>

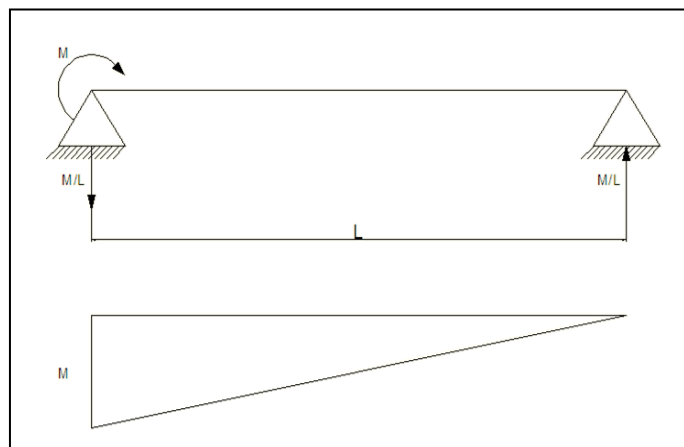
El coeficiente $L/(EI)$ de proporcionalidad entre el giro θ y el momento M que lo produce se denomina “flexibilidad bajo momento aplicado en su extremo” de la barra ó ménsula. Este coeficiente representa el giro que sufriría la sección extrema de la ménsula cuando se encuentra sometida a un momento actuando en dicho extremo.

“La flexibilidad es pues un valor que caracteriza el comportamiento deformacional de una estructura con un cierto sistema de apoyos sometida a una carga (fuerza o momento) aplicada en una sección y que permite conocer, por proporcionalidad, el movimiento desplazamiento o giro de la sección de aplicación de la carga en la dirección de aplicación de esta”³⁴.

Matriz de la flexibilidad

La geometría de un sólido deformado puede caracterizarse por los movimientos (desplazamientos o giros) de un conjunto de puntos o secciones particulares. En una estructura plana el movimiento de un punto del sólido (ó sección, si se trata de barras) tiene tres componentes: dos traslaciones y un giro.

En la figura 1.12 se representa un eslabón empotrado en los extremos para deducir la matriz de flexibilidad:



Fuente: Los Autores

Figura 1.12: Eslabón empotrado en los extremos

³⁴ <http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/>

$$EI \frac{dy^2}{dx^2} = -\frac{M}{L} X + M \quad (\text{Ec. 1.22})$$

$$EI \theta = -\frac{M}{L} \frac{X^2}{2} + Mx + C_1 \quad (\text{Ec. 1.23})$$

$$EI y = -\frac{M}{L} \frac{X^3}{6} + M \frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2 \quad (\text{Ec. 1.24})$$

Condiciones de borde:

a) $x = 0; y = 0$

$$0 = C_2$$

b) $x = L; y = 0$

$$C_1 = -ML \frac{1}{3}$$

$$EI \theta_0 = -\frac{M}{L} \frac{X^2}{2} + Mx + C_1 \quad \text{cuando } x = 0$$

$$\theta_0 = -\frac{ML}{EI} \frac{1}{3}$$

$$EI \theta_f = -\frac{M}{L} \frac{X^2}{2} + Mx + C_1 \quad \text{cuando } x = L$$

$$\theta_f = \frac{ML}{EI} \frac{1}{6}$$

$$f = \begin{matrix} \frac{L}{3EI} & \frac{L}{6EI} \\ \frac{L}{6EI} & \frac{L}{3EI} \end{matrix} \quad (\text{Ec. 1.25})$$

Operaciones matriciales para cálculo del pórtico:

$$\mathbf{D}_0 = \mathbf{B}^t \mathbf{Fm} \mathbf{a}_0 \quad (\text{Ec. 1.26})$$

Dónde: D_0 = Momento debido a cargas externas del pórtico

B = Matriz que se genera debido a las cargas externas unitarias.

Fm = Matriz de la flexibilidad aplicada en el pórtico

a_0 = Matriz que se genera debido a la carga externa aplicada.

$$\mathbf{F} = \mathbf{B}^t \mathbf{F}_m \mathbf{B} \quad (\text{Ec. 1.27})$$

Dónde: F = Flexibilidad

$$\mathbf{X} = -\mathbf{F}^{-1} \mathbf{D}_0 \quad (\text{Ec. 1.28})$$

Dónde: X = Reacción producida por la carga externa aplicada

$$\mathbf{a}_m = \mathbf{a}_0 + \mathbf{B}\mathbf{x} \quad (\text{Ec. 1.29})$$

Dónde: $\mathbf{a}_m$ = Matriz resultante al momento aplicado.

1.10.1.2 Diseño por método lrfd

El método LRFD consiste en usar factores de carga diferentes; para la carga permanente, la variable, la de viento, la de sismos y factores de resistencia para vigas, columnas, conectores, etc. Este método de diseño combina el cálculo de estados límites de resistencia y servicio. Esto equivale a decir que todos los elementos de una estructura diseñada con este método tienen la misma probabilidad de falla.

El método LRFD es similar al diseño plástico en tanto que considera la condición de falla o de resistencia última.

Las cargas se multiplican por factores de carga (mayores a 1) y los miembros se diseñan para proporcionar suficiente resistencia frente a estas nuevas. Además, la capacidad nominal o teórica de cada miembro se multiplica por un factor de resistencia menor que “1” (para tomar en cuenta variaciones en las propiedades del material y las dimensiones del miembro)

a) Economía del LRFD con respecto al ASD

Es económico sobre todo cuando las cargas vivas son pequeñas comparadas con la cargas muertas. “El método de esfuerzo admisibles ASD usa un mismo factor de

seguridad para las cargas vivas y para las cargas muertas, en tanto que el método de diseño por factores de carga y resistencia LRFD usa un factor de carga o de seguridad menor para cargas muertas (ya que se puede determinar con mayor exactitud que las vivas) manteniendo un ahorro, sin una sobrecargas en la estructura”³⁵

b) Tipos de fallas en estructuras

“Un colapso de una estructura ocurre por falta de cuidado en detalles tales como las conexiones, deflexiones, en el montaje y asentamiento en la cimentación, siendo algo poco común que una estructura colapse por falla del material de acero, sino más bien por mal uso del mismo”³⁶.

c) Factores de carga

“El valor del factor de carga usado para cargas muertas es menor que el usado para cargas vivas, puesto que en el diseño puede estimar con mayor precisión las magnitudes de las cargas muertas que las cargas vivas”³⁷.

Cabe aclarar que las magnitudes a considerar como fijas a largo tiempo varían menos que las que duran menos tiempo como es una carga de sismo.

La nomenclatura a utilizarse en las fórmulas es la siguiente:

D = Cargas muertas,

L = Cargas vivas,

Lr = Cargas vivas en techos,

S = Cargas de nieve

R = Carga inicial de agua de lluvia o hielo, sin incluir el encharcamiento.

³⁵ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2º Edición, Año 1999, pág. 43.

³⁶ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2º Edición, Año 1999, pág. 43.

³⁷ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2º Edición, Año 1999, pág. 44.

U = Carga última.

$$U = 1,4D \quad (\text{Ec. 1.30})$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R) \quad (\text{Ec. 1.31})$$

“Las cargas de impacto se incluyen sólo en la segunda de esas combinaciones. Si comprenden las fuerzas de viento (W) o sismo (E), es necesario considerar las siguientes combinaciones”³⁸.

$$U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (0,5L \text{ o } 0,8W) \quad (\text{Ec. 1.32})$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R) \quad (\text{Ec. 1.33})$$

$$U = 1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \quad (\text{Ec. 1.34})$$

En la Ec. 1.15, se tomará en cuenta cargas de impacto de este grupo de ecuaciones.

En las Ecuaciones 1.15, 1.16, 1.17 el valor de carga L cambia cuando se trata de garajes, oficinas o donde el valor de carga viva supere 488.24 Kg/m, en esta situación se deberá utilizar el valor de 1.0 resultando:

$$U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (1,0 L \text{ o } 0,8W) \quad (\text{Ec. 1.35})$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 1,0 L + 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R) \quad (\text{Ec. 1.36})$$

$$U = 1,2D \pm 1,0 E + 1,0 L + 0,2S \quad (\text{Ec. 1.37})$$

Según las especificaciones LRFD, existe otra combinación de carga para la posibilidad de levantamientos, e incluye casos donde se genere cargas de tensión debido a momentos de volteo, y regirá en edificios altos con fuertes cargas laterales. Para esta combinación las cargas muertas se reducirá en un 10% para tomar en cuenta situaciones en las que se haya sobrestimado.

d) Factores de resistencia

La resistencia última de una estructura no se puede calcular con tanta precisión, ya que existen incertidumbres sobre estos valores (debido al material, dimensiones y

³⁸ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2ª Edición, Año 1999, pág. 53.

en la misma mano de obra). De ahí que se utiliza este factor de resistencia debido a la imperfección de la teoría de análisis.

“Para hacer esta estimación, se multiplica la resistencia última (llamada aquí resistencia nominal) de cada elemento por un factor ϕ , de resistencia o de sobrecapacidad que es casi siempre menor que 1.0. Estos factores tienen los siguientes valores: 0.85 para columnas, 0.75 o 0.90 para miembros a tensión, 0.90 para flexión o el corte en vigas, etc.”³⁹ (Ver Tabla A 3.5 en Anexos 3)

1.10.2 Conexiones desmontables

En el diseño es tan importante optimizar los perfiles como unirlos adecuadamente. No hay estructura segura si las uniones no funcionan apropiadamente, en especial en zonas donde las cargas laterales son significativas, es por ello que cada conexión tiene que cumplir una serie de requisitos para asegurar su ductilidad, rotación y capacidad de tomar momentos, cortes y cargas axiales.

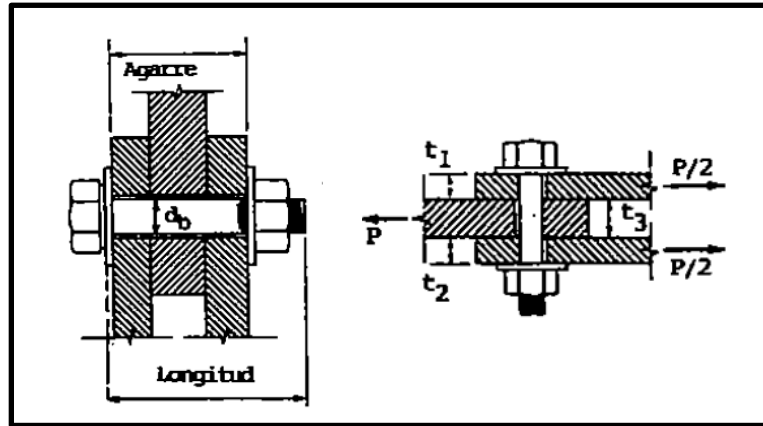
1.10.2.1 Conexiones atornilladas o empernadas

El montaje de estructuras de acero por medio de tornillos en nuestro medio se ha difundido rápidamente, ya que muestra muchas ventajas respecto de las otras conexiones, tales como los remaches, en cuanto a rapidez en la instalación, las cuadrillas de hombres necesarias para atornillar son menores que las que se necesitan para remachar, resultando un montaje de acero estructural más rápido. En comparación con los remaches, se requiere menor número de tornillos para proporcionar la misma resistencia.

“En las estructuras se utilizan pernos hexagonales normalizados debido a que las cabezas hexagonales son más fáciles de ajustar y necesitan un espacio menor para girar con las llaves de apriete⁴⁰”. En la figura 1.13 se observa grafica de pernos hexagonales.

³⁹ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2º Edición, Año 1999, pág. 56

⁴⁰ Dr. Ing. María Graciela Fratelli, Diseño de estructuras metálicas “Estados límites LFRD”, 1º Edición, Año 2005, pág. 97



Fuente: Dr. Ing. María Graciela Fratelli, Diseño de estructuras metálicas, pág. 97

Figura 1.13 Perno de cabeza hexagonal

1.10.2.2 Tipos de tornillos

Existen varios tipos de tornillos que pueden utilizarse para conectar miembros de acero, tales como:

- a. “Tornillos estructurales ordinarios o comunes, designados por la ASTM como tornillos A307 y se fabrican con aceros al carbono con características de esfuerzos y deformaciones muy parecidas a las del acero A36”⁴¹. Se usan principalmente en estructuras ligeras sujetas a cargas estáticas y en miembros secundarios (pie larguero, correas, riostras, plataformas, armaduras pequeñas, etc.).
- b. “Tornillos de alta resistencia, designados por la ASTM son de dos tipos básicos, los A325 (elaborados con acero al carbono tratado térmicamente) y los A490 de mayor resistencia (también tratados térmicamente, pero hechos con acero aleado)”⁴². Tienen resistencia a la tensión de dos o más veces la de los tornillos ordinarios. Los tornillos de alta resistencia pueden apretarse hasta alcanzar esfuerzos muy altos de tensión, de manera que las partes conectadas quedan fuertemente afianzadas entre la tuerca del tornillo y su cabeza, lo que permite que las cargas se transfieran principalmente por fricción.

⁴¹ Sandra García Cobas, “Conexiones metálicas atornilladas y soldadas contra los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio”, pág. 11.

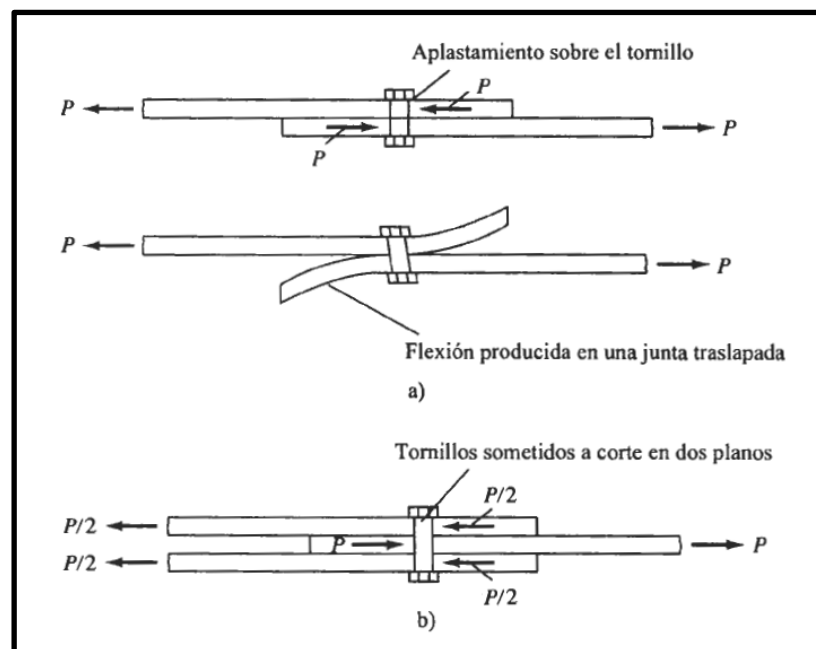
⁴² Sandra García Cobas, “Conexiones metálicas atornilladas y soldadas contra los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio”, pág. 12.

1.10.2.3 Conexiones tipo fricción y tipo aplastamiento

“Cuando los tornillos de alta resistencia se tensan por completo, las partes conectadas quedan abrazadas fuertemente entre sí (ver figura 1.14), se tiene entonces una considerable resistencia al deslizamiento en la superficie de contacto”⁴³.

Si la fuerza cortante es menor que la resistencia permisible por fricción, la conexión se denomina tipo fricción. Si la carga excede a la resistencia por fricción, habrá un deslizamiento entre los miembros con un posible degollamiento de los tornillos y al mismo tiempo las partes conectadas empujarán sobre los tornillos.

Las uniones tipo fricción se caracterizan por brindar una mayor continuidad entre las piezas a conectar, lo cual es importante cuando se quiere evitar que las tuercas se aflojen bajo la acción de cargas de naturaleza vibratoria. Su instalación es más exigente puesto que requiere más limpieza y apriete. En la figura 1.14 se observa dos tipos de justas.



Fuente: McCormac, “Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD”, pag.361

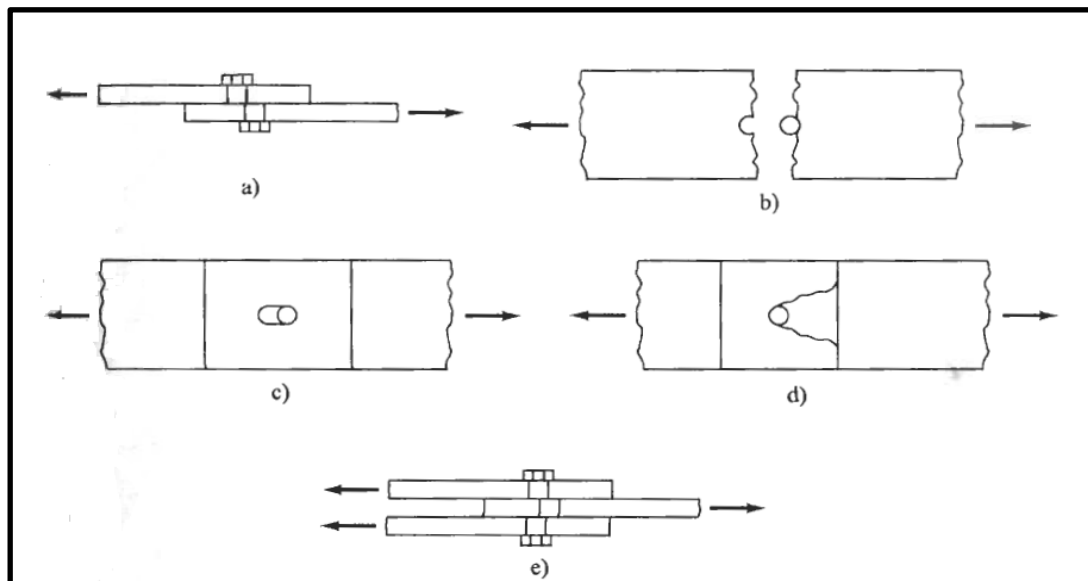
Figura 1.14 a) Junta Traslapada y b) Junta a Tope

⁴³ McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2º Edición, Año 1999, pág. 361

1.10.2.4 Tipos de falla en conexiones atornilladas

- Fluencia en la sección total, se presenta en miembros solicitados a tracción, según su área bruta. Se caracteriza por una gran deformación antes de la rotura.
- Fractura en la sección neta efectiva de los elementos conectados. Se caracteriza por su comportamiento frágil.
- Corte en los tornillos.
- Aplastamiento en agujeros de pernos, esta falla se relaciona con la ubicación de las perforaciones y con las distancias que existen entre ellas y los bordes de los elementos a conectar.
- Rotura por bloque de cortante, este tipo de falla se produce cuando por la acción de la fuerza transmitida, se generan tensiones, unas de tracción y otras de corte, que superan la resistencia del material y por lo tanto se desprende un pedazo de uno de los elementos conectados.
- Desgarramiento, este tipo de falla se presenta cuando no se respetan ciertas distancias mínimas entre las perforaciones y los bordes.

La figura 1.15 muestra varias maneras de ocurrir falla en juntas atornilladas.



Fuente: McCormac, "Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD", pag.367

Figura 1.15 a) Falla de un perno por cortante simple b) Falla de una placa por tensión c) Falla de una placa por aplastamiento d) Falla de la placa por cortante e) Falla de una junta a tope por cortante doble

1.10.2.5 Diseño de placa base y pernos de anclaje

a) Placa base

“Para el diseño de placas base resistentes a momentos existe un sin número de métodos, a continuación se presenta un procedimiento simple utilizado por muchos ingenieros para este proceso de cálculo, tiene dos requerimientos y es conocer los momentos a los que va a ser sometido y un predimensionamiento de placa para a continuación determinar el espesor más adecuado al problema planteado, para este proceso se utiliza las fórmulas”⁴⁴:

$$\sigma = -\frac{P}{A} - \frac{My}{I_y} * Z \quad (\text{Ec. 1.38})$$

$$t = \frac{\overline{6 \times Mu}}{\phi \times fy} \quad \text{donde } \phi = 0.9 \quad (\text{Ec. 1.39})$$

b) Pernos de anclaje:

“Para los pernos de anclaje se utiliza un proceso, en el cual se debe determinar la carga puntual a la que va ser sometida la placa en un punto determinado, para este fin se encuentra el área del perno con la siguiente expresión”⁴⁵:

$$A_r = \frac{T}{\phi \times 0.75 \times f_u} \quad (\text{Ec. 1.40})$$

Par pernos de acero el $f_u = 4086,1 \text{ kgf/cm}^2$

Con el área requerida se determina el diámetro del perno de anclaje.

Para el dimensionamiento de longitud del perno se utilizara la tabla A 3.15

⁴⁴ McCormac Jack C, Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD, México D.F, editorial Alfaomega, Segunda edición ,2002,pag 584

⁴⁵ McCormac Jack C, Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD, México D.F, editorial Alfaomega, Segunda edición ,2002,pag 586

1.10.3 Conexiones soldadas

“La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de su superficie a un estado plástico, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido”⁴⁶.

1.10.3.1 Símbolos de soldadura

“La simbología de soldadura proporciona un conjunto de información que acompaña a un plano de una construcción metálica con trabajos de soldadura”⁴⁷.

Implica una serie de símbolos y referencias alfa numéricas (letras y números) ubicadas en lugares particulares. “La simbología y respectivo detalle escrito proporcionan la información necesaria para ejecutar el trabajo de soldadura en las condiciones en que se pensó a la hora del diseño”⁴⁸.

El hecho de que la soldadura se realice como se diseñó dependerá del nivel de detalle que se indique en el plano, que finalmente es lo que llega a quien realiza el trabajo o lo coordina, y podrá en base a la simbología dar las indicaciones correspondientes.

“Los símbolos de soldadura han sido estandarizados por la American Welding Society (AWS) (ver figura 1.16) y está constituida por los siguientes elementos”⁴⁹:

- Línea de Referencia
- Flecha
- Símbolo Básico de Soldadura
- Dimensiones y Otros Datos
- Símbolos Suplementarios
- Símbolos de Acabado

⁴⁶ <http://www.cvr.etsia.upm.es/Soldadura%20en%20Estructuras%20Met%E1licas.pdf>

⁴⁷ Shigley, “Diseño en ingeniería mecánica”, pag.457

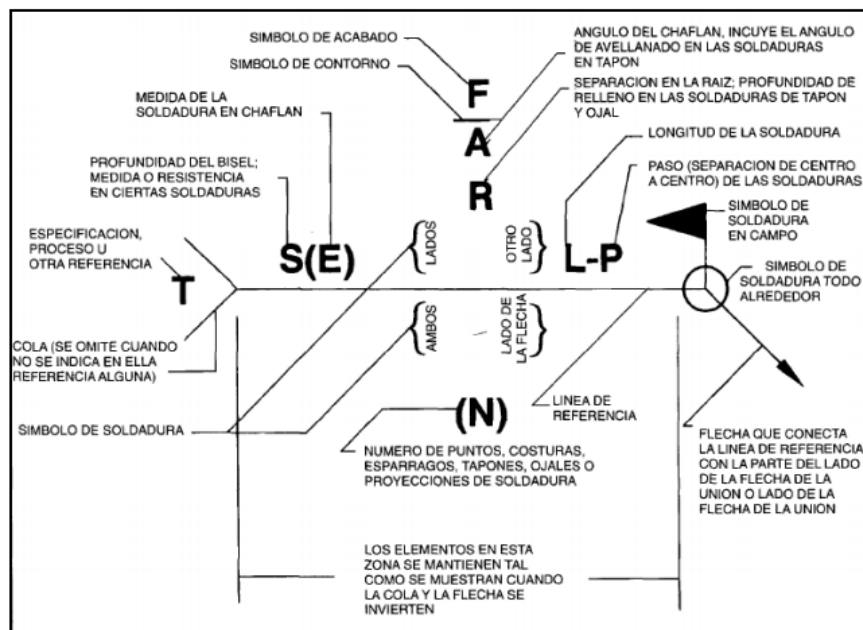
⁴⁸ Shigley, “Diseño en ingeniería mecánica”, pag.457

⁴⁹ Shigley, “Diseño en ingeniería mecánica”, pag.458

- Cola
- Especificaciones del Proceso u Otras Referencias.

“No es necesario usar todos estos elementos, a no ser que se requieran para clarificar algún detalle particular, pero cuando se utilicen, cada uno de ellos debe estar en la posición específica”⁵⁰.

En la figura 1.16 se observa los símbolos de soldadura:



Fuente: Shigley, “Diseño en ingeniería mecánica”, pag.458

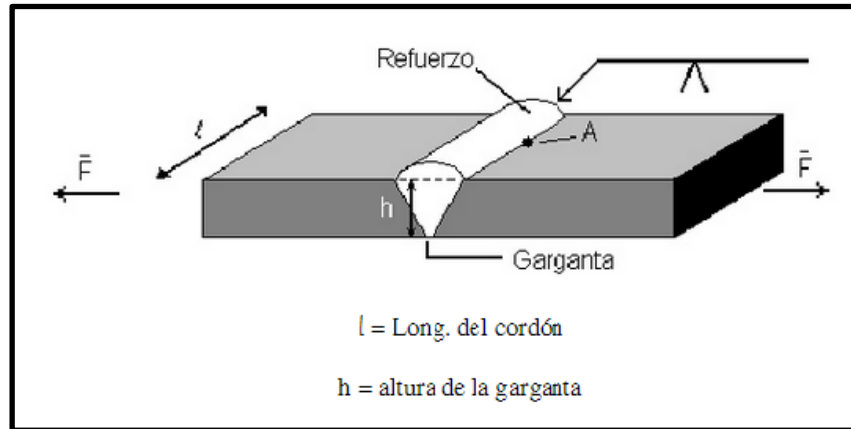
Figura 1.16 Símbolos de soldadura

1.10.3.2 Cálculo de las juntas soldadas a tope y de filete

Juntas soldadas a tope

En la figura 1.17 se presenta una junta a tope típica con ranura en V cargada longitudinalmente con la fuerza F.

⁵⁰ Shigley, “Diseño en ingeniería mecánica”, pag.458



Fuente: Internet⁵¹

Figura 1.17 Unión a tope “Carga de tracción”

En el caso de cargas de tracción o compresión el esfuerzo normal está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{h l} \quad (\text{Ec. 1.41})$$

Dónde: h = Garganta de la soldadura

l = Longitud de la soldadura

Nota: h no incluye el espesor del refuerzo. Este refuerzo sirve para compensar las grietas o huecos de la junta.

Para que la soldadura resista mejor a la fatiga, una buena práctica consiste en esmerilar (amolar) el refuerzo del punto A que es donde se origina concentración de tensiones.

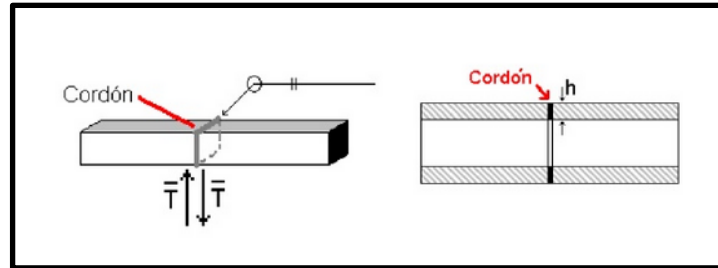
La tensión de trabajo (σ) deberá ser menor que la tensión del material ($\sigma_{\max}$) de la soldadura más solicitada, multiplicada por 0,6

$$\sigma = \frac{F}{h l} \leq 0,6 * \sigma_{\max} \quad (\text{Ec. 1.42})$$

⁵¹ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

El esfuerzo promedio en una soldadura a tope debido a carga cortante se puede dar:

Caso 1: Perímetro soldado (ver figura 1.18).



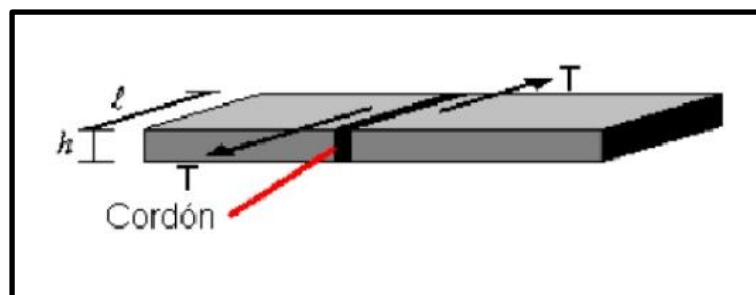
Fuente: Internet⁵²

Figura 1.18 Unión de perímetro a tope “Carga cortante”

$$\tau = \frac{F}{h \cdot lp} \leq 0,4 * \sigma_{\max} \quad (\text{Ec. 1.43})$$

Dónde: h = Altura del cordón
 lp = Longitud del perímetro soldado

Caso 2: Planchas unidas por un extremo con toda la sección soldada (ver figura 1.19)



Fuente: Internet⁵³

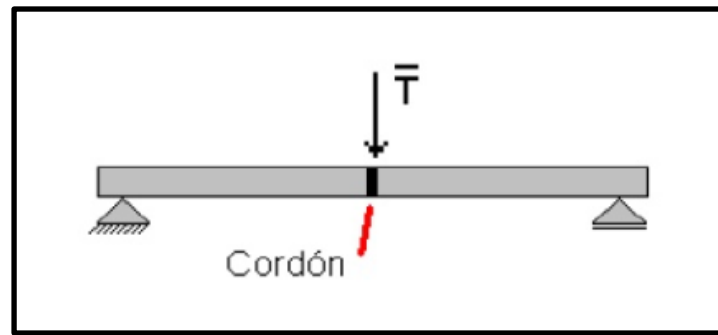
Figura 1.19 Unión de planchas a tope “Carga cortante”

$$\tau = \frac{F}{h \cdot lp} \leq 0,4 * \sigma_{\max} \quad (\text{Ec. 1.44})$$

⁵² [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

⁵³ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

El esfuerzo en uniones soldadas sujetas a flexión se muestra en la figura 1.20



Fuente: Internet⁵⁴

Figura 1.20 Unión a tope de un perfil que soporta cargas normales a su eje longitudinal

Para el caso que la soldadura coincida con el momento flector máximo el esfuerzo cortante es nulo, ($\tau = 0$) y se debe verificar que:

$$\frac{Mf}{Ms} \leq 0,6 * \sigma_{\max} \quad (\text{Ec. 1.45})$$

Ms = módulo resistente de la sección soldada que en las soldaduras a tope es la sección de la plancha.

Mf = Momento flector máximo

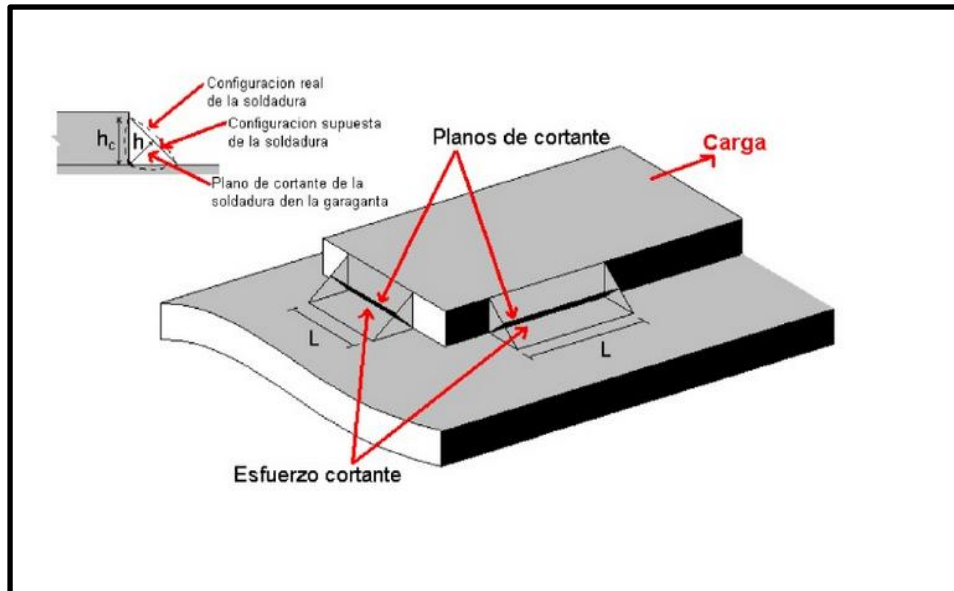
Juntas de filete

La práctica común en el diseño de la soldadura es despreciar el esfuerzo normal y basar el tamaño de la junta en la intensidad del esfuerzo cortante medio, en el área de la garganta de la soldadura a 45° de los catetos.

Esta es el área mínima del cordón por donde tiene que fallar a corte.

En la figura 1.21 se observa que en la soldadura a filete con cordones alineados paralelos a la carga, el esfuerzo cortante ocurre a lo largo de la garganta, paralelo a la dirección de la carga. En cambio en la soldadura alineada en forma transversal a la carga, el esfuerzo cortante ocurre a 45°, actuando en forma perpendicular al eje del filete.

⁵⁴ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

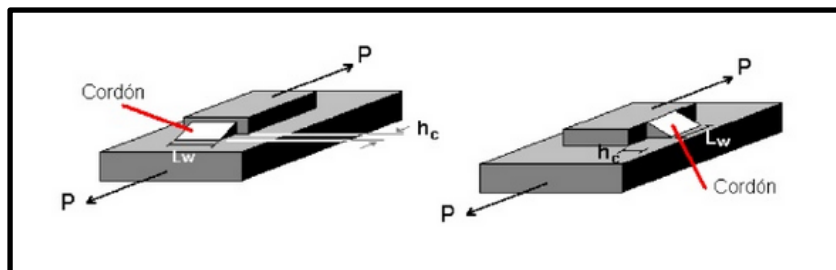


Fuente: Internet⁵⁵

Figura 1.21 Unión a filete con cordones alineados paralelos a la carga

Carga paralela y transversal

En la figura 1.22 se observa una carga paralela y transversal



Fuente: Internet⁵⁶

Figura 1.22 Unión a filete “Carga paralela y transversal”

$$\tau = \frac{P}{h \cdot lw} = \frac{P}{0,707 \cdot hc \cdot lw} \quad (\text{Ec. 1.46})$$

h = Longitud de la garganta de la soldadura = $hc \cdot \sin(45^\circ)$

hc = Longitud del cateto de la soldadura

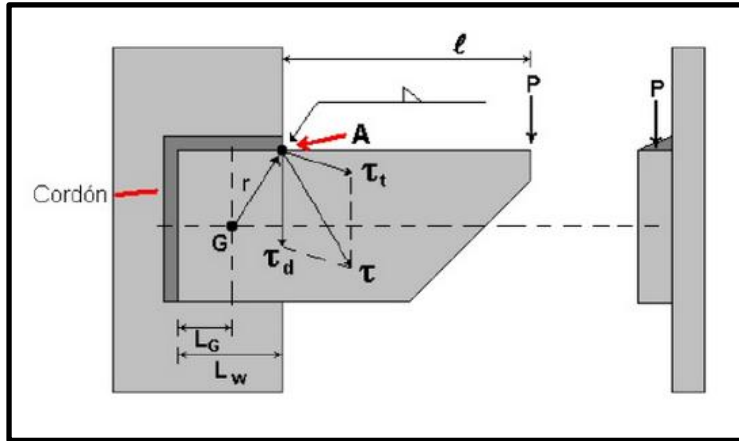
lw = Longitud del cordón de la soldadura

⁵⁵ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

⁵⁶ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

Carga de torsión

En la figura 1.23 se presenta un voladizo, unido a una columna por dos cordones de soldadura. Para este grupo de soldaduras el esfuerzo de corte resultante que actúa es la suma vectorial de los esfuerzos de corte directo y de corte por torsión.



Fuente: Internet⁵⁷

Figura 1.23 Unión a filete “Carga de torsión”

Esfuerzo de corte directo:

$$\tau_d = \frac{Fv}{A} \quad (\text{Ec. 1.47})$$

Dónde: Fv = Fuerza cortante = P

A = Área de la garganta en todas las soldaduras

Esfuerzo de corte por torsión:

$$\tau_t = \frac{Mt r}{J} \quad (\text{Ec. 1.48})$$

Dónde: r = Distancia desde el centroide del grupo de soldaduras hasta el punto más apartado

J = Momento de inercia polar del grupo de juntas respecto al centroide G .

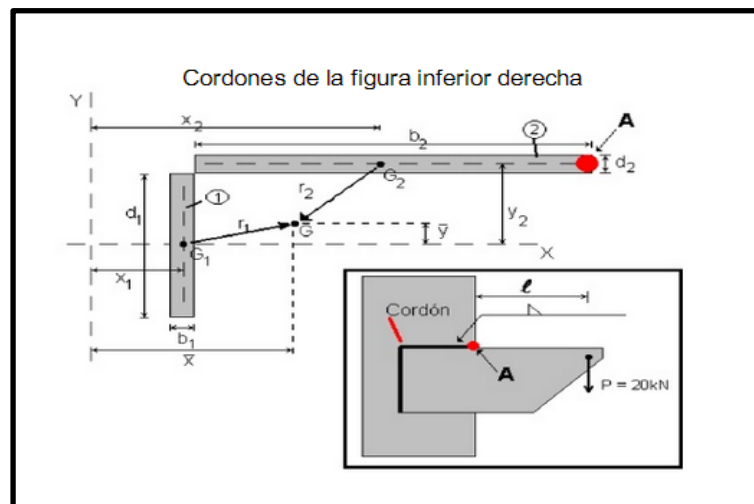
Mt = Momento torsor aplicado a la soldadura.

⁵⁷ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

Así en el diseño, cuando se conoce el tamaño de las juntas estas ecuaciones pueden resolverse y los resultados se pueden combinar para hallar el esfuerzo cortante máximo y compararlo con el admisible de soldadura (SSy).

$$\tau = \sqrt{\tau_d^2 + \tau_t^2} \quad (\text{Ec. 1.49})$$

En la figura 1.24 se observa la gráfica de unión de filete a torsión.



Fuente: Internet⁵⁸

Figura 1.24 Unión a filete “carga de torsión”

Cálculo del área A:

b_1 = Longitud de la garganta de la soldadura = $0,707 h_{c1}$

d_1 = Longitud del cateto de la soldadura.

d_2 = Longitud de la garganta de la soldadura = $0,707 h_{c2}$

b_2 = Longitud del cateto de la soldadura.

El área de garganta en las 2 juntas es:

$$A = A_1 + A_2 \quad (\text{Ec. 1.50})$$

$$A = b_1 d_1 + b_2 d_2 \quad (\text{Ec. 1.51})$$

“Ahora, a los fines prácticos y para sistematizar el cálculo de la junta, conviene considerar a cada cordón o filete como una simple recta, es decir considerar el ancho de la junta igual a la unidad, de esta manera se

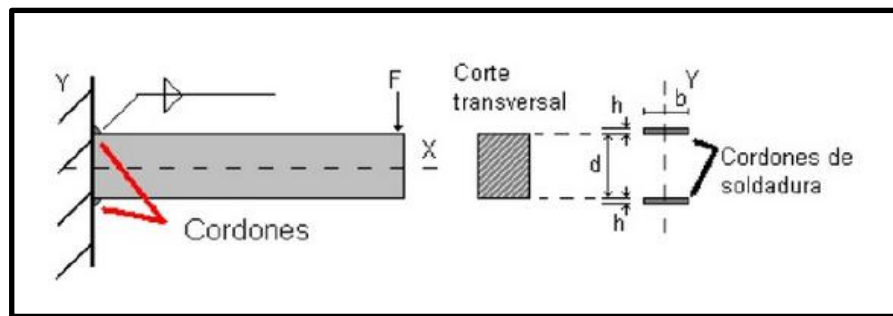
⁵⁸ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

obtendrá un momento de inercia polar unitario del grupo de juntas (J_u), el cual es independiente del tamaño de la junta (h_c)⁵⁹.

“Entonces para los cálculos se utilizan unas tablas que contienen las áreas de garganta unitarias (A), los momentos de inercia de área polares unitarios (J_u) y los momentos resistentes unitarios (I_u)⁶⁰”.

Carga de flexión

En la figura 1.25 se observa, las juntas sometidas a una fuerza de corte Fv y a un momento M , ambos generados por la fuerza F .



Fuente: Internet⁶¹

Figura 1.25 Unión a filete “carga de flexión”

La fuerza de corte Fv debida a F produce esfuerzo de corte expresado:

$$\tau = \frac{Fv}{A} \quad (\text{Ec. 1.52})$$

Dónde: A = área total de las gargantas.

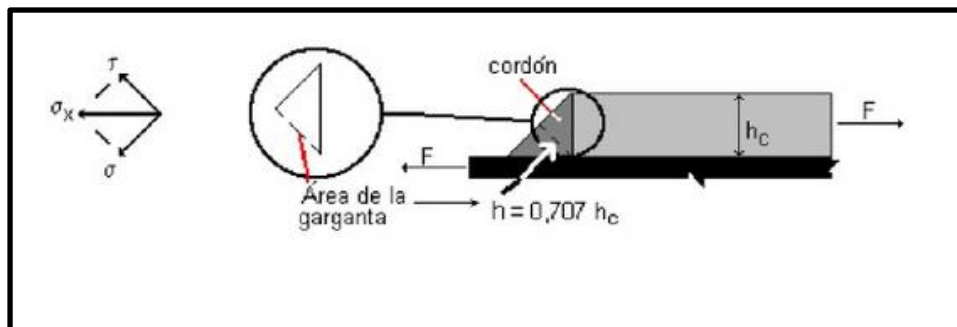
El momento M produce un esfuerzo normal (σ) por flexión en las juntas, que es perpendicular al área de la garganta, y en la práctica se lo suele poner de igual magnitud que el esfuerzo cortante τ .

⁵⁹ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

⁶⁰ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

⁶¹ [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

En la figura 1.26 se observa la unión a filete con carga a flexión.



Fuente: Internet⁶²

Figura 1.26 Unión a filete “carga de flexión”

El valor de estos esfuerzos es:

$$\tau = \frac{M \cdot c}{I} \quad (\text{Ec. 1.53})$$

Dónde: c = Es la distancia desde el eje neutro hasta la fibra exterior

I = Es el momento resistente de la garganta de la junta [m^3]

1.10.3.3 Inspección de las soldaduras

Para asegurarse de una buena soldadura en un trabajo determinado, deben seguirse tres pasos: 1) establecer buenos procedimientos de soldadura, 2) usar soldadores calificados, y 3) emplear inspectores competentes en el taller y en la obra.

1.10.3.4 Inspección visual

Cuando se siguen los procedimientos establecidos por la AWS y el AISC para soldaduras y cuando se utilizan los servicios de buenos soldadores, que previamente hayan demostrado su habilidad, es seguro que se obtendrán buenos resultados.

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.

⁶² [www.es.scribd.com/doc/Calculo de juntas soldadas a tope y filete/](http://www.es.scribd.com/doc/Calculo-de-juntas-soldadas-a-tope-y-filete/)

En la inspección visual se debe reconocer buenas soldaduras en su forma, dimensiones y apariencia general. Por ejemplo, el metal en una buena soldadura se aproximara a su color original después de enfriarse. Si se ha calentado demasiado, tendrá un tono o apariencia rojiza.

CAPÍTULO II

CÁLCULOS

2.1 Generalidades:

El presente capítulo tratará sobre los cálculos que se realizarán para el análisis del diseño propuesto; sobre la instalación de máquinas y medidas de seguridad que se deben tomar en este tipo de proyectos.

En lo referente a cálculos sin duda la principal función de un sistema estructural es la de absorber las cargas que se presentan durante su vida útil con el propósito de tener una favorable respuesta a los esfuerzos admisibles, sin que sufra fallas frente a esfuerzos últimos o tenga incapacidad para soportar cargas de servicio.

Un punto importante en la exactitud del cálculo, son las herramientas y las normas con las que se trabajará; para ello se contará con la NEC-11 “Norma Ecuatoriana de Construcción 2011” en vigencia hasta la actualidad brindando una solución más óptima y económica del diseño. Haciendo mención al párrafo anterior se utilizará como herramientas de cálculo el software “SAP 2000” y “Microsoft Excel” para la valoración y validación del proyecto.

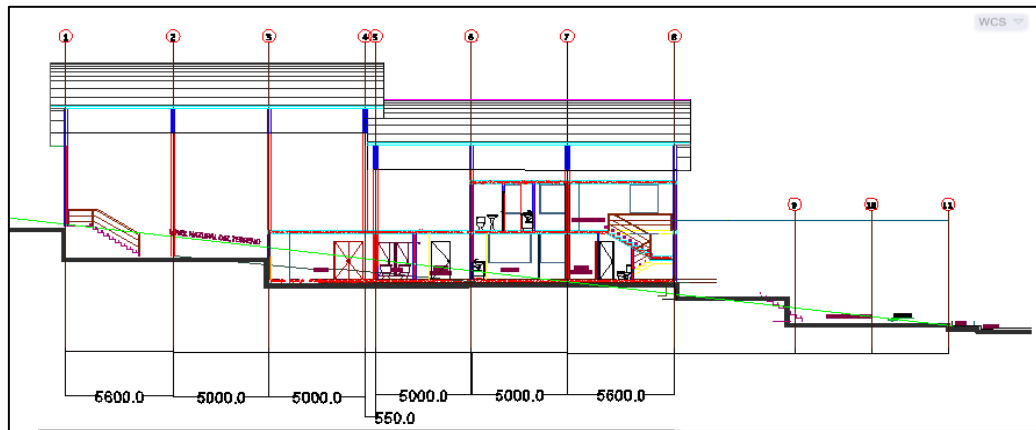
Para la instalación de maquinaria se tomará como referencia el Decreto Ejecutivo 2393 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo” creando un entorno y ambiente de trabajo con las mejores condiciones para el operador.

En medidas de seguridad se utilizará la NTE INEN 2 239 2000 (accesibilidad de las personas al medio físico “señalización”), la NTE INEN 2 240 2000 (accesibilidad de las personas al medio físico “Gráfico; características generales”) y la NTE INEN 439:1984 (colores, señales y símbolos de seguridad); garantizando y precautelando como primera instancia la integridad del trabajador.

2.2 Definición de parámetros de diseño

Dimensionamiento del espacio físico de la nave industrial (dimensiones en metros).

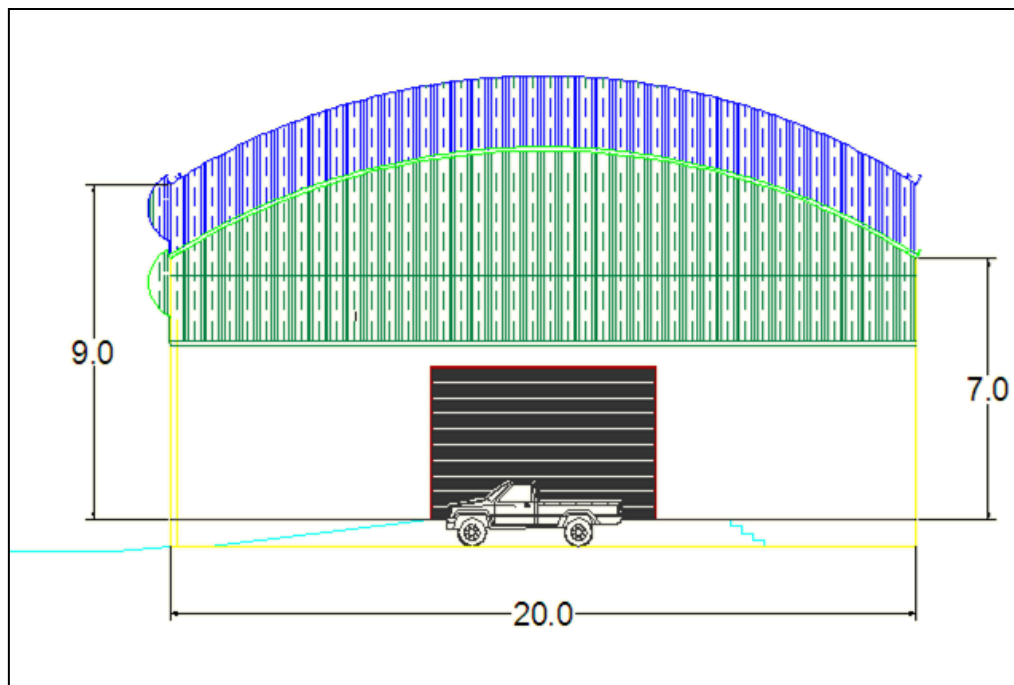
a) En la figura 2.1 se observa el largo de la nave:



Fuente: Los Autores

Figura 2.1: Vista Lateral “Nave Industrial”

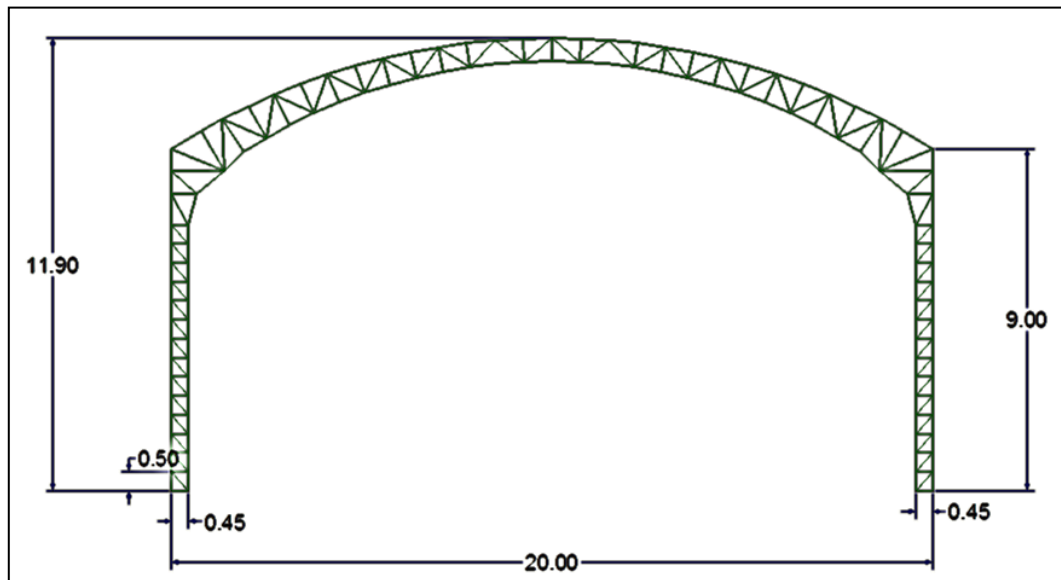
b) En la figura 2.2 se observa el ancho de la nave :



Fuente: Los Autores

Figura 2.2: Vista Frontal “Nave Industrial”

c) En la figura 2.3 se presenta la geometría del pórtico:



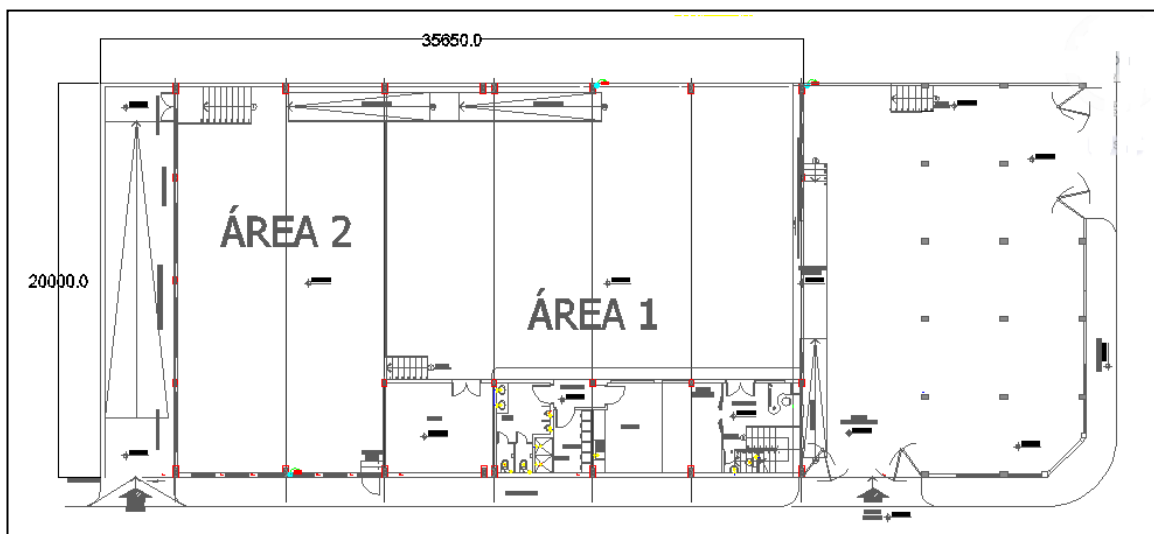
Fuente: Los Autores

Figura 2.3: Dimensionamiento de pórticos “Nave Industrial”

d) En la figura 2.4 se observa las áreas de diseño de la nave:

Área 1: 413 m²

Área 2: 215 m²



Fuente: Los Autores

Figura 2.4: Áreas que conforma la Nave Industrial

2.3 Cálculo y diseño estructural

Una de las principales interrogantes con las que se encuentra el ingeniero de estructuras es la selección de perfil para lo cual se consideran los siguientes parámetros

- Las cargas de diseño que nave industrial debe soportar.
- Que sea de fácil ensamblaje y montaje.
- La disposición de perfiles posee el mercado
- Además de un punto no tan técnico pero que sirvió de soporte como es la experiencia de otros profesionales en el campo de diseño estructural y un breve análisis de comparación con estructuras similares.

2.3.1 Determinación de cargas

Cargas muertas (D):

- **Pórtico de 11.90 metros:**

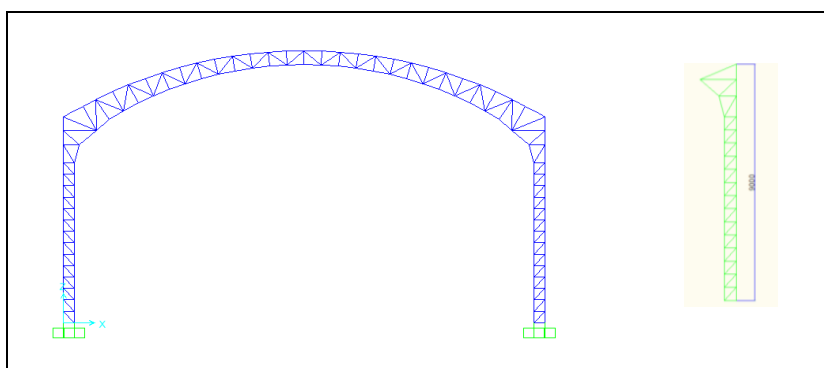
En la tabla 2.1 se muestra los perfiles y pesos utilizados para el pórtico

Elementos	Longitud (cm)	Longitud (m)	Peso Kg/m	Peso Total Kg
Perfil U 200*50*3	8122,111	81,221	6,83	554,740
Perfil L 40*40*4	17829,896	178,298	2,31	411,870

Fuente: Los Autores

Tabla 2.1: Pórtico de 11.90 metros

En la figura 2.5 se observa el Pórtico de 11.90 metros



Fuente: Los Autores

Figura 2.5: Pórtico de 11.90 metros

- **Pórtico de 9.90 metros:**

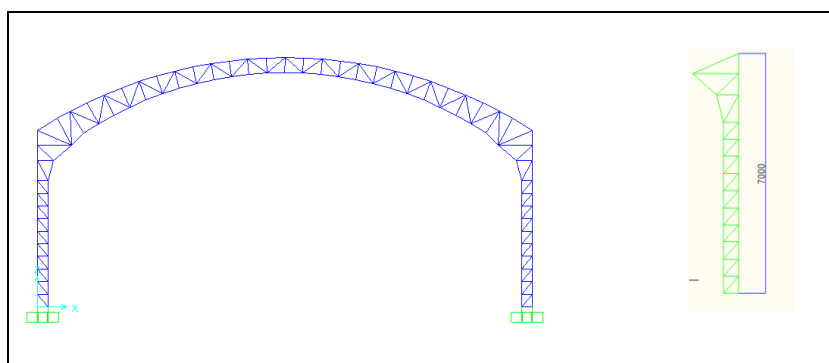
En la tabla 2.2 se muestra los perfiles y pesos utilizados para el pórtico

Elementos	Longitud (cm)	Longitud (m)	Peso (Kg/m)	Peso Total unitario (Kg)	Cantidad de pórticos	Peso Total Kg
Perfil U 200*50*3	7322,111	73,221	6,83	500,100	5	2500,500
Perfil L 40*40*4	16033,606	160,336	2,31	370,376	5	1851,881

Fuente: Los Autores

Tabla 2.2: Pórtico de 9.90 metros

En la figura 2.6 se observa el Pórtico de 9.90 metros



Fuente: Los Autores

Figura 2.6: Pórtico de 9.90 metros

- **Pórtico de 8.15 metros:**

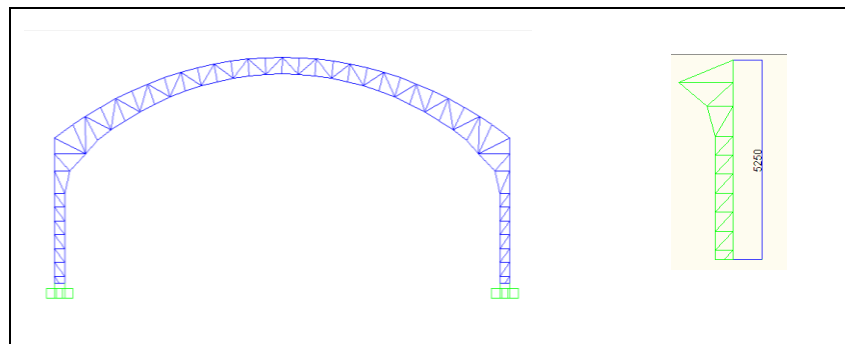
En la tabla 2.3 se muestra los perfiles y pesos utilizados para el pórtico

Elementos	Longitud (cm)	Longitud (m)	Peso Kg/m	Peso Total Kg
Perfil U 200*50*3	6622,111	66,221	6,83	452,290
Perfil L 40*40*4	14551,854	145,518	2,31	336,147

Fuente: Los Autores

Tabla 2.3: Pórtico de 8.15 metros

En la figura 2.7 se observa el Pórtico de 8.15 metros



Fuente: Los Autores

Figura 2.7: Pórtico de 8.15 metros

- **Correas**

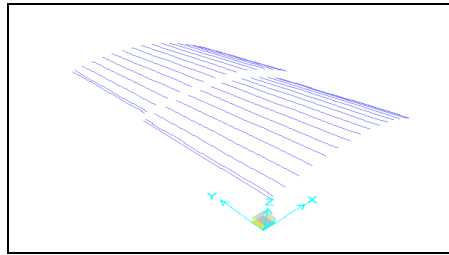
En la tabla 2.4 se muestra el perfil y peso utilizado para las correas de la cubierta

Elementos	Longitud (cm)	Longitud (m)	Peso Kg/m	Peso Total Kg
Perfil G 150*50*3	56746	567,46	6,13	3478,529

Fuente: Los Autores

Tabla 2.4: Correas

En la figura 2.8 se observa las correas.



Fuente: Los Autores

Figura 2.8: Correas

- **Refuerzos**

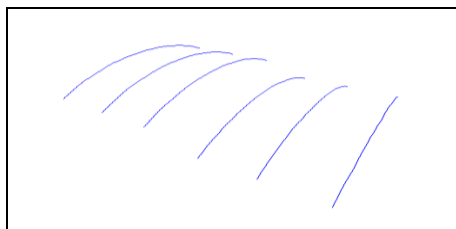
En la tabla 2.5 se muestra el perfil y peso, utilizado para refuerzos en la cubierta.

Elementos	Longitud (cm)	Longitud (m)	Peso Kg/m	Peso Total Kg
PERFIL L 40*40*2	12662,35	126,623	1,20	151,94

Fuente: Los Autores

Tabla 2.5: Refuerzos

En la figura 2.9 se observa los refuerzos del techo.



Fuente: Los Autores

Figura 2.9: Refuerzos

- **Cubierta**

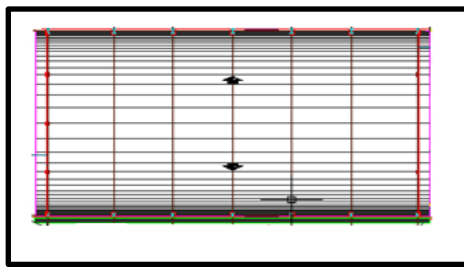
En la tabla 2.6 se muestra la cubierta utilizada y su peso.

Elementos	Longitud (cm)	Ancho (m)	Área m ²	Peso Kg/m ²	Peso Total Kg
KUBIMIL de 0,4 mm	33,38	21,1	704,318	3,72	2620,062

Fuente: Los Autores

Tabla 2.6: Cubierta

En la figura 2.9 se observa la Cubierta



Fuente: Los Autores

Figura 2.10: Cubierta

- **Placas en columnas**

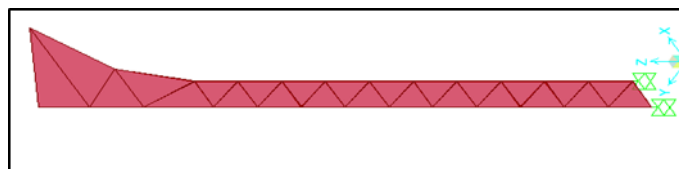
En la tabla 2.7 se muestra el peso de las placas utilizadas en las columnas.

Elementos	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Densidad Kg/m ³	Cant.	Peso (Kg)
Columna de 9m	4,625561181	0,003	0,01387668	7850	4	435,727
Columna de 7m	3,725561181	0,003	0,01117668	7850	24	2105,687
Columna de 5,25m	2,938061182	0,003	0,00881418	7850	4	276,765

Fuente: Los Autores

Tabla 2.7: Placas en columnas

En la figura 2.11 se observa las Placas de las columnas.



Fuente: Los Autores

Figura 2.11: Placas en columnas

Peso Total de la estructura: 15889,0429 kg

Cargas Vivas (L):

Carga viva= 60 kg/m² (Anexo A3.2)

“Para cubiertas cuya estructura esté compuesta de un cascarón esforzado, reticulado o macizo, donde los esfuerzos producidos por cualquier condición de carga concentrada estén distribuidos sobre toda el área de cascarón, los requisitos para el diseño por carga viva unitaria desequilibrada pueden reducirse al 50%.”⁶³

Carga viva de: 40Kg/m²

Cargas de viento (W):

La velocidad aproximada del viento para Quito es de 31Km/h y la Norma Ecuatoriana de Construcción 2011 “NEC-11” sugiere que en lugares despejados y planos se utilice una velocidad del viento de 75 Km/h.

Obteniendo una velocidad promedio del viento de 53 km/h para efectos de cálculo, la carga es:

$$W = \frac{v^2}{207} \quad (\text{Ec.1.6})$$

$$W = \frac{53^2}{207}$$

$$W = 13,567 \text{ Kg/m}^2$$

⁶³ s/a, CEC, Código Ecuatoriano de la construcción, 2002 parte 1, pág. 5

Cargas de sismo (V):

$$V = \frac{Z I_p C}{R \phi_P \phi_E} W g \quad Kg \quad (\text{Ec.1.7})$$

Dónde:

$$Z = 0,4$$

$$I_p = 1,3$$

$$C = \frac{1,25 * S^s}{T} \quad s = 1,2 \quad (\text{Ec. 1.8})$$

$$T = C_t h_n^{3/4} \quad C_t = 0,09 \quad (\text{Ec. 1.9})$$

$$h_n = 11,9 \text{ m}$$

$$T = 0,09 (11)^{3/4}$$

$$T = 0,54$$

$$C = \frac{1,25 * 1,2^{1,2}}{0,54}$$

$$C = 2,86$$

$$C > C_m$$

$$C = 3$$

$$R = 7$$

$$\phi_P = 1$$

$$\phi_E = 1$$

$$\text{Peso de la estructura: } W g = 15892,63294 \text{ kg}$$

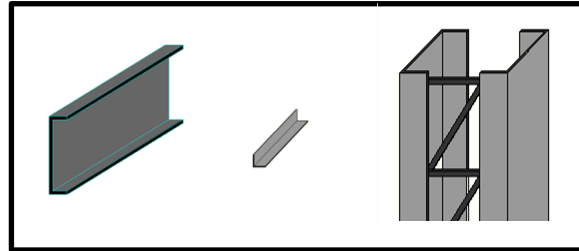
$$V = \frac{0,4 * 1,3 * 3}{7 * 1 * 1} 15892,63294$$

$$V = 3541,786 \text{ kg}$$

2.3.2 Diseño y análisis estructural “Cálculo de un pórtico de la nave industrial”

Selección del perfil

En la figura 2.12 se observa los perfiles



Fuente: Los Autores

Figura 2.12: Perfiles

- En la tabla 2.8 se muestra las características de los perfiles utilizados en el cálculo.

	A	B	C	D
Distancia centroide [cm]	0,91	0,91	0,91	0,91
Inercia [cm⁴]	11,8078	11,8078	11,8078	11,8078
Peralte [cm]	62	77	112	45

PERFIL		A	B	C	D
		200x2a	200x2b	200x2c	200x2d
Patin	cm	20	20	20	20
Alto	cm	62	77	112	45
Area	cm ²	11,84	11,84	11,84	11,84
Peso u	Kg/ml	9,22	9,22	9,22	9,22
Ixx	cm ⁴	10.743,6	16.753,6	35.956,9	5.542,6
Iyy	cm ⁴				
Rxx	cm	30,12	37,62	55,11	21,64
Ryy	cm	-	-	-	-
Fy	tf/m ²	25.362,00	25.362,00	25.362,00	25.362,00
Sxx	cm ³	346,57	435,16	642,09	246,34

<i>S_{yy}</i>	cm ³	-	-	-	-
<i>Espesor ala</i>	cm	0,32	0,60	0,32	0,40
<i>Ala</i>	cm	0,60	0,60	0,30	0,40

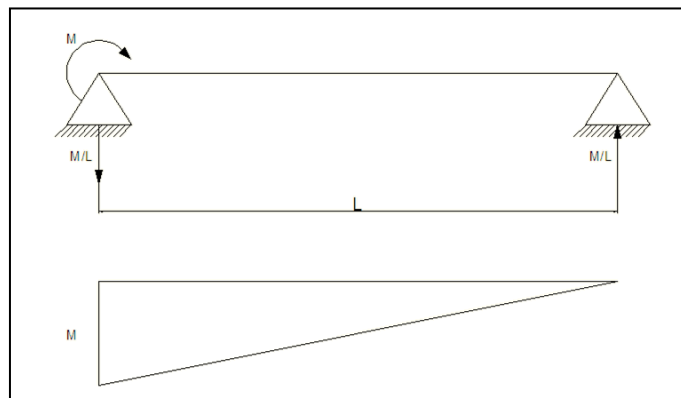
Fuente: Los Autores

Tabla 2.8: Características de los perfiles

Análisis estructural

Método de la flexibilidad

En la figura 2.13 se observa el diagrama de un eslabón.



Fuente: Los Autores

Figura 2.13: Diagrama de un eslabón

$$M = RL$$

$$R = M/L$$

$$M_{(x)} = -\frac{M}{L} x + M$$

$$EI \frac{dy^2}{dx^2} = -\frac{M}{L} x + M \quad (\text{Ec. 1.22})$$

$$EI \theta = -\frac{M}{L} \frac{x^2}{2} + Mx + C_1 \quad (\text{Ec. 1.23})$$

$$y = -\frac{M}{L} \frac{x^3}{6} + M \frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2 \quad (\text{Ec. 1.24})$$

Condiciones de borde:

a) $x = 0; y = 0$

$$0 = C_2$$

$$b) x = L; y = 0$$

$$0 = -\frac{M}{L} \frac{L^3}{6} + M \frac{L^2}{2} + C_1 L$$

$$0 = -M \frac{L^2}{6} + M \frac{L^2}{2} + C_1 L$$

$$M \frac{L^2}{6} - M \frac{L^2}{2} = C_1 L$$

$$M L^2 \left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\right) = C_1 L$$

$$-M L \frac{2}{6} = C_1$$

$$C_1 = -M L \frac{1}{3}$$

$$EI \theta_0 = -\frac{M}{L} \frac{X^2}{2} + Mx + C_1 \quad \text{cuando } x = 0$$

$$EI \theta_0 = -M L \frac{1}{3}$$

$$\theta_0 = -\frac{M L}{EI} \frac{1}{3}$$

$$EI \theta_f = -\frac{M}{L} \frac{X^2}{2} + Mx + C_1 \quad \text{cuando } x = L$$

$$\theta_f = \frac{M L}{EI} \frac{1}{6}$$

$$f = \begin{matrix} \frac{L}{3EI} & \frac{L}{6EI} \\ \frac{L}{6EI} & \frac{L}{3EI} \end{matrix} \quad (\text{Ec. 1.8})$$

Procedimiento:

$$B = \begin{matrix} 2a \\ a \\ a \\ 0 \end{matrix} \quad \Rightarrow \quad B^t = a \quad \begin{matrix} 2 & 1 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$Fm = \frac{a}{6EI} \begin{matrix} 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$a_0 = Pa \begin{matrix} -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$$

Encontrar:

$$\mathbf{D_0} = \mathbf{B}^t \mathbf{F_m} \mathbf{a_0} \quad (\text{Ec. 1.26})$$

$$\mathbf{D_0} = \frac{5Pa^3}{6EI}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{B}^t \mathbf{F_m} \mathbf{B} \quad (\text{Ec. 1.27})$$

$$\mathbf{F} = \frac{8a^3}{3EI}$$

$$\mathbf{X} = -\mathbf{F}^{-1} \mathbf{D_0} \quad (\text{Ec. 1.28})$$

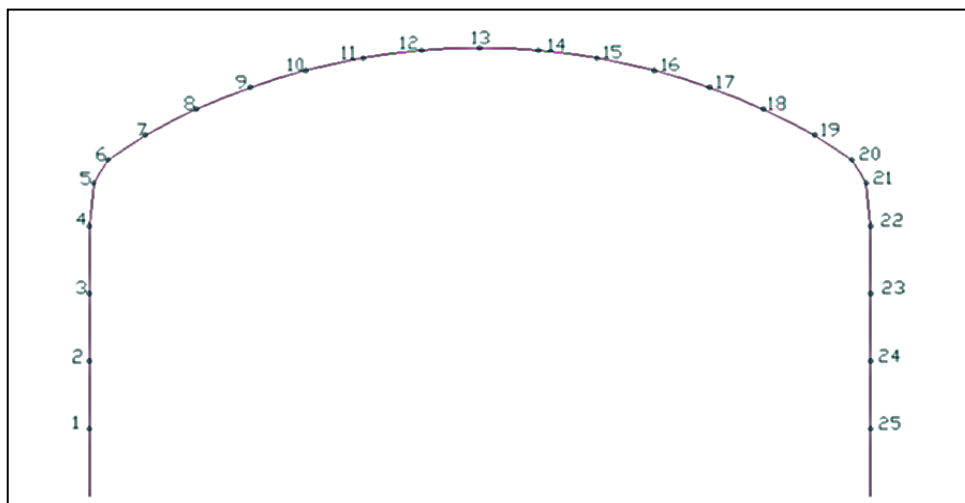
$$\mathbf{X} = \frac{5}{16} \mathbf{P}$$

$$\mathbf{a_m} = \mathbf{a_0} + \mathbf{B} * \mathbf{x} \quad (\text{Ec. 1.29})$$

$$\mathbf{a_m} = \mathbf{Pa} \begin{bmatrix} -3 & 8 \\ 5 & 16 \\ 5 & 16 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Obtención de cargas “Método de la flexibilidad”

En la figura 2.14 se el esquema del pórtico utilizado para análisis estructural.



Fuente: Los Autores

Figura 2.14: Esquema de pórtico para análisis estructural

- Respecto a la carga viva aplicando el método de la flexibilidad y con el software Excel se tiene las siguientes cargas mostradas en la tabla 2.9:

NUDOS	LONGITUD x[m]	aoy
22	0,1046	-0,0220
21	0,3605	-0,1734
20	0,9269	-0,7573
19	1,2859	-1,8375
18	1,3451	-3,2498
17	1,3945	-5,0069
16	1,4317	-7,1115
15	1,4561	-9,5577
14	1,4696	-12,3353
13	1,4696	-15,4214
12	1,4561	-18,7850
11	1,4317	-22,3928
10	1,3945	-26,1998
9	1,3451	-30,1545
8	1,2859	-34,2050
7	0,9269	-37,3192
6	0,3605	-38,6063
5	0,1046	-39,0019

Fuente: Los Autores

Tabla 2.9: “Cargas respecto a la carga viva”

- Respecto a la carga muerta aplicando el método de la flexibilidad y con el software Excel se tiene las siguientes cargas mostradas en la tabla 2.10:

NUDOS	LONGITUD x[m]	aoy
22	0,1046	-0,0052
21	0,3605	-0,0413
20	0,9269	-0,1803
19	1,2859	-0,4375
18	1,3451	-0,7738
17	1,3945	-1,1921
16	1,4317	-1,6932
15	1,4561	-2,2756
14	1,4696	-2,9370
13	1,4696	-3,6718
12	1,4561	-4,4726
11	1,4317	-5,3316
10	1,3945	-6,2381

9	1,3451	-7,1796
8	1,2859	-8,1441
7	0,9269	-8,8855
6	0,3605	-9,1920
5	0,1046	-9,2862

Fuente: Los Autores

Tabla 2.10: “Cargas respecto a la carga muerta”

- Respecto a la carga de viento aplicando el método de la flexibilidad y con el software Excel se tiene las siguientes cargas mostradas en la tabla 2.11

NUDOS	LONGITUD y[m]	aoy	
25	1,7500	-0,1820	
24	1,7500	-0,5460	
23	1,7500	-1,0920	
22	1,1071	-1,5525	
21	0,6000	-1,8645	
20	0,6394	-2,2635	
19	0,6722	-2,7529	
18	0,5599	-3,2188	
17	0,4424	-3,6328	
16	0,3200	-3,9656	
15	0,1943	-4,1879	
14	0,0642	-4,2680	aoy
13	0,0642	0,0067	-4,1812
12	0,1943	0,0471	-3,9186
11	0,3200	0,1469	-3,4859
10	0,4424	0,3310	-2,8878
9	0,5599	0,6221	-2,1308
8	0,6722	1,0416	-1,2219
7	0,6394	1,507	-0,3575
6	0,6000	2,006	0,4537
5	1,1071	3,042	1,9505
4	1,7500	4,862	4,3165
3	1,7500	6,864	6,6825
2	1,7500	9,048	9,048
1	1,7500	11,414	11,414

Fuente: Los Autores

Tabla 2.11: “Cargas respecto a la carga de viento”

- Respecto a la carga de sismo aplicando el método de la flexibilidad y con el software Excel se tiene las siguientes cargas mostradas en la tabla 2.12:

	LONGITUD y[m]	aoy	
25	1,7500	-0,0149	
24	1,7500	-0,0446	
23	1,7500	-0,0893	
22	1,1071	-0,1269	
21	0,6000	-0,1524	
20	0,6394	-0,1850	
19	0,6722	-0,2250	
18	0,5599	-0,2631	
17	0,4424	-0,2969	
16	0,3200	-0,3241	
15	0,1943	-0,3423	
14	0,0642	-0,3488	aoy
13	0,0642	0,0005	-0,3417
12	0,1943	0,0055	-0,3186
11	0,3200	0,0191	-0,2778
10	0,4424	0,0454	-0,2177
9	0,5599	0,0883	-0,1367
8	0,6722	0,1511	-0,0339
7	0,6394	0,222	0,0694
6	0,6000	0,298	0,1714
5	1,1071	0,458	0,3690
4	1,7500	0,741	0,6962
3	1,7500	1,053	1,0384
2	1,7500	1,395	1,395
1	1,7500	1,767	1,767

Fuente: Los Autores

Tabla 2.12: “Cargas respecto a la carga de sismo”

- Combinación de cargas “Aplicación del método LRFD”, en el software Excel se obtiene los siguientes resultados mostrados en la tabla 2.13:

1,2D+1,6L+0,8W	1.2D+1,3W+L	1,2D+L+S	ABS			
COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 1	COMB 2	COMB 3	Mu[tf-m]
5,42	5,27	2,959	5,42	5,27	2,96	5,4178
2,50	2,66	1,230	2,50	2,66	1,23	2,6578
2,50	2,66	1,230	2,50	2,66	1,23	2,6578
-0,42	0,05	-0,483	0,42	0,05	0,48	0,4829
-0,42	0,05	-0,483	0,42	0,05	0,48	0,4829
-3,34	-2,56	-2,181	3,34	2,56	2,18	3,3384
-3,34	-2,56	-2,181	3,34	2,56	2,18	3,3384
-6,26	-5,17	-3,865	6,26	5,17	3,86	6,2572
-6,26	-5,17	-3,865	6,26	5,17	3,86	6,2572
-7,72	-6,54	-4,675	7,72	6,54	4,68	7,7245
-7,72	-6,54	-4,675	7,72	6,54	4,68	7,7245
-7,56	-6,55	-4,494	7,56	6,55	4,49	7,5619
-7,56	-6,55	-4,494	7,56	6,55	4,49	7,5619
-6,00	-5,49	-3,421	6,00	5,49	3,42	6,0046
-6,00	-5,49	-3,421	6,00	5,49	3,42	6,0046
-3,99	-4,05	-2,072	3,99	4,05	2,07	4,0485
-3,99	-4,05	-2,072	3,99	4,05	2,07	4,0485
-2,19	-2,69	-0,886	2,19	2,69	0,89	2,6879
-2,19	-2,69	-0,886	2,19	2,69	0,89	2,6879
-0,63	-1,45	0,097	0,63	1,45	0,10	1,4478
-0,63	-1,45	0,097	0,63	1,45	0,10	1,4478
0,62	-0,36	0,846	0,62	0,36	0,85	0,8455
0,62	-0,36	0,846	0,62	0,36	0,85	0,8455
1,53	0,55	1,333	1,53	0,55	1,33	1,5326
1,53	0,55	1,333	1,53	0,55	1,33	1,5326
2,09	1,26	1,547	2,09	1,26	1,55	2,0939
2,09	1,26	1,547	2,09	1,26	1,55	2,0939
2,28	1,76	1,478	2,28	1,76	1,48	2,2820
2,28	1,76	1,478	2,28	1,76	1,48	2,2820
2,08	2,02	1,128	2,08	2,02	1,13	2,0826
2,08	2,02	1,128	2,08	2,02	1,13	2,0826
1,49	2,00	0,508	1,49	2,00	0,51	1,9974
1,49	2,00	0,508	1,49	2,00	0,51	1,9974
0,50	1,68	-0,365	0,50	1,68	0,36	1,6819
0,50	1,68	-0,365	0,50	1,68	0,36	1,6819
-0,85	1,07	-1,461	0,85	1,07	1,46	1,4607
-0,85	1,07	-1,461	0,85	1,07	1,46	1,4607

-2,53	0,15	-2,746	2,53	0,15	2,75	2,7459
-2,53	0,15	-2,746	2,53	0,15	2,75	2,7459
-3,99	-0,74	-3,799	3,99	0,74	3,80	3,9866
-3,99	-0,74	-3,799	3,99	0,74	3,80	3,9866
-4,36	-1,08	-4,020	4,36	1,08	4,02	4,3634
-4,36	-1,08	-4,020	4,36	1,08	4,02	4,3634
-3,67	-0,97	-3,360	3,67	0,97	3,36	3,6713
-3,67	-0,97	-3,360	3,67	0,97	3,36	3,6713
-2,21	-0,73	-1,959	2,21	0,73	1,96	2,2086
-2,21	-0,73	-1,959	2,21	0,73	1,96	2,2086
-0,89	-0,72	-0,573	0,89	0,72	0,57	0,8914
-0,89	-0,72	-0,573	0,89	0,72	0,57	0,8914
0,28	-0,95	0,798	0,28	0,95	0,80	0,9480
0,28	-0,95	0,798	0,28	0,95	0,80	0,9480
1,31	-1,41	2,155	1,31	1,41	2,15	2,1546

Fuente: Los Autores

Tabla 2.13: “Cargas aplicando el método de diseño lrfd”

2.3.3 Evaluación:

Momento máximo de cada barra vs el momento máximo permisible de la barra se muestra en la tabla 2.14:

Mu[tf-m]	phi*Mn[tf-m]	CRITERIO	BARRA
5,4178	5,62	OK	1
2,6578	5,62	OK	0
2,6578	5,62	OK	2
0,4829	5,62	OK	0
0,4829	5,62	OK	3
3,3384	5,62	OK	0
3,3384	7,91	OK	4
6,2572	7,91	OK	0
6,2572	14,66	OK	5
7,7245	14,66	OK	0
7,7245	14,66	OK	6
7,5619	14,66	OK	0
7,5619	14,66	OK	7
6,0046	14,66	OK	0
6,0046	9,93	OK	8
4,0485	9,93	OK	0
4,0485	9,93	OK	9
2,6879	9,93	OK	0
2,6879	9,93	OK	10
1,4478	9,93	OK	0

1,4478	5,62	OK	11
0,8455	5,62	OK	0
0,8455	5,62	OK	12
1,5326	5,62	OK	0
1,5326	5,62	OK	13
2,0939	5,62	OK	0
2,0939	5,62	OK	14
2,2820	5,62	OK	0
2,2820	5,62	OK	15
2,0826	5,62	OK	0
2,0826	5,62	OK	16
1,9974	5,62	OK	0
1,9974	9,93	OK	17
1,6819	9,93	OK	0
1,6819	9,93	OK	18
1,4607	9,93	OK	0
1,4607	9,93	OK	19
2,7459	9,93	OK	0
2,7459	14,66	OK	20
3,9866	14,66	OK	0
3,9866	14,66	OK	21
4,3634	14,66	OK	0
4,3634	14,66	OK	22
3,6713	14,66	OK	0
3,6713	7,91	OK	23
2,2086	7,91	OK	0
2,2086	5,62	OK	24
0,8914	5,62	OK	0
0,8914	5,62	OK	25
0,9480	5,62	OK	0
0,9480	5,62	OK	26
2,1546	5,62	OK	0

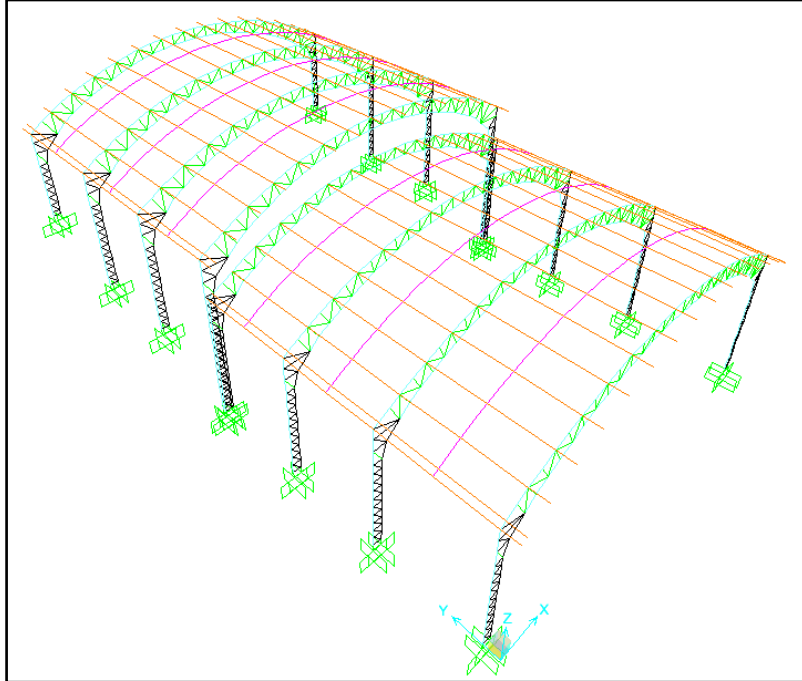
Fuente: Los Autores

Tabla 2.14: “Momento máximo vs momento permisible de cada barra”

2.3.4 Diseño y simulación en SAP2000 “Cálculo de la nave en conjunto”

a. Modelamiento de la nave industrial en SAP 2000

En la figura 2.15 se observa la nave industrial realizada en SAP 2000.

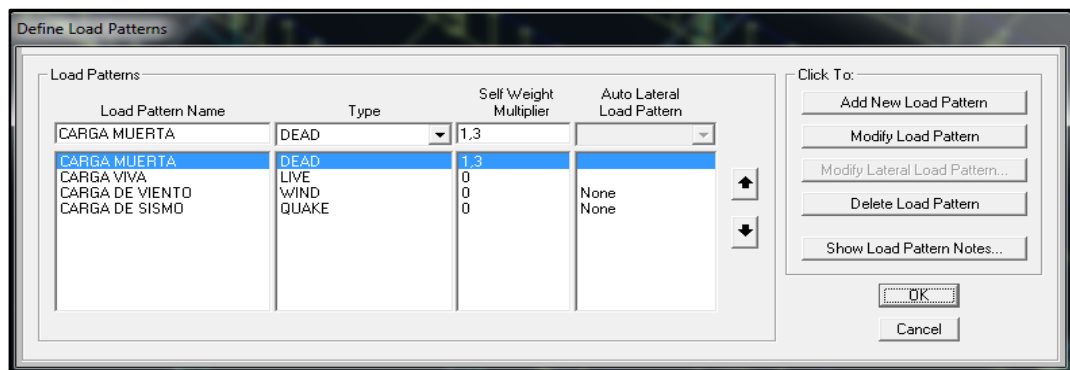


Fuente: Los Autores

Figura 2.15: “Nave Industrial”

b. Determinación de cargas aplicadas

En la figura 2.16 la cargas utilizadas en el programa SAP 2000.



Fuente: Los Autores

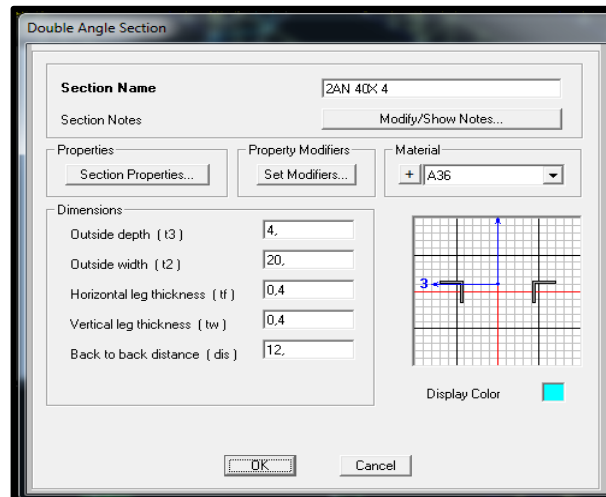
Figura 2.16: “Determinación de cargas aplicadas (muerta, viva, viento y sismo)”

c. Diseño de perfilaría

c.1 Dimensionamiento del Perfil en Programa

- **Angulo de 40x40x4**

En la figura 2.17 el dimensionamiento del ángulo de 40x40x4 en el programa SAP 2000.

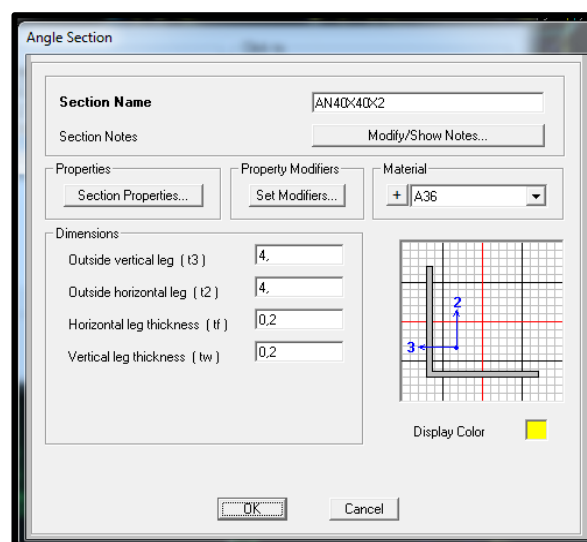


Fuente: Los Autores

Figura 2.17: “Dimensionamiento del ángulo de 40x40x4”

- **Angulo de 40x40x2**

En la figura 2.18 el dimensionamiento del ángulo de 40x40x2 en el programa SAP 2000.

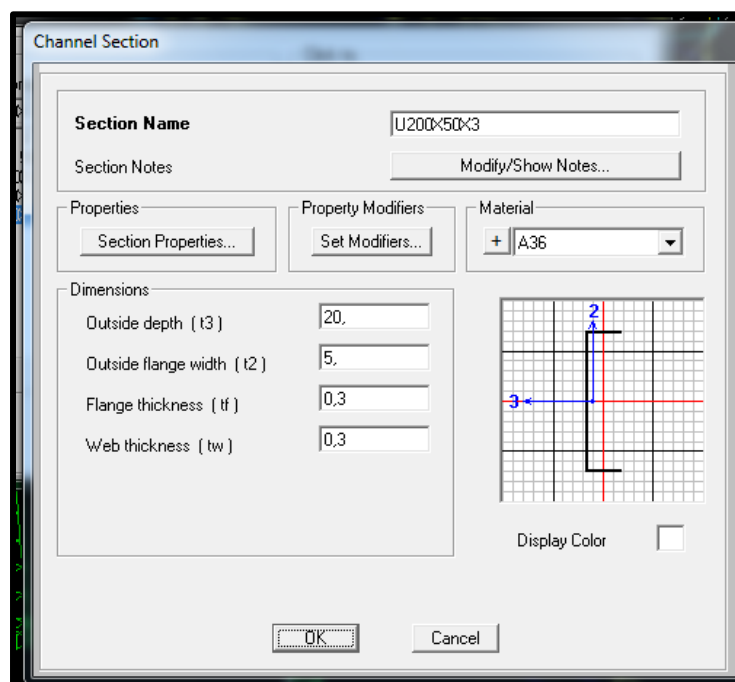


Fuente: Los Autores

Figura 2.18: “Dimensionamiento del ángulo de 40x40x2”

- **Perfil U 200x50x3**

En la figura 2.19 el dimensionamiento del perfil U de 200x50x3 en el programa SAP 2000

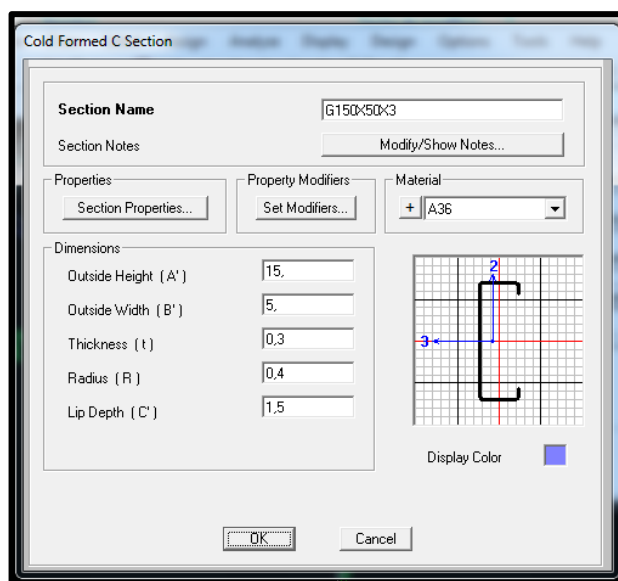


Fuente: Los Autores

Figura 2.19: “Dimensionamiento del perfil U de 200x50x3”

- **Perfil G 150x50x3**

En la figura 2.20 el dimensionamiento del perfil G de 150x50x3 en el programa SAP 2000

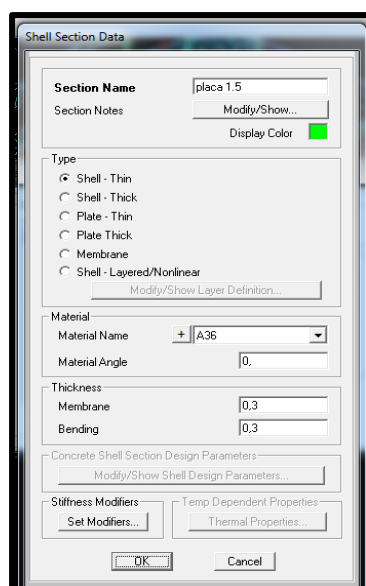


Fuente: Los Autores

Figura 2.20: “Dimensionamiento del perfil G de 150x50x3”

- **Placa de 1.5mm de espesor**

En la figura 2.21 el dimensionamiento de placas de 1.5mm en el programa SAP 2000



Fuente: Los Autores

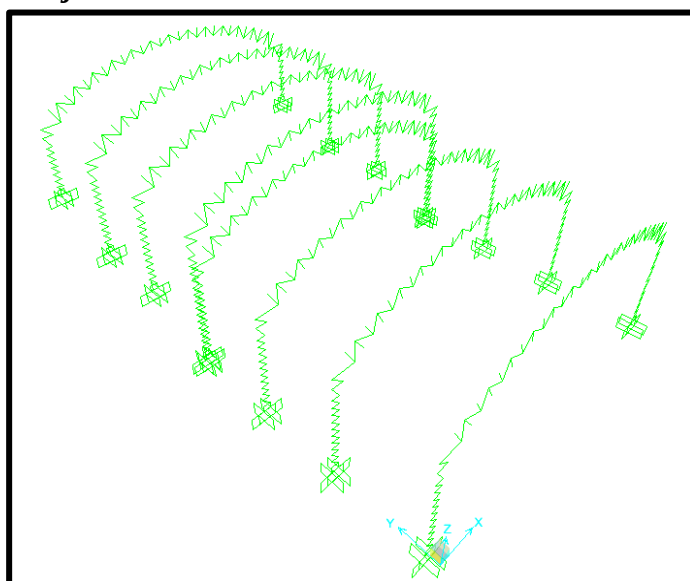
Figura 2.21: “Dimensionamiento de placas de 1.5mm”

d. Asignación de perfiles a la nave en SAP 2000

d.1 Angulo de 40 x 40 x 4

En la figura 2.22 se observa la asignación de ángulos a la estructura en el programa SAP 2000

- **Conjunto**



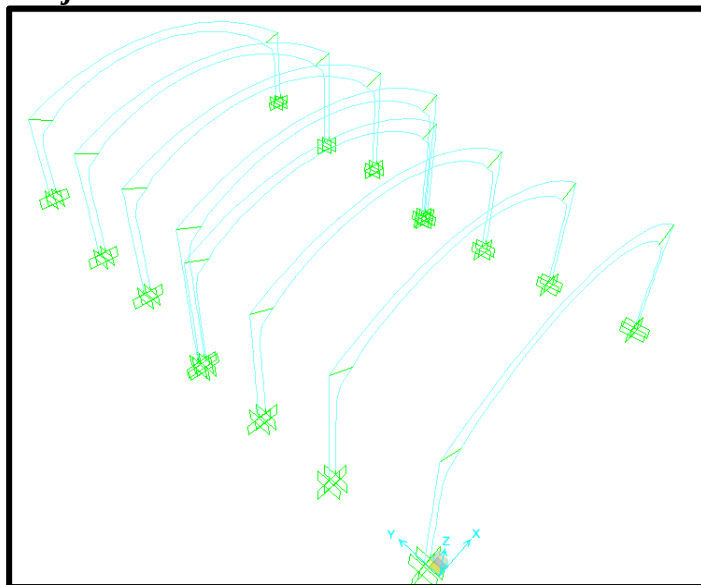
Fuente: Los Autores

Figura 2.22: “Asignación de ángulos a la estructura”

d.2 Perfil U 200x50x3

En la figura 2.23 se observa la asignación de perfiles U 200x50x3 a la estructura en el programa SAP 2000

- **Conjunto**



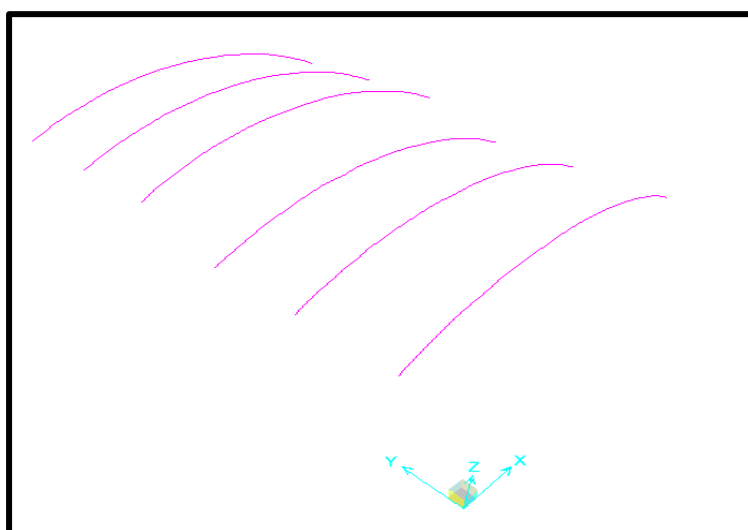
Fuente: Los Autores

Figura 2.23: “Asignación de perfiles U 200x50x3 a la estructura”

d.3 Angulo 40x40x2

En la figura 2.24 se observa la asignación de ángulos de 40x40x2 a la estructura en el programa SAP 2000

- **Conjunto**



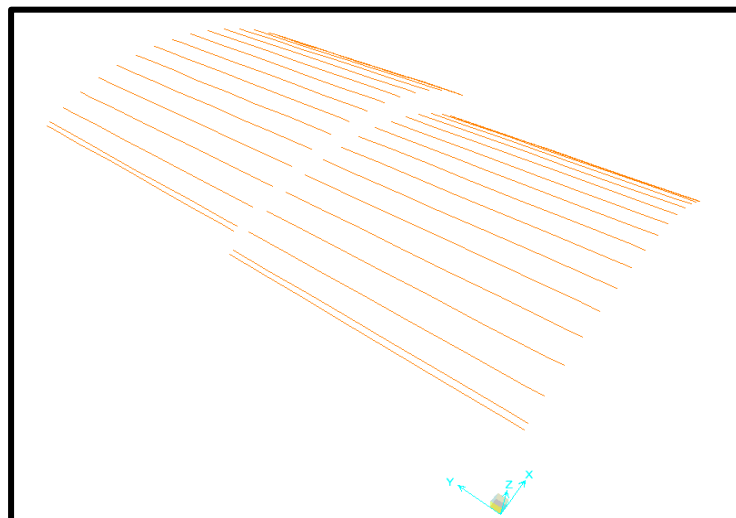
Fuente: Los Autores

Figura 2.24: “Asignación de ángulos de 40x40x2 a la estructura”

d.5 Perfil G 150x50x3

En la figura 2.25 se observa la asignación de perfiles G 150x50x3 a la estructura en el programa SAP 2000

- ***Conjunto***



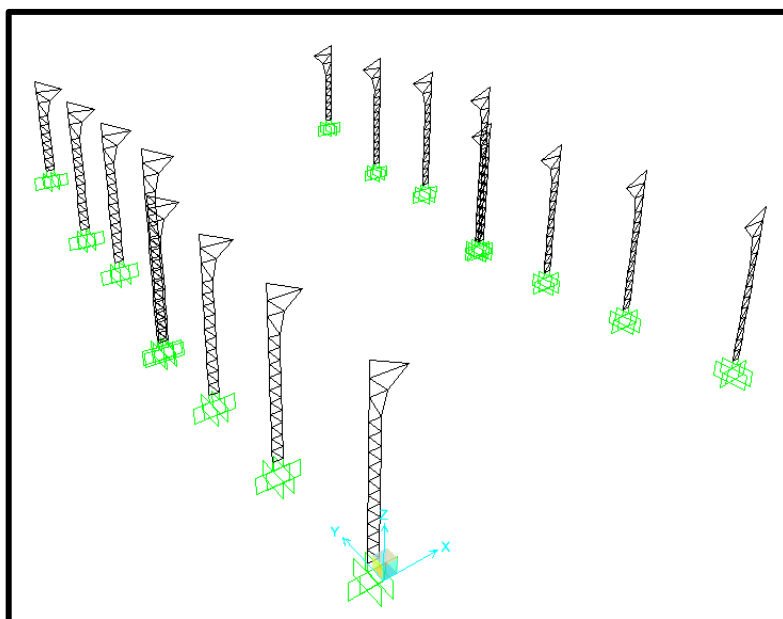
Fuente: Los Autores

Figura 2.25: “Asignación de perfiles G 150x50x3 a la estructura”

d.6 Placa de 1.5 mm

En la figura 2.26 se observa la asignación de placas a la estructura en el programa SAP 2000

- ***Conjunto***



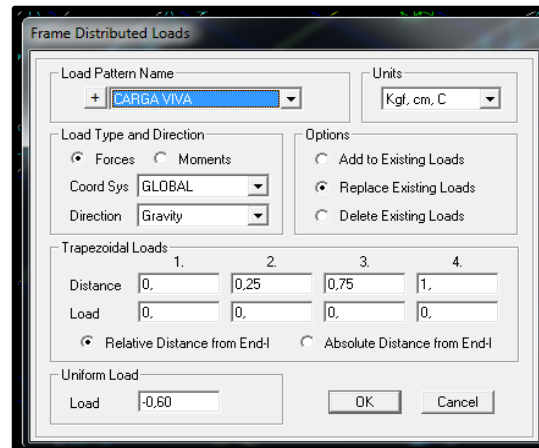
Fuente: Los Autores

Figura 2.26: “Asignación de placas”

e. Asignación de cargas

e.1 Carga viva

En la figura 2.27 se observa la asignación de cargas vivas a la estructura en el programa SAP 2000

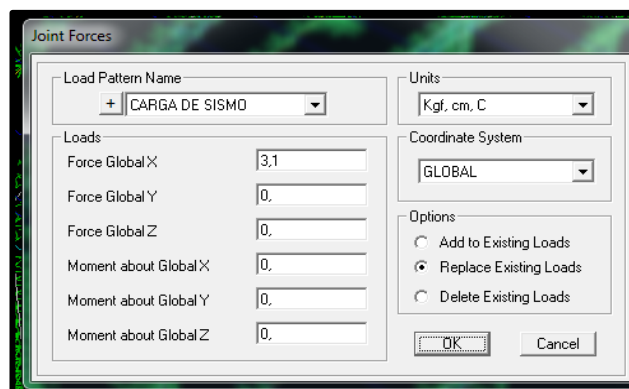


Fuente: Los Autores

Figura 2.27: “Asignación de cargas vivas”

e.2 Carga sismo

En la figura 2.28 se observa la asignación de cargas de sismo a la estructura en el programa SAP 2000

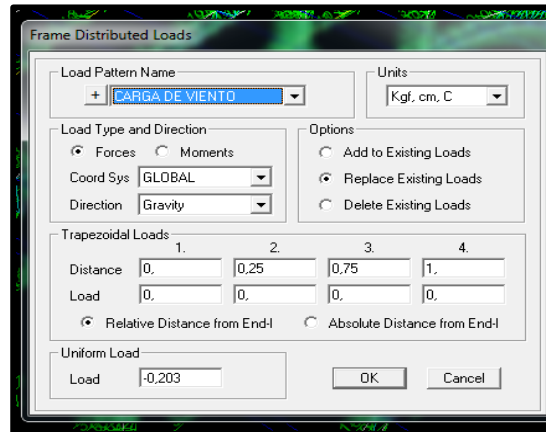


Fuente: Los Autores

Figura 2.28: “Asignación de carga de sismo”

e.4 Carga de viento

En la figura 2.29 se observa la asignación de cargas de viento a la estructura en el programa SAP 2000



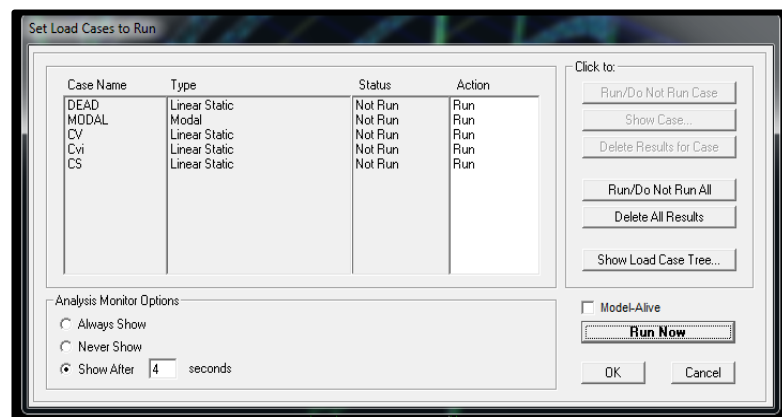
Fuente: Los Autores

Figura 2.29 “Asignación de carga de viento”

f. Simulación

f.1 Correr el programa

En la figura 2.30 se observa el inicio de la simulación del programa SAP 2000



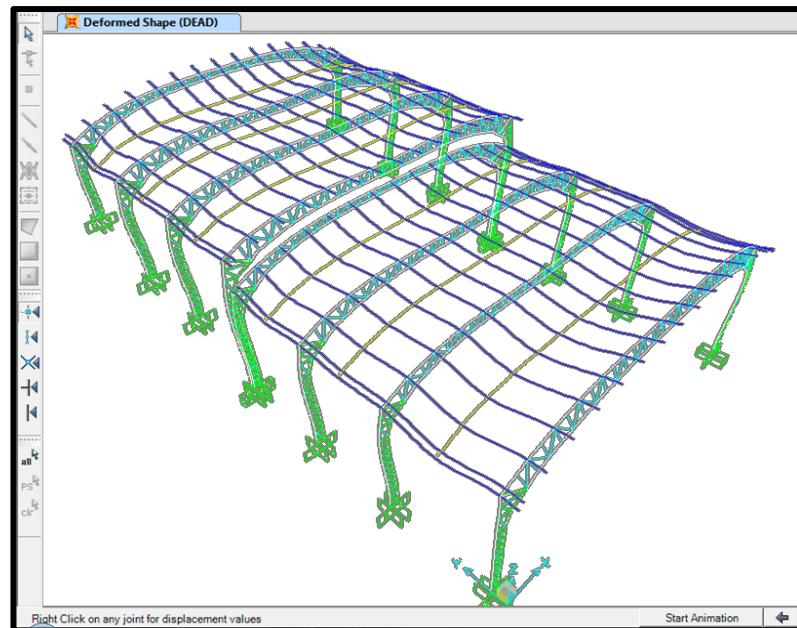
Fuente: Los Autores

Figura 2.30 “Simulación del programa”

f.2 Simulación:

- **Carga muerta**

En la figura 2.31 se observa la simulación del programa SAP 2000 respecto a la carga muerta.

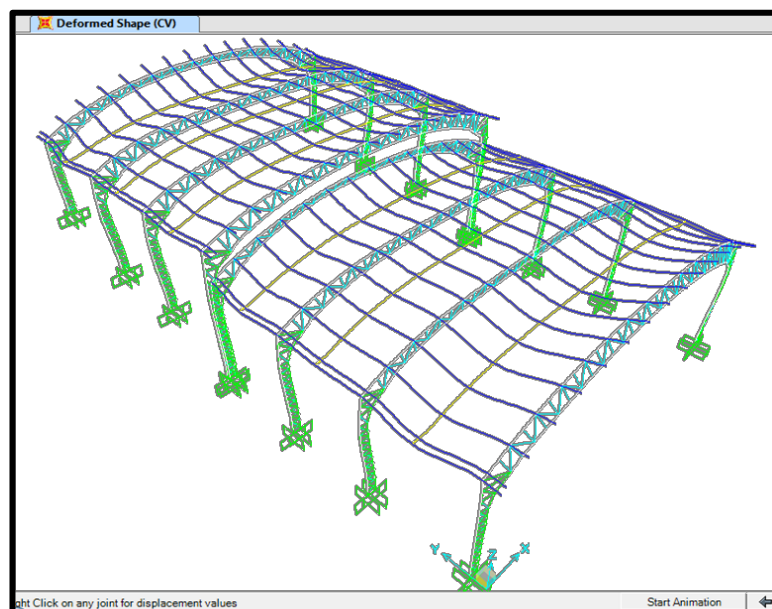


Fuente: Los Autores

Figura 2.31 “Simulación del programa respecto a la carga muerta”

- **Carga Viva**

En la figura 2.32 se observa la simulación del programa SAP 2000 respecto a la carga viva.

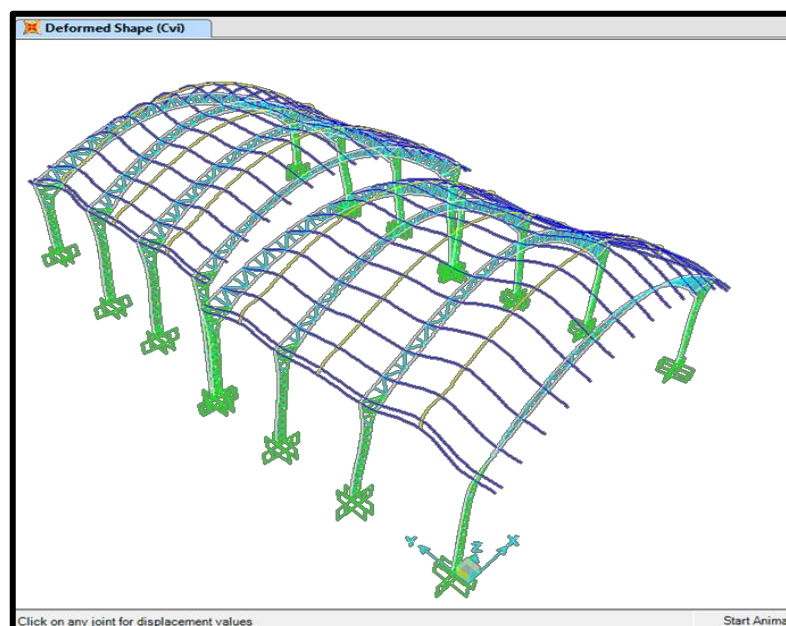


Fuente: Los Autores

Figura 2.32 “Simulación del programa respecto a la carga viva”

- **Carga Viento**

En la figura 2.33 se observa la simulación del programa SAP 2000 respecto a la carga viento.

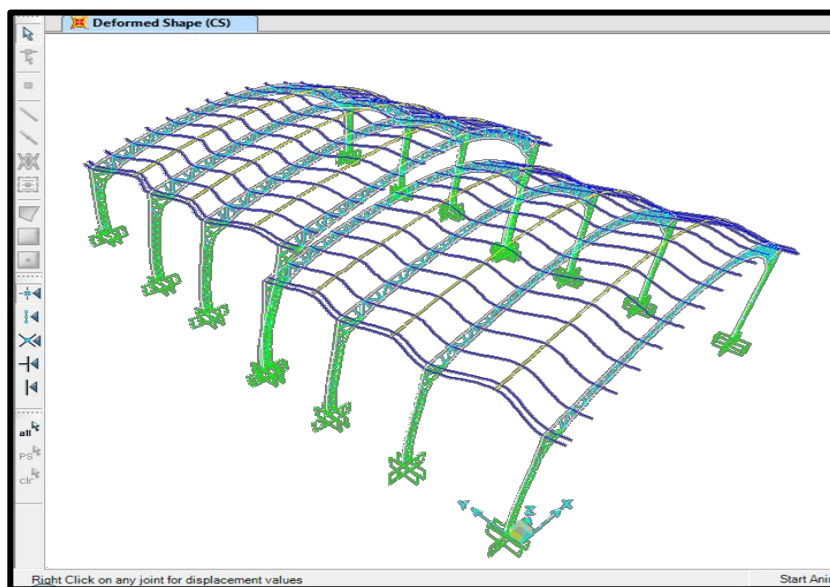


Fuente: Los Autores

Figura 2.33 “Simulación del programa respecto a la carga de viento”

- **Carga Sismo**

En la figura 2.34 se observa la simulación del programa SAP 2000 respecto a la carga sismo.

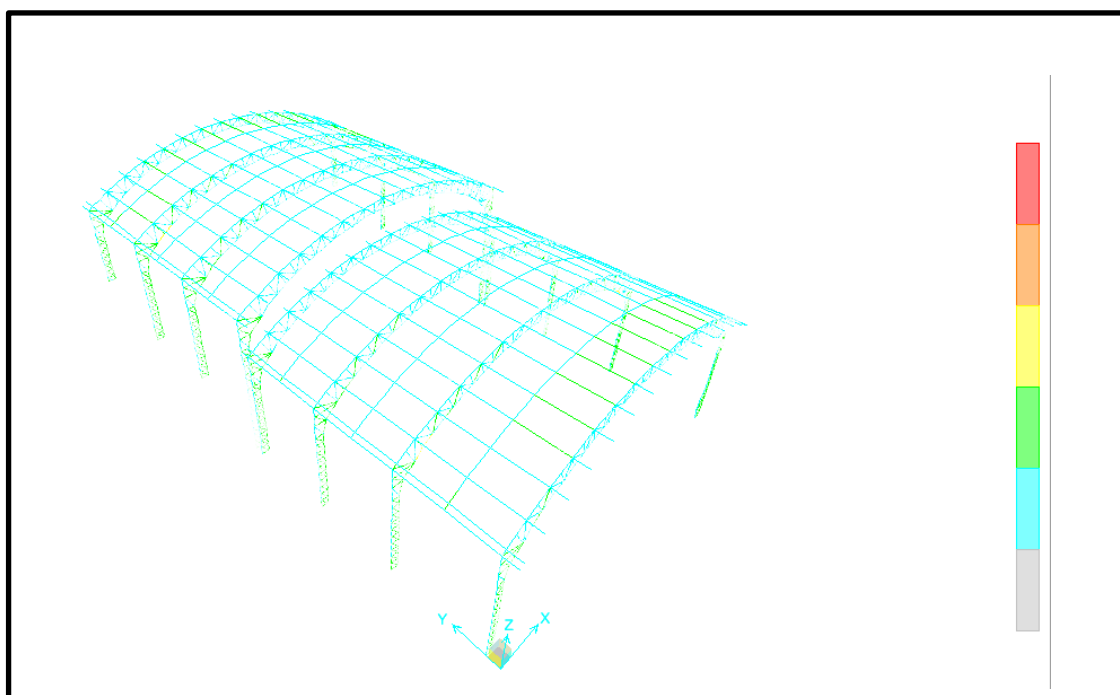


Fuente: Los Autores

Figura 2.34 “Simulación del programa respecto a la carga de sismo”

f3. Diseño método LRFD 93

En la figura 2.35 se observa la simulación del programa SAP 2000 respecto al diseño lfrd.

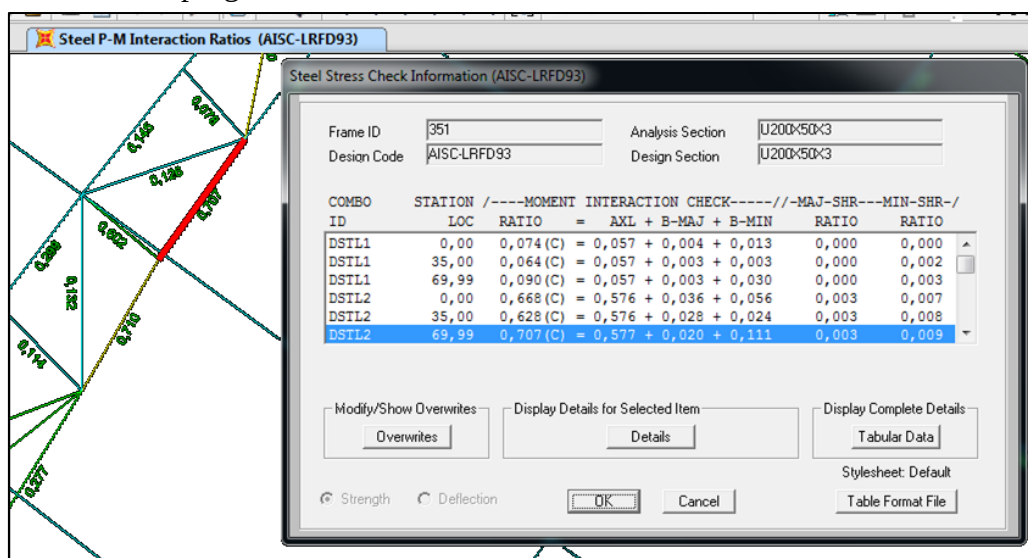


Fuente: Los Autores

Figura 2.35 “Simulación del programa (diseño lfrd)”

f3.1 Elemento que más trabaja

En la figura 2.36 se observa la barra que más trabaja de la estructura en la simulación del programa SAP 2000

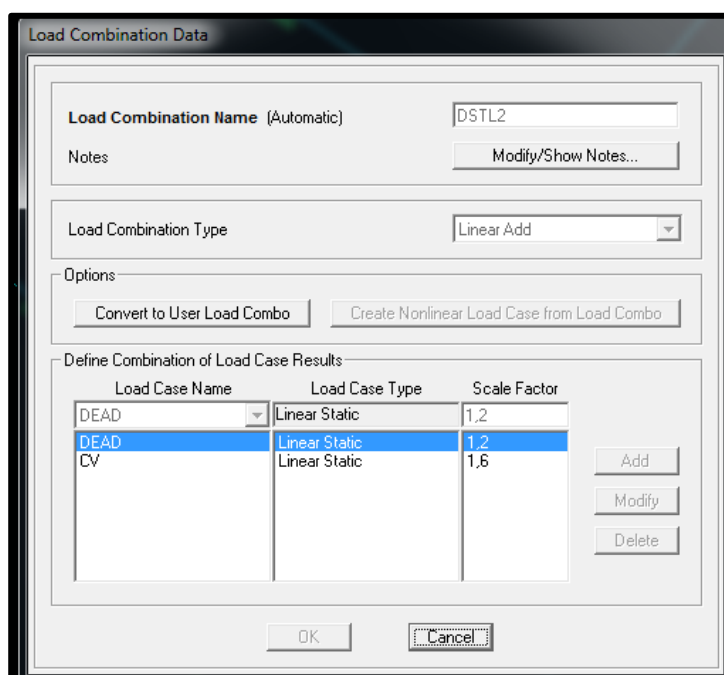


Fuente: Los Autores

Figura 2.36: “Barra que más trabaja”

f3.2 Combinación DSTL2 que provoca este resultado

En la figura 2.37 se observa la combinación de carga de la barra que más trabaja de la estructura en la simulación del programa SAP 2000



Fuente: Los Autores

Figura 2.37 “Simulación de combinación de cargas más crítica”

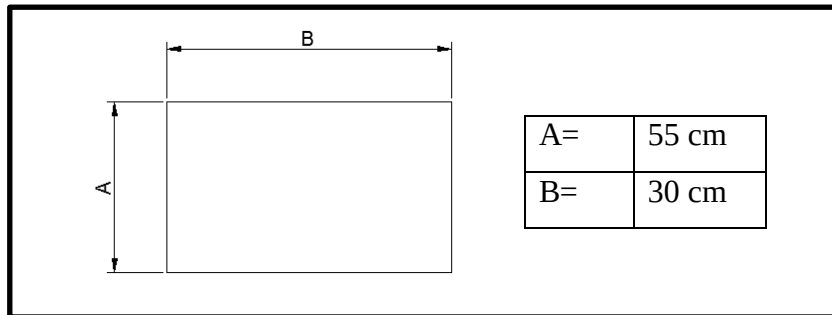
2.3.5 Diseño y análisis estructural “Cálculo de placa base, pernos de anclaje y plinto”

Cálculo de placa Base:

Cargas de diseño obtenidas en el programa SAP 2000

Carga P1	16455,22 Kgf
Carga P2	-11510.52 Kgf
Momento M1	16371.43 Kgf * cm
Momento M2	12330,94 Kgf * cm

Pre Dimensiones: en la figura 2.38 se observa el pre dimensionamiento propuesto para la placa base.



Fuente: Los Autores

Figura 2.38 “Pre dimensionamiento de placa base”

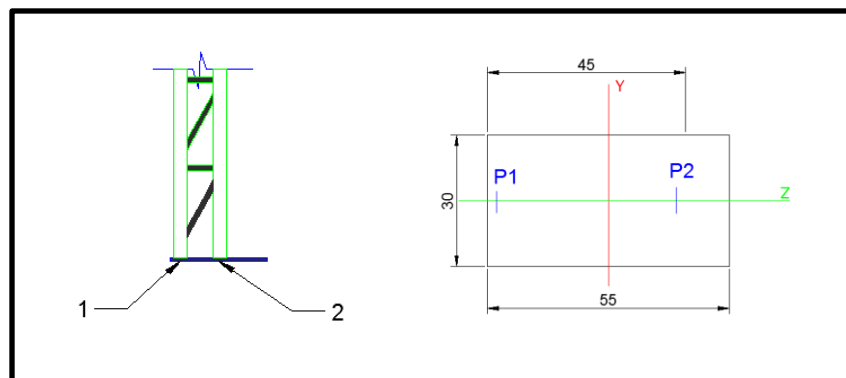
Determinar la excentricidad:

$$e1 = \frac{M1}{P1} = \frac{16371,43}{16455,22} = 0,9949 \text{ cm} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

$$e2 = \frac{M2}{P2} = \frac{12330,94}{11510,52} = 1,07 \text{ cm}$$

Del perfil U 200x50x3 obtengo $x=0.96 \text{ cm}$ (Ver Anexo A3.12)

En la figura 2.39 se observa la posición de cargas de la placa base.



Fuente: Los Autores

Figura 2.39 “Aplicación de cargas en placa base”

$$Iy = \frac{30 * 55^3}{12}$$

$$Iy = 415937,5 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{55 * 30^3}{12}$$

$$I_z = 123750 \text{ cm}^4$$

$$M = 0$$

$$P1*d1 + P2*d2 + My = 0$$

$$My = -16455,22 * 25,5 - 11510,52 * 15,5$$

$$My = -419608,11 - 1784130,6$$

$$My = -598021,17 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

Por lo tanto

$$F_v = 0$$

$$P1 - P2 + R = 0$$

$$16455,22 \text{ kgf} - 11510,52 \text{ kgf} + R = 0$$

$$R = -16455,22 \text{ kgf} + 11510,52 \text{ kgf}$$

$$R = -4944,7 \text{ Kgf}$$

$$\sigma = -\frac{P}{A} - \frac{My}{I_y} * Z \quad (\text{Ec. 1.38})$$

$$\sigma = \frac{4944,7}{30*55} - \frac{-598021,17}{415937,5} * Z$$

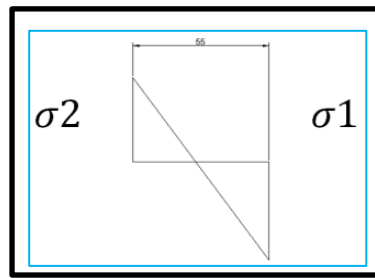
$$Z1 = 27,5$$

$$Z2 = -27,5$$

$$\sigma_1 = 42,535 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_2 = -36,5418 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

En la figura 2.40 se observa el diagrama de esfuerzos de la placa base



Fuente: Los Autores

Figura 2.40 “Diagrama de esfuerzos de la placa base”

El hormigón $\sigma = 210 \text{ kg / cm}^2$:

Por lo tanto el dimensionamiento inicial es válido.

Espesor de la placa:

Los pernos se fijaran a 6cm de los filos de la placa

Utilizando trigonometría obtenemos las áreas y su centro de gravedad que representara el momento a utilizarse en el diseño:

$$M_u = F \cdot d$$

$$M_u = 229,30 \cdot 3,5$$

$$M_u = 802,55 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

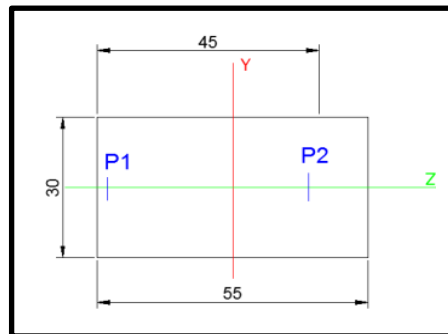
$$t = \frac{6 \times M_u}{\phi \times f_y} \quad \text{donde } \phi = 0,9 \quad (\text{Ec. 1.39})$$

$$t = \frac{6 \times 802,55}{0,9 \times 2536} = 1,45 \text{ cm} \approx 5/8 \text{ pulg.}$$

Placa base es de 15,875 mm de espesor y 30x55 mm

Pernos de anclaje:

En la figura 2.41 se observa la aplicación de cargas pernos de anclaje



Fuente: Los Autores

Figura 2.41 “Aplicación de cargas pernos de anclaje”

Cargas de diseño obtenidas en el programa SAP 2000

Carga P1	16455,22 Kgf
Carga P2	-11510.52 Kgf
Momento M1	16371.43 Kgf * cm
Momento M2	12330,94 Kgf * cm

$$F_v = 0$$

$P1 - P2 + T1 + T2 = 0$ ($T1, T2$ son las fuerzas de los pernos a 6 cm)

$$16455,22 \text{ kgf} - 11510,52 \text{ kgf} + T1 + T2 = 0$$

$$T1 + T2 = -4944,7 \text{ kgf}$$

$$\Sigma M_{(T1)} = 0$$

$$16455,22 * 4 + 11510,52 * 37 - T2 * 43 = 0$$

$$T2 = \frac{16455,22 * 4 + 11510,52 * 37}{43}$$

$$T2 = 11435,12 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow T1 = -4944,7 - 114335,12$$

$$\Rightarrow \mathbf{T1 = -16379,819 \text{ Kgf}}$$

El área requerida del perno será:

Utilizar el valor de T1 por ser el mayor.

$$A_r = \frac{T}{d \cdot 0,75 \cdot f_u} \quad f_u = 4086,1 \text{ kgf/cm}^2 \text{ del pernos} \quad (\text{Ec. 1.40})$$

$$A_r = \frac{16379,819}{(0,75 \cdot 0,75 \cdot 4086,1)}$$

$$A_r = 7,12 \text{ cm}^2$$

$$A_r = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$D = \frac{\sqrt{A_r \cdot 4}}{\pi}$$

$$D = \frac{\sqrt{7,12 \cdot 4}}{\pi}$$

$$D = 3,01 \text{ cm}$$

Pueden ser dos de 1.58 cm = 5/8 pulg.

Cálculo de la longitud del perno de anclaje:

$$l_b = 0,7 \text{ m } \phi^2$$

$$l_b > 15 \text{ cm}$$

$$l_b \geq f_y / 20 \cdot \phi$$

si:

$$m = 1,2$$

Y si el diámetro es 15,8 mm

$$l_b = (12) (1,58)^2$$

$$l_b = 29,95 \text{ mm}$$

$$\mathbf{l_b = 30 \text{ cm}}$$

$$l_b \geq 400 / 20 \cdot 1,58$$

$$lb \geq 31,6 \text{ cm}$$

$$lb > 15$$

De los tres valores escogemos el mayor por tanto será **31,6 ≈ 32 cm**

Y el gancho recto: $5 * \emptyset$

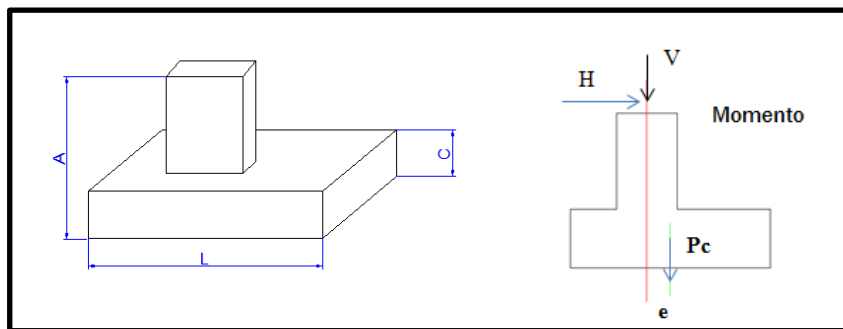
$$\Rightarrow 5 * (1.58) = 7.9 \text{ cm}$$

Al diámetro de dobles es de $4 * \emptyset$

$$\Rightarrow 4 * (1.58) = 6.32 \text{ cm}$$

Diseño del plinto

En la figura 2.42 se observa las dimensiones y cargas aplicadas al plinto



Fuente: Los Autores

Figura 2.42 “Dimensiones y cargas aplicadas al plinto”

P_c = Peso del concreto

V_c = Volumen del Bloque

$$V_c = (75 * 55 * 145) + (130 * 130 * 35)$$

$$V_c = 1189625 \text{ cm}^3$$

$$P_c = 0,0024 \text{ Kg/cm}^3 * 1189625 \text{ cm}^3$$

$$P_c = 2855,1 \text{ Kg}$$

Cargas de diseño obtenidas en el programa SAP 2000 y cálculos anteriores

Carga H	2489,16 Kgf
Carga V	- 4944,7 Kgf
Momento My	-598021,17 Kgf*cm

$$Mr = 0$$

$$Mr = -H(A) - My - v \cdot f$$

$$Mr = -2489,16 \cdot 90 + 598021,17 + 4944,7 \cdot 10,25$$

$$Mr = 424682,945 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$$

$$P_v = v + P_c$$

$$P_v = 4944,7 + 2855,1$$

$$P_v = 7799,8 \text{ Kgf}$$

$$e = \frac{Mr}{P_v} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

$$e = \frac{424682,945}{7799,8}$$

$$e = 54,45 \text{ cm}$$

$$e < L/6$$

$$54,45 < 65$$

Desplazamiento

$$d > 1,5 \quad (\text{Ec. 1.4})$$

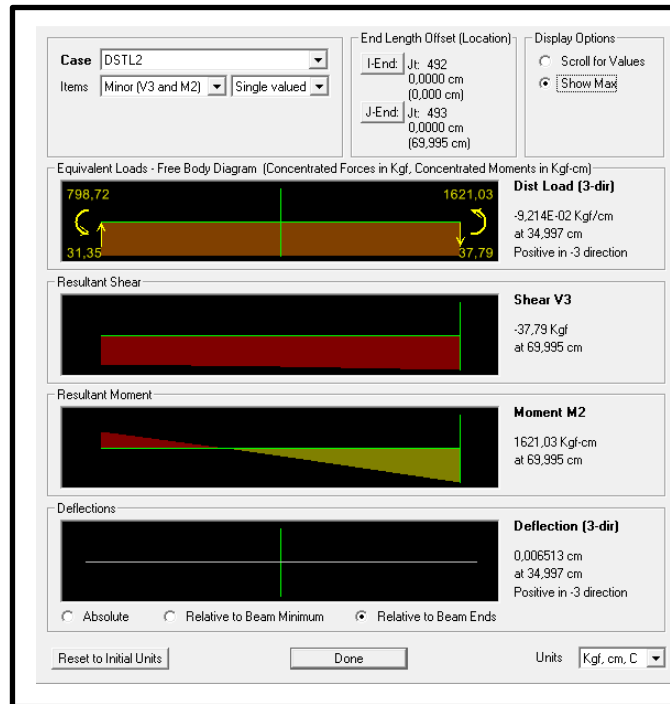
$$d = \frac{P_v \cdot 0,5}{H} \quad (\text{Ec. 1.5})$$

$$d = \frac{7799,8 \cdot 0,5}{2489,16}$$

$$d = 1,57 \text{ y si es mayor que } 1,5 \text{ ok}$$

2.3.6 Diseño y análisis estructural “Cálculo de soldadura”

La gráfica 2.37 se observa la representación gráfica del eslabón más crítico de la estructura en el programa SAP 2000.



Fuente: Los Autores

Figura 2.43 “Representación gráfica del eslabón más crítico de la estructura”

$$M = 1621,03 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$$

$$V = 37,79 \text{ Kgf}$$

$$b = 5 \text{ cm}$$

$$d = 20 \text{ cm}$$

$$h = 0,35 \text{ cm}$$

$$A = 0,707h(2b+d) \quad (\text{Ec. 1.51})$$

$$A = 0,707(0,35)(2 \cdot 5 + 20)$$

$$A = 7,4 \text{ cm}^2$$

$$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$$

$$Iu = \frac{20^2}{12} (6 * 5 + 20)$$

$$Iu = 1666,67 cm^4$$

$$I = 0,707 * h * Iu$$

$$I = 0,707 * 0.35 * 1666,67$$

$$I = 412,416 cm^4$$

$$\tau_1 = \frac{Mc}{I} \quad (\text{Ec. 1.53})$$

$$\tau_1 = \frac{(1621,03 * 10)}{412,416}$$

$$\tau_1 = 39,305 Kgf/cm^2$$

$$\tau_2 = \frac{Fv}{A} \quad (\text{Ec. 1.51})$$

$$\tau_2 = \frac{37,79}{7,4}$$

$$\tau_2 = 5,01 Kgf/cm^2$$

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \quad (\text{Ec. 1.49})$$

$$\tau = \sqrt{39,305^2 + 5,01^2}$$

$$\tau = 39,63 Kgf/cm^2$$

$$n = \frac{Ssy}{\tau} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

$$n = \frac{0.577 * 2536}{39,63}$$

n = 36,92 por lo tanto resiste.

2.4 Instalación:

Para la instalación y ubicación de todos los elementos y máquinas en la nueva infraestructura, se desarrollaron planos (1098-01 al 1098-06) respetando normas, ordenanzas y permisos de funcionamiento.

A continuación se detallará las reformas y decretos que se tomaron para realizar planos y el proyecto.

2.4.1 Instalación de máquinas fijas y móviles

En la instalación de máquinas se observarán las siguientes normas “Decreto ejecutivo 2393”

Las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones.

Se ubicarán sobre suelos o pisos de resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles.

Las máquinas que, por la naturaleza de las operaciones que realizan, sean fuente de riesgo, para la salud, se protegerán debidamente para evitarlos o reducirlos. Si ello no es posible, se instalarán en lugares aislantes o apartados del resto del proceso productivo.

Los motores que impliquen un riesgo potencial se emplazarán en locales aislados o en recintos cerrados, prohibiéndose el acceso a los mismos del personal ajeno a su servicio y señalizando tal prohibición.

2.4.2 Separación de máquinas:

La separación de las máquinas será la suficiente para que los operarios desarrollen su trabajo holgadamente y sin riesgo.

Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina, la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de ésta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros.

Se establecerá una zona de seguridad entre el pasillo y el entorno del puesto de trabajo, o en su caso la parte más saliente de la máquina que en ningún caso será

inferior a 400 milímetros. Dicha zona se señalizará en forma clara y visible para los trabajadores.

2.4.3 Colocación de materiales y útiles:

Se establecerán en las proximidades de las máquinas zonas de almacenamiento de material, de modo que éstos no constituyan un obstáculo para los operarios, ni para la manipulación o separación de la propia máquina.

Los útiles de las máquinas que se deban guardar junto a éstas, estarán debidamente colocadas y ordenadas en armarios, mesas o estanques adecuados.

Se prohíbe almacenar en las proximidades de las máquinas, herramientas y materiales ajenos a su funcionamiento.

De acuerdo con esta normativa y cumpliendo con los requerimientos para un buen funcionamiento se planificará la siguiente distribución de la planta.

“Ver plano de la ubicación de maquinas y espacios”

2.4.4 Instalaciones eléctricas e iluminación

El arranque y parada de los motores principales, se sujetarán en lo posible a las siguientes disposiciones:

Las máquinas fijas deberán disponer de los mecanismos de mando necesarios para su puesta en marcha o parada.

Aquellas instalaciones de máquinas que estén accionadas por varios motores individuales o por un motor principal y ejecuten trabajos que dependan unos de otros, deberán disponer de uno o más dispositivos de parada general.

Los dispositivos de parada deberán estar perfectamente señalizados, fácilmente accesibles y concebidos de forma tal, que resulte difícil su accionamiento involuntario.

2.4.4.1 Interruptores

Los interruptores de los mandos de las máquinas estarán diseñados, colocados e identificados de forma que resulte difícil su accionamiento involuntario.

2.4.4.2 Pulsadores de puesta en marcha

No sobresalir ni estar al ras de la superficie de la caja de mandos, de tal manera que obliguen a introducir el extremo del dedo para accionarlos, dificultando los accionamientos involuntarios.

2.4.4.3 Pulsadores de parada

Los pulsadores de parada serán fácilmente accesibles desde cualquier punto del puesto de trabajo, sobresaliendo de la superficie en la que estén instalados.

2.4.4.4 Luminarias

- Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño.
- Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.
- Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.
- Conforme y siguiendo la norma se distribuirá las instalaciones eléctricas y luminarias como se indica en el plano eléctrico.

“Ver plano eléctrico”.

2.5 Medidas de seguridad

2.5.1 Orden y limpieza

Mantener limpio y ordenado el lugar de trabajo.

No dejar materiales alrededor de las máquinas, colócarlos en un lugar seguro y donde no obstaculicen el tránsito.

Recoger la viruta, sobrantes de material y cualquier otro objeto que pueda causar un accidente.

Guardar ordenadamente los materiales y herramientas; no los dejes en lugares inseguros.

No obstruir los pasillos, escaleras, puertas o salidas de emergencia.

2.5.2 Equipos de protección individual

Utilizar el equipo de seguridad que la empresa pone a tu disposición; si observas alguna deficiencia en él, ponlo enseguida en conocimiento de tu superior.

Mantener tu equipo de protección personal en perfecto estado y cuando esté deteriorado pide que sea cambiado por otro.

Llevar ajustada la ropa de trabajo; es peligroso llevar partes desgarradas, sueltas o que cuelgen; y en trabajos con riesgos de lesiones en la cabeza utiliza el casco.

Utilizar gafas de seguridad si ejecutas o presencias trabajos con salpicaduras, deslumbramientos, etc.,

Utilizar el calzado de seguridad si hay riesgos de lesiones para tus pies.

Utilizar el arnés de seguridad cuando trabajes en alturas.

Proteger tus vías respiratorias y oídos en lugares donde requieran.

2.5.3 Herramientas manuales

Utilizar las herramientas manuales sólo para sus fines específicos e inspeccionarlas periódicamente.

Retirar de uso las herramientas defectuosas.

No llevar herramientas en los bolsillos salvo que estén adaptados para ello.

Cuando no la utilices las herramientas dejar en lugares que no puedan producir accidentes.

2.5.4 Escaleras de mano

Antes de utilizar una escalera comprueba que se encuentre en perfecto estado.

No utilizar nunca escaleras empalmadas una con otra, salvo que esten preparadas para ello.

Atención si tienes que situar una escalera en las proximidades de instalaciones con tensión, preveelo antes y toma precauciones.

La escalera debe estar siempre bien asentada. cerciórse de que no se pueda deslizar.

Al subir o bajar, dá siempre la cara a la escalera.

2.5.5 Electricidad

Toda instalación debe considerarse bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con los aparatos adecuados.

No realizar nunca reparaciones en instalaciones o equipos con tensión.

Utilizar prendas y equipos de seguridad si trabajas con máquinas o herramientas alimentadas por tensión eléctrica.

Comunicar si observas alguna anomalía en la instalación eléctrica; no trates de arreglar lo que no sabes.

Informar si los cables están gastados o pelados, o los enchufes rotos, se corre un grave peligro por lo que deben ser reparados de forma inmediata.

Desconectar al menor chispazo la máquina y prestar atención a los calentamientos anormales en motores, cables, etc.

Si al utilizar una máquina con tensión notas cosquilleo, no esperes más: desconéctala y notifícala.

Prestar atención a la electricidad si trabajas en zonas mojadas y con humedad.

2.5.6 Riesgos químicos

Si se trabaja con líquidos químicos, pensar en los ojos que serían los más perjudicados ante cualquier salpicadura.

Utilizar el equipo de protección adecuado, también las demás partes del cuerpo pueden ser afectadas.

No remover ácidos con objetos metálicos; puede provocar salpicaduras.

Acudir inmediatamente al servicio médico si te salpica ácido a los ojos.

Tomar las debidas precauciones si manipulas productos corrosivos para evitar su derrame; si este se produce actúa con rapidez según las normas de seguridad.

Profundizar tu limpieza personal si trabajas con productos químicos, particularmente antes de las comidas y al abandonar el trabajo.

2.5.7 El riesgo de incendios

Conocer las causas que pueden provocar un incendio en tu área de trabajo y las medidas preventivas necesarias para evitarlo.

Recordar que el buen orden y la limpieza son los principios más importantes en la prevención de incendios.

No fumar en lugares prohibidos, ni tirar las colillas o cigarros sin apagar.

Controlar las chispas de cualquier origen ya que pueden ser causa de muchos incendios.

Ante un caso de incendio conoce tu posible acción y cometido.

Los extintores son fáciles de utilizar, pero sólo si se conocen; enterarse de cómo funcionan.

Prestar mucha atención si manejas productos inflamables y respetar las normas de seguridad.

2.5.8 Emergencias

Preocúpase por conocer el plan de emergencia y las instrucciones de la empresa al respecto.

Seguir las instrucciones que se te indiquen y, en particular, de quien tenga la responsabilidad en esos momentos.

No correr ni empujar a los demás; si estás en un lugar cerrado busca la salida más cercana sin atropellamientos.

Usar las salidas de emergencia, nunca los ascensores o montacargas.

Prestar atención a la señalización, te ayudará a localizar las salidas de emergencia.

2.5.9 Accidentes

Mantener la calma pero actuar con rapidez, tu tranquilidad dará confianza al lesionado y a los demás.

Pensar antes de actuar, asegúrate de que no hay más peligros.

Asegúrate de quien necesita más tu ayuda y atiende al herido o heridos con cuidado y precaución.

No hacer más de lo indispensable; recuerda que tu misión no es reemplazar al médico.

No dar jamás de beber a una persona sin conocimiento; puedes ahogarla con el líquido.

Avisar inmediatamente al médico o servicios de socorro que puedas.

2.6 Señalización de seguridad

La señalización es el conjunto de medios que se utiliza para mostrar o resaltar una indicación, una obligación, una prohibición, etc. Esto se puede realizar mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda.

En este caso, se trata de que los trabajadores puedan ver y recordar en los lugares, en los equipos o, en general en los puestos de trabajo que es obligatorio el uso de un determinado equipo de protección o que hay riesgo de caída, que está prohibido encender fuego, etc.

2.6.1 Las señales de seguridad pueden representar lo siguiente:

- **Señal de prohibición:** Una señal que prohíbe un comportamiento susceptible de provocar un peligro.
- **Señal de advertencia o peligro:** Una señal que advierte de un riesgo o peligro.
- **Señal de obligación:** Una señal que obliga a un comportamiento determinado.
- **Señal de salvamento o de socorro:** Una señal que proporciona indicaciones relativas a las salidas de socorro, a los primeros auxilios o a los dispositivos de salvamento.

Ver “plano de señalización y rutas de evacuación”.

CÁPITULO III

COSTOS

3.1 Generalidades:

En este capítulo, se trata el análisis de costos para ejecutar este tipo de proyectos.

Respecto al análisis de costos se realizará teniendo en cuenta los rubros que proporciona la Cámara de Construcción de Quito siendo lo más acertados en el precio que implica desarrollar este tipo de diseño estructurales, los mismos que fueron corroborados con los diferentes proformas de proveedores, obtenidas en relación a costos de todos los materiales, mano de obra y maquinaria requerida, para la construcción en el sitio determinado para el proyecto con todos sus requerimientos.

3.2 Análisis de costos:

3.2.1 Análisis de precios unitarios (APU):

- En la tabla 3.1 se muestra el Análisis de Precio Unitario de desalojo a máquina

FORMULARIO N° 1					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Desalojo a máquina			ITEM UNIDAD :		57,00 m3
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Sub Total A:					0,00
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Operadores	2	Mano de obra es por m3	745,00	0,36	268,20
Sub Total B:					268,20
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
Cargadora frontal y volqueta	m3	745,00		2,33	1735,85
				Sub Total D:	1735,85
			TOTAL COSTO DIRECTO		2004,05
			C. INDIRECTO 15%		300,61
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		2304,66

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.1: APU de Desalojo a máquina

- En la tabla 3.2 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Replanteo y nivelación

FORMULARIO N° 2					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM	45,00	
Replanteo y nivelación			UNIDAD :	m2	
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Equipo topográfico	1,00	Valor por m2	0,74	995,00	736,30
Subtotal A:					736,30
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Operarios		Valor por m2	995,00	0,75	746,25
Subtotal B:					746,25
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Subtotal C:					0,00
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
					0,00
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		1482,55
			C. INDIRECTO 15%		222,38
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		1704,93

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.2: APU de Replanteo y nivelación

- En la En la tabla 3.3 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Desalojo de material sobrante

FORMULARIO N° 3					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		57,00
Desalojo de material sobrante			UNIDAD :		m3
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Subtotal A:					0,00
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Operadores	2	Mano de obra es por m3	40,00	0,36	14,40
Subtotal B:					14,40
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Subtotal C:					0,00
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
Cargadora frontal y volqueta	m3	40,00		2,33	93,20
				Subtotal D:	93,20
			TOTAL COSTO DIRECTO		107,60
			C. INDIRECTO 15%		16,14
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		123,74

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.3: APU de Desalojo de material sobrante

- En la tabla 3.4 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Excavación manual en plintos y cimientos

FORMULARIO N° 4					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Excavación manual en plintos y cimientos			ITEM	47,00	
			UNIDAD :	m3	
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Palas, picos y demás implementos		Valor por m3	0,33	14,270	4,71
SUBTOTAL A:					4,71
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Operadores		Mano de obra es por m3	14,27	6,33	90,33
SUBTOTAL B:					90,33
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Hormigón 210 kg/cm2	m3		14,70	54,66	803,50
SUBTOTAL C:					803,50
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		898,54
			C. INDIRECTO 15%		134,78
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		1033,32

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.4: APU de Excavación manual en plintos y cimientos

- En la tabla 3.5 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Relleno manual compactado con material del sitio

FORMULARIO N° 5					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM	55,00	
Relleno manual compactado con material del sitio			UNIDAD :	m3	
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
palas, compactadora y demás implementos		valor por m3	1,24	14,700	18,23
SUBTOTAL A:					18,23
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
obreros		valor por m3	14,70	4,88	71,74
SUBTOTAL B:					71,74
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
SUBTOTAL C:					0,00
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		89,96
			C. INDIRECTO 15%		13,49
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		103,46

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.5: APU de Relleno manual compactado con material del sitio

- En la tabla 3.6 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Construcción de piso

FORMULARIO N° 8					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Construcción de piso			ITEM UNIDAD : m3		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
SUBTOTAL A:					0,00
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Maestro de obra	1	consto por m3	140,00	3,30	462,00
Albañil	2	costo por total de albañiles y m3	140,00	6,60	924,00
Ayudante	5	costo por total de ayudantes y m3	140,00	12,50	1750,00
SUBTOTAL B:					3136,00
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Hormigón 210 kg/cm2		m3	50,00	78,50	3925,00
varilla corrugada de 8mm		qq	30,00	54,86	1645,80
varilla corrugada de 12mm		qq	7,00	54,86	384,02
Hormigón 240 kg/cm2		m3	140,00	82,00	11480,00
SUBTOTAL C:					17434,82
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
SUBTOTAL D:					0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		20570,82
			C. INDIRECTO 15%		3085,62
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		23656,44

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.6: APU de Construcción de piso

- En la tabla 3.7 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Pórticos de 11,90 m

FORMULARIO N° 9					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Pórticos de 11,90 m			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	966,610	753,96
SUBTOTAL A:					753,96
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	966,61	0,92	889,28
SUBTOTAL B:					889,28
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 200*50*3	kg		554,74	1,38	765,54
Angulo 40*40*4	kg		411,87	1,50	616,94
SUBTOTAL C:					1382,48
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			3025,72
		C. INDIRECTO 15%			453,86
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3479,58

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.7: APU de Pórticos de 11,90 m

- En la tabla 3.8 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Pórticos de 9,90 m

FORMULARIO N° 10					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Pórticos de 9,90 m			ITEM UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	4352,381	3394,86
SUBTOTAL A:					3394,86
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	4352,38	0,92	4004,19
SUBTOTAL B:					4004,19
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 200*50*3		kg	2500,50	1,38	3450,69
Angulo 40*40*4		kg	1851,88	1,50	2773,93
SUBTOTAL C:					6224,62
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			13623,67
		C. INDIRECTO 15%			2043,55
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			15667,22

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.8: APU de Pórticos de 9,90 m

- En la tabla 3.9 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Pórticos de 8,15m

FORMULARIO N° 11					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Pórticos de 8,15m			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	789,047	615,46
SUBTOTAL A:					615,46
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	789,05	0,92	725,92
SUBTOTAL B:					725,92
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 200*50*3		kg	452,29	1,38	624,16
Angulo 40*40*4		kg	336,15	1,50	503,51
SUBTOTAL C:					1127,67
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		2469,05
			C. INDIRECTO 15%		370,36
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		2839,41

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.9: APU de Pórticos de 8,15m

- En la tabla 3.10 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Correas

FORMULARIO N° 12					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Correas			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	3478,529	2713,25
SUBTOTAL A:					2713,25
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	3478,53	0,92	3200,25
SUBTOTAL B:					3200,25
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil G 150*50*3		kg	3478,53	1,34	4661,23
SUBTOTAL C:					4661,23
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		10574,73
			C. INDIRECTO 15%		1586,21
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		12160,94

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.10: APU de Correas

- En la tabla 3.11 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Placas de Columnas

FORMULARIO N° 13					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Placas de Columnas			ITEM UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	2818,179	2198,18
SUBTOTAL A:					2198,18
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	2818,18	0,92	2592,72
SUBTOTAL B:					2592,72
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Planchas 1,22 m* 2,44m *3mm	kg		2818,18	1,19	3353,63
SUBTOTAL C:					3353,63
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		8144,54
			C. INDIRECTO 15%		1221,68
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		9366,22

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.11: APU de Placas de Columnas

- En la tabla 3.12 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Vigas de 300

FORMULARIO N° 14					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Vigas de 300			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	553,488	431,72
SUBTOTAL A:					431,72
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	553,49	0,92	509,21
SUBTOTAL B:					509,21
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 150*50*3	kg		434,69	1,38	599,87
Angulo 25*25*2	kg		118,80	1,18	139,85
SUBTOTAL C:					739,72
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		1680,65
			C. INDIRECTO 15%		252,10
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		1932,74

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.12: APU de Vigas de 300

- En la tabla 3.13 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Vigas de 400

FORMULARIO N° 15					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Vigas de 400			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	327,191	255,21
SUBTOTAL A:					255,21
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	327,19	0,92	301,02
SUBTOTAL B:					301,02
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 150*50*3	kg		244,51	1,38	337,43
Angulo 25*25*2	kg		82,68	1,18	97,33
SUBTOTAL C:					434,75
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		990,98
			C. INDIRECTO 15%		148,65
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		1139,63

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.13: APU de Vigas de 400

- En la tabla 3.14 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Columna Posterior

FORMULARIO N° 16					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Columna Posterior			UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	148,060	115,49
SUBTOTAL A:					115,49
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	148,06	0,92	136,22
SUBTOTAL B:					136,22
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 200*50*3	kg		103,10	1,38	142,27
Angulo 30*30*3	kg		44,96	1,50	67,54
SUBTOTAL C:					209,82
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			461,52
		C. INDIRECTO 15%			69,23
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			530,75

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.14: APU de Columna Posterior

- En la tabla 3.15 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Columnas delanteras

FORMULARIO N° 17					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Columnas delanteras			ITEM UNIDAD : Kg		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
equipo e implementos		valor por Kg	0,78	348,915	272,15
SUBTOTAL A:					272,15
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Soldador, ayudante, y demás para construcción		valor por kg	348,91	0,92	321,00
SUBTOTAL B:					321,00
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil C 200*50*3	kg		244,43	1,38	337,31
Angulo 30*30*3	kg		104,49	1,50	156,99
SUBTOTAL C:					494,30
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		1087,46
			C. INDIRECTO 15%		163,12
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		1250,57

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.15: APU de Columnas delanteras

- En la tabla 3.16 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Pintura de la estructura.

FORMULARIO N° 19					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Pintura			UNIDAD : m2		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Equipo compresor, y demás necesarios		valor por m2	5,60	145,500	814,80
SUBTOTAL A:					814,80
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
pintor, ayudantes		valor por m2	145,50	2,05	298,28
SUBTOTAL B:					298,28
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Pintura, desoxidante, y demás materiales	m2		145,50	3,72	541,26
SUBTOTAL C:					541,26
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				SUBTOTAL D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			1654,34
		C. INDIRECTO 15%			248,15
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1902,49

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.16: APU de Pintura

- En la tabla 3.17 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Mampostería de bloque 20 cm

FORMULARIO N° 20					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		99
Mampostería de bloque 20 cm			UNIDAD :		m2
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Concretera, y demás herramientas requeridas		valor por m2	0,41	485,730	199,15
Subtotal A:					199,15
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
albañil y ayudantes		valor por m2	485,73	4,27	2074,07
Subtotal B:					2074,07
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Bloques, cemento y demás requeridos	m2		485,73	7,62	3701,26
Subtotal C:					3701,26
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		5974,48
			C. INDIRECTO 15%		896,17
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		6870,65

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.17: APU de Mampostería de bloque 20 cm

- En la tabla 3.18 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Enlucido Vertical

FORMULARIO N° 21					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Enlucido Vertical			ITEM UNIDAD :		108 m2
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Mescladora, andamios, herramientas requeridas		valor por m2	0,50	971,47	485,74
Subtotal A:					485,74
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
albañil y ayudantes		valor por m2	971,47	5,02	4876,78
Subtotal B:					4876,78
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Bloques, cemento y demás requeridos	m2		971,47	1,54	1496,06
Subtotal C:					1496,06
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		6858,58
			C. INDIRECTO 15%		1028,79
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		7887,36

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.18: APU de Enlucido Vertical

- En la tabla 3.19 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Construcción mesanina.

FORMULARIO N° 25					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Construcción mesanine			ITEM UNIDAD : m2		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
Mezcladora, andamios, herramientas requeridas		valor por m2	9,50	139,05	1320,98
Subtotal A:					1320,98
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
albañil, electricista y demás requeridos		valor por m2	139,05	35,40	4922,37
Subtotal B:					4922,37
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Hormigón 210 kg/cm2	m3		27,81	78,50	2183,09
varilla corrugada de 8mm	qq		39,00	54,86	2139,54
varilla corrugada de 12mm	qq		14,00	54,86	768,04
Baldosa	m2		160,00	14,04	2246,40
cemento	qq		7,35	160,00	1176,00
Arena y demás materiales	m2		12,20	123,50	1506,70
Subtotal C:					10019,77
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		16263,11
			C. INDIRECTO 15%		2439,47
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		18702,58

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.19: APU de Construcción mesanina

- En la tabla 3.20 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tomacorriente dobles

FORMULARIO N° 26					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Tomacorriente dobles			ITEM UNIDAD :		238 pto.
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multímetro, destornilladores, y demás requerido		valor por pto.	0,66	12,00	7,92
Subtotal A:					7,92
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por pto.	12,00	13,24	158,88
Subtotal B:					158,88
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
tomacorrientes dobles, cable, taípe, y demás requeridos	valor por pto.		12,00	12,40	148,80
Subtotal C:					148,80
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		315,60
			C. INDIRECTO 15%		47,34
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		362,94

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.20: APU de Tomacorriente dobles

- En la tabla 3.21 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tablero eléctrico

FORMULARIO N° 27					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Tablero eléctrico			ITEM 227 UNIDAD : unidad		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multimetro, destornilladores, y demás requerido		valor por unidad	0,80	2,00	1,60
Subtotal A:					1,60
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por unidad	2,00	16,09	32,18
Subtotal B:					32,18
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Tablero eléctrico, y demás materiales	valor por unidad		2,00	58,49	116,98
Subtotal C:					116,98
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			150,76
		C. INDIRECTO 15%			22,61
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			173,37

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.21: APU de Tablero eléctrico

- En la tabla 3.22 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Toma telefónica

FORMULARIO N° 28					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		234
Toma telefónica			UNIDAD :		pto.
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multímetro, destornilladores, y demás requerido		valor por pto.	0,53	8,00	4,24
Subtotal A:					4,24
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por pto.	8,00	10,67	85,36
Subtotal B:					85,36
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
tomacorrientes dobles, cable, taípe, y demás requeridos	valor por pto.		8,00	6,90	55,20
Subtotal C:					55,20
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			144,80
		C. INDIRECTO 15%			21,72
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			166,52

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.22: APU de Toma telefónica

- En la tabla 3.23 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Interruptor simple

FORMULARIO N° 29					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Interruptor simple			ITEM 240 UNIDAD : unidad		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multímetro, destornilladores, y demás requerido		valor por unidad	0,25	28,00	7,00
Subtotal A:					7,00
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por unidad	28,00	13,24	370,72
Subtotal B:					370,72
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
tomacorrientes simples, cable, taípe, y demás requeridos	valor por unidad.		28,00	14,09	394,52
Subtotal C:					394,52
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			772,24
		C. INDIRECTO 15%			115,84
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			888,08

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.23: APU de Interruptor simple

- En la tabla 3.24 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tomacorrientes especial 220v /12 v

FORMULARIO N° 30					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Tomacorrientes especial 220v /12 v			ITEM UNIDAD :		235 pto.
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multimetro, destornilladores, y demás requerido		valor por pto.	0,71	17,00	12,07
Subtotal A:					12,07
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por pto.	17,00	14,17	240,89
Subtotal B:					240,89
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
tomacorrientes especial, cable, taípe, y demás requeridos	valor por pto.		17,00	17,05	289,85
Subtotal C:					289,85
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			542,81
		C. INDIRECTO 15%			81,42
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			624,23

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.24: APU de Tomacorrientes especial 220v /12 v

- En la tabla 3.25 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Punto de iluminación

FORMULARIO N° 31					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Punto de iluminación			ITEM UNIDAD :		233 pto.
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multímetro, destornilladores, y demás requerido		valor por pto.	0,66	41,00	27,06
Subtotal A:					27,06
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por pto.	41,00	13,24	542,84
Subtotal B:					542,84
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
interruptor, cable, taípe, y demás requeridos	valor por pto.		41,00	12,89	528,49
Subtotal C:					528,49
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			1098,39
		C. INDIRECTO 15%			164,76
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1263,15

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.25: APU de Punto de iluminación

- En la tabla 3.26 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Sensor de movimiento

FORMULARIO N° 32					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Sensor de movimiento			ITEM UNIDAD : pto.		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
multímetro, destornilladores, y demás requerido		valor por pto.	0,71	2,00	1,42
Subtotal A:					1,42
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Electricista		valor por pto.	2,00	10,75	21,50
Subtotal B:					21,50
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
sensor, cable, taípe, y demás requeridos	valor por pto.		2,00	12,84	25,68
Subtotal C:					25,68
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		48,60
			C. INDIRECTO 15%		7,29
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		55,89

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.26: APU de Sensor de movimiento

- En la tabla 3.27 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tubería pvc Ø 3 "

FORMULARIO N° 33					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Tubería pvc Ø 3 "			ITEM UNIDAD :		216 m
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
martillo, cincel y demás implementos		valor por m	0,07	132,30	9,26
Subtotal A:					9,26
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
plomero y ayudante		valor por m	132,30	1,30	171,99
Subtotal B:					171,99
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Tubería, codos, pegamento y demás requeridos		valor por m	132,30	3,21	424,68
Subtotal C:					424,68
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		605,93
			C. INDIRECTO 15%		90,89
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		696,82

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.27: APU de Tubería pvc Ø 3"

- En la tabla 3.28 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tubería pvc Ø 4 "

FORMULARIO N° 34					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Tubería pvc Ø 4 "			ITEM UNIDAD :		217 m
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
martillo, cincel y demás implementos		valor por m	0,05	93,50	4,68
Subtotal A:					4,68
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
plomero y ayudante		valor por m	93,50	1,03	96,31
Subtotal B:					96,31
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Tubería, codos, pegamento y demás requeridos	valor por m		93,50	6,81	636,74
Subtotal C:					636,74
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			737,72
		C. INDIRECTO 15%			110,66
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			848,37

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.28: APU de Tubería pvc Ø 4"

- En la tabla 3.29 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tubería pvc Ø 6"

FORMULARIO N° 35					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		219
Tubería pvc Ø 6 "			UNIDAD :		m
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
martillo, cincel y demás implementos		valor por m	0,05	43,17	2,16
Subtotal A:					2,16
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
plomero y ayudante		valor por m	43,17	1,03	44,47
Subtotal B:					44,47
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Tubería, codos, pegamento y demás requeridos	valor por m		43,17	14,31	617,76
Subtotal C:					617,76
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			664,39
		C. INDIRECTO 15%			99,66
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			764,04

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.29: APU de Tubería pvc Ø 6"

- En la tabla 3.30 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Tubería de agua de 1/2 "

FORMULARIO N° 36					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		183
Tubería de agua de 1/2 "			UNIDAD :		m
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
martillo, cincel y demás implementos		valor por m	0,13	65,75	8,55
Subtotal A:					8,55
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
plomero y ayudante		valor por m	65,75	2,57	168,98
Subtotal B:					168,98
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Tubería, codos, teflón y demás requeridos	valor por m		65,75	3,97	261,03
Subtotal C:					261,03
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		438,55
			C. INDIRECTO 15%		65,78
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		504,34

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.30: APU de Tubería de agua de 1/2"

- En la tabla 3.31 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Caja de revisión

FORMULARIO N° 37					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		105
Caja de revisión			UNIDAD :		unidad
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
palas, picos, y demás requeridos		valor por unidad	1,11	8,00	8,88
Subtotal A:					8,88
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Albañil		valor por unidad	8,00	20,65	165,20
Subtotal B:					165,20
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
cemento, arena y demás requeridos	valor por unidad		8,00	10,75	86,00
Subtotal C:					86,00
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			260,08
		C. INDIRECTO 15%			39,01
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			299,09

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.31: APU de Caja de revisión

- En la tabla 3.32 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Sumidero de piso

FORMULARIO N° 38					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO: Sumidero de piso			ITEM UNIDAD :		224 unidad
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
herramienta manual		valor por unidad	0,13	2,00	0,26
Subtotal A:					0,26
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Albañil		valor por unidad	2,00	2,57	5,14
Subtotal B:					5,14
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Rejilla y demás requeridos	valor por unidad		2,00	4,76	9,52
Subtotal C:					9,52
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			14,92
		C. INDIRECTO 15%			2,24
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			17,16

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.32: APU de Sumidero de piso

- En la tabla 3.33 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Válvula check

FORMULARIO N° 39					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		189
Válvula check			UNIDAD :		unidad
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
herramienta manual		valor por unidad	0,10	1,00	0,10
Subtotal A:					0,10
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Albañil		valor por unidad	1,00	2,05	2,05
Subtotal B:					2,05
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
válvula check, teflón y demás requeridos		valor por unidad	1,00	14,51	14,51
Subtotal C:					14,51
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		16,66
			C. INDIRECTO 15%		2,50
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		19,16

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.33: APU de Válvula check

- En la tabla 3.34 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Llave de paso

FORMULARIO N° 40					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		190
Llave de paso			UNIDAD :		unidad
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
herramienta manual		valor por unidad	0,08	1,00	0,08
Subtotal A:					0,08
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Albañil		valor por unidad	1,00	1,54	1,54
Subtotal B:					1,54
C.- Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Llave de paso, teflón y demás requeridos		valor por unidad	1,00	7,09	7,09
Subtotal C:					7,09
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
				Subtotal D:	0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO		8,71
			C. INDIRECTO 15%		1,31
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		10,02

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.34: APU de Llave de paso

- En la tabla 3.35 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Ducha cromada incluye llave y accesorios

Formulario No. 43					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		
Ducha cromada incluye llave y accesorios			206		
UNIDAD :			unidad		
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
herramienta manual		valor por unidad	0,51	2,00	1,02
SUBTOTAL A:					1,02
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
Plomero		valor por unidad	2,00	10,28	20,56
SUBTOTAL B:					20,56
C.- Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
Ducha ,teflón , llave de paso y demás requeridos	valor por unidad	2,00	138,64	277,28	
SUBTOTAL C:					277,28
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/km	Tarifa	Costo
SUBTOTAL D:					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					298,86
C. INDIRECTO 15%					44,83
COSTO TOTAL DEL RUBRO					343,69

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.35: APU de Ducha cromada incluye llave y accesorios

- En la tabla 3.36 se muestra el Análisis de Precio Unitario de Canal de agua Lluvia

FORMULARIO N° 44					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			ITEM		216
Canal de agua Lluvia			UNIDAD :		m
A.- Equipo					
Descripción	Cant. Eq.	Detalle	Costo U.	Cantidad	Costo
martillo, cincel y demás implementos		valor por m	0,07	68	4,76
equipo e implementos para refuerzos con platina		valor por Kg	0,78	85,92	67,02
Subtotal A:					71,78
B.- Mano de obra					
Descripción	Cant. Op.	Detalle	Cantidad	Mano Obra	Costo
plomero y ayudante		valor por m	68	1,30	88,40
Soldador, ayudante, y demás montaje platinas		valor por kg	85,92	0,92	79,05
Subtotal B:					167,45
C.- Materiales					
Descripción	Unidad		Cantidad	P. Unitario	Costo
Platina de 38 x4	kg		85,92	1,50	128,88
Kubimil 0,4mm (incluye barolado y montaje)	m2		69,44	9,37	650,65
Knalum K7 (incluye montaje)	m		34,04	10,53	358,44
Subtotal C:					1137,97
D.- Transporte y maquinaria					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/k m	Tarifa	Costo
Subtotal D:					0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			1377,20
		C. INDIRECTO 15%			206,58
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			1583,78

Fuente: Boletín Técnico/Cámara de la Construcción de Quito

Tabla 3.36: APU de Canal de agua Lluvia

3.2.2 Análisis de costos generales:

En la tabla 3.37 se muestra todos los rubros del proyecto, con su respectivo costo, y el total del costo del proyecto.

PRESUPUESTO TOAL DEL PROYECTO					
No. Formulario	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	PRELIMINARES				
1	Desalojo a maquina	m3	745,00	2,69	2004,05
2	Replanteo y nivelación	m2	995,00	1,49	1482,55
				TOTAL 1	3486,60
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
3	Desalojo de material sobrante	m3	40,00	2,69	107,60
4	Excavación manual en plintos y cimientos	m3	14,70	61,13	898,54
5	Relleno manual compactado con material del sitio	m3	14,70	6,12	89,96
				TOTAL 2	1096,10
	HORMIGÓN ARMADO				
6	Acero de refuerzo en varillas corrugadas 10mm	qq	28,00	54,86	1536,08
7	Malla electrosoldada M 410	m2	21,60	39,79	859,46
8	Construcción de piso	m3	140,00	146,93	20570,83
				TOTAL 3	22966,37

Fuente: Los Autores

Tabla 3.37: Presupuesto Total

No. Formulario	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	ESTRUCTURA METÁLICA FABRICACIÓN				
9	Pórticos de 11,90 m	kg	966,61	3,13	3025,49
10	Pórticos de 9,90 m	kg	4352,38	3,13	13622,95
11	Pórticos de 8,15m	kg	789,05	3,13	2469,72
12	Correas	kg	3478,53	3,04	10574,73
13	Placas de Columnas	kg	2818,18	2,89	8144,54
14	Vigas de 300	kg	553,49	3,04	1680,65
15	Vigas de 400	kg	327,19	3,03	990,98
16	Columna Posterior	kg	148,05	3,12	461,52
17	Columnas delanteras	kg	348,91	3,12	1087,46
18	Cubierta (Kubimil de 0,4mm incluye montaje)	m2	704,31	9,37	6599,38
19	Pintura	m2	145,50	11,37	1654,34
				TOTAL 4	50311,75
	MAMPOSTERÍAS				
20	Mampostería de bloque 20 cm	m2	485,73	12,30	5974,48
	ENLUCIDOS				
21	Enlucido Vertical	m2	971,47	7,06	6858,58
	METAL-MECÁNICA				
22	Ventana de aluminio y vidrio 4mm corrediza	m2	47,00	78,81	3704,07
23	Puertas metálicas	m2	5,44	85,58	465,56
24	Puerta lanford	m2	30,00	90,00	2700,00
				TOTAL 7	6869,63
	MESANINE				
25	Construcción total	m2	139,05	116,96	16263,11

Fuente: Los Autores

Tabla 3.37: Presupuesto Total

No. Formulario	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
26	Tomacorrientes dobles	pto	12,00	26,30	315,60
27	Tablero eléctrico	u	2,00	75,38	150,76
28	Toma telefónica	pto	8,00	18,10	144,80
29	Interruptor simple	u	28,00	27,58	772,24
30	Tomacorrientes especial 220v /12 v	u	17,00	31,93	542,81
31	Punto de iluminación	pto	41,00	26,79	1098,39
32	Sensor de movimiento	u	2,00	24,30	48,60
				TOTAL 9	3073,20
	INSTALACIONES SANITARIAS				
33	Tubería pvc Ø 3 "	m	132,30	4,58	605,93
34	Tubería pvc Ø 4 "	m	93,50	7,89	737,72
35	Tubería pvc Ø 6 "	m	43,17	15,39	664,39
36	Tubería de agua de 1/2 "	m	65,75	6,67	438,55
37	Caja de revisión	u	8,00	32,51	260,08
38	Sumidero de piso	u	2,00	7,46	14,92
39	Válvula check	u	1,00	16,66	16,66
40	Llave de paso	u	1,00	8,71	8,71
41	Medidor de agua	u	1,00	54,00	54,00
42	Sanitarios	u	4,00	84,67	338,68
43	Ducha cromada incluye llave y accesorios	u	2,00	149,93	299,86
44	Canal de agua lluvia	m	34,04	38,75	1319,05
				TOTAL10	4758,55
	TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				121658,36
	COSTO INDIRECTOS DEL 15%				18248,75
	VALOR TOTAL DEL PROYECTO				139907,12

Fuente: Los Autores

Tabla 3.37: Presupuesto Total

CONCLUSIONES:

1. El proyecto en lo referente a su costo se encuentra en un valor aceptable dentro del presupuesto estimado para el mismo, por tal motivo el proyecto es realizable.
2. Una nave industrial de este tipo, presenta una ventaja que es el cubrir un gran claro o luz, sin el requerimiento de columnas internas logrando así, un espacio libre interior para la realización de cualquier tipo de trabajo.
3. En la distribución de la nave industrial de MVV, uno de los factores primordiales que se tomó en cuenta fue la correcta ubicación de las máquinas, respetando el espacio requerido para que cada operario pueda sentirse cómodo en su lugar de trabajo y desempeñar correctamente su labor.
4. En el proceso de ubicación de las máquinas en base a normas establecidas, se determinó que distribución correcta es aquella que aprovecha al máximo área disponible.
5. En el proceso de diseño con la ayuda del software y el método de cálculo, se determinó que el método LRFD, es el más adecuado porque hace más liviana la estructura sin disminuir su desempeño requerido.
6. El factor económico es muy importante en la construcción de éste tipo de proyectos, puesto que un buen proyecto es aquel que puede cumplir con todos los requerimientos de uso, seguridad, de forma óptima y a bajo costo, es ahí donde el ingenio del diseñador se pone a prueba para conseguirlo, y la experiencia que se adquiera junto con el conocimiento es lo que en verdad nos hará ser competitivos y eficientes.
7. Las normas que existen para cada tipo de proyecto, son herramientas útiles y guías en aquello que desconocemos, dándonos esa seguridad en la toma de una decisión.
8. En el proyecto se pudo observar cómo se unían para un mismo fin diferentes especialidades, incluida la nuestra, y en la que muchos de los principios e incluso razonamientos eran similares, lo cual aseguraba la realización del proyecto, así como también se pudo aprovechar de las diferencias de criterio fundamentadas como un aporte hacia nuevos conocimientos que ayudaran a nuestro crecimiento profesional.

9. El comparar con modelos similares y las experiencias de otros profesionales, para desarrollar el pre diseño, son la mejor herramienta para poder iniciar el proceso de interacciones con el fin de conseguir el modelo definitivo de una forma más eficiente.
10. Una vez finalizado el diseño, se pudo confirmar que el segmento más crítico era la parte superior de la estructura, y siempre en el pórtico central ya que éste debe soportar mayor carga.

RECOMENDACIONES:

1. Para todo diseño se debe establecer y determinar los requerimientos tanto del contratista como los parámetros a los que va estar sometido el diseño, tales como cargas de viento, sismo, los cuáles son diferentes en cada zona.
2. Cada vez existen nuevas herramientas que ayudarán al desempeño de actividades como ingenieros, por ello debe existir siempre un proceso de actualización para ser competitivos, tal es el caso del programa SAP 2000, Pro Excel entre otros.
3. Cuando un pre diseño falla, una de las formas para encontrar la solución y la más idónea es comprender por qué se produce ese error para encontrar así la solución correcta.
4. Cuando se realiza un diseño, uno de los factores que también se debe tener en cuenta, son los requerimientos de los proveedores, tal es el caso de Kubiec quien nos proporcionó las especificaciones requeridas para el montaje correcto de la cubierta y así garantizar el desempeño óptimo de la misma.
5. Durante el proceso de construcción se debe manejar muy bien los tiempos con una planificación correcta para que todos puedan cumplir con su labor sin que existan problemas de organización que perjudiquen el proyecto final en calidad y tiempo de duración.

Bibliografía de Textos:

- Brotons Pascual, Construcción de Estructuras Hormigón Armado, España, editorial ECU, quinta edición, 2009.
- Budynas Richard y Nisbett J. Keith, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, México D.F, editorial Mc Graw Hill, octava edición, 2008.
- Dr. Ing. María Graciela Fratelli, *Diseño de estructuras metálicas “Estados límites LFRD”*, primera edición, 2005.
- Hibbeler R. C., *Mecánica de Materiales*, México D.F, Interamericana editores, tercera edición, 1998.
- James Ambrose, *Análisis y Diseño estructural*, México D.F, editorial Limusa S.A de C.V; segunda edición, 2005
- James M. Gere, *Mecánica de Materiales*, editorial THOMSON, cuarta edición, 1995.
- Juvinall Robert C.; *Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica*; México, Limusa Noriega Editores, Quinta Reimpresión, 2002
- McCormac Jack C, *Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD*, México D.F, editorial Alfaomega, Segunda edición , 2002.
- Meli Piralla, *Diseño Estructural*, México D. F, Limusa Noriega Editores, segunda edición, 2004.

Bibliografía de Normas y manuales:

- INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2001
- NEC, Norma ecuatoriana de la construcción 2011
- Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo - decreto ejecutivo 2393 registro oficial 565
- Steel Construction Manual (AISC)

Páginas web:

- <http://webs.demasiado.com/forjados/normativa/EHE/Capitulo13/Art65.htm#66.1>
- <http://webs.demasiado.com/forjados/normativa/EHE/Capitulo13/Art65.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/73934427/Libro-de-Hormigon-Marcelo-Romo>
- <http://es.scribd.com/doc/123601375/Manual-SAP2000-v-15>
- <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon08-a.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/53349105/perfiles>.
- <http://centraltrust.net/ivanbohman/productopdf/ACEROS ESPECIALES-WEB.pdf>
- <http://www.kubiec.com/>
- <http://www.novacero.com/client/welcome.php>
- <http://www.dipacmanta.com/inicio.php>

ANEXOS

A 1. PLANOS

A1.1 Vista superior “Nave Industrial” y ubicación en el terreno

A1.2 Niveles de la Estructura

A1.3 Plano Eléctrico

A1.4 Plano Sanitarios y Agua Potable

A1.5 Ubicación de Maquinaria y Espacios

A1.6 Señalización y rutas de Evacuación

A1.7 Plano Estructura Metálica

A2. MANTENIMIENTO

Mantenimiento

Los procesos de corrosión del acero se ven potenciados si se producen en zonas de difícil acceso o de acumulación de agua o de otras materias.

En las zonas de codos, o cambios de orientación de conducciones de agua que se sitúen en proximidades de algún pilar o viga de acero, se dispondrá un elemento aislante entre el elemento de acero y la tubería. Se dispondrán, asimismo, las caídas y pendientes de tal forma que en caso de una eventual fuga o rotura de la conducción, el agua sea conducida alejándose de la estructura de acero.

Se deberá intentar que no existan zonas inaccesibles o de difícil acceso con vistas a ser repintadas adecuadamente. Así, es conveniente dejar en la estructura ganchos, pasadores u otros elementos de fijación que permitan la instalación de andamios u otros medios de acceso para poder acometer operaciones de mantenimiento durante el servicio de la obra.

Es conveniente que todas las superficies de la estructura que dispongan de algún tratamiento de protección anticorrosión sean visibles y que sean accesibles con unos medios que tengan suficiente seguridad. Además, deberá existir el espacio adecuado para que el operario pueda trabajar en condiciones de seguridad suficientes.

Plan de inspección y mantenimiento

Para estructuras es obligatorio incluir en el proyecto un “plan de inspección y mantenimiento” que defina las labores a llevar a cabo sobre la parte de acero de las estructuras tendentes a mantener su capacidad estructural y funcional en niveles razonables a lo largo de su vida útil.

El plan de inspección y mantenimiento deberá contener la definición precisa de, al menos, los siguientes elementos u operaciones relativas a la conservación:

- Descripción de la estructura.
- Estimación de la vida útil de cada elemento estructural.
- Descripción de los puntos críticos más característicos de cada elemento.
- Periodicidad de las inspecciones recomendadas.
- Criterios de inspección.

- Medios auxiliares necesarios para el acceso a las diferentes zonas de la estructura.
- Definición del tratamiento de protección propuesto para superficies inaccesibles.
- Definición de la pintura de protección propuesta para superficies expuestas.
- Calendario de repintado de la estructura.

Toda obra debe ser inspeccionada en tres etapas diferentes:

- Durante la ejecución (fase de control de calidad).
- Al finalizar la obra, antes de su puesta en servicio.
- Posteriormente, a lo largo de su vida útil.

En lo que respecta al mantenimiento, es un hecho constatado que algunos problemas surgidos durante la fase de servicio tienen su origen en fallos de diseño o en incidencias surgidas durante la construcción. Es, por ello, fundamental que dichas circunstancias queden recogidas en un documento que sirva de base para actuaciones posteriores.

Condiciones para facilitar la inspección y el mantenimiento

En la medida de lo posible, se deberá prever el acceso a todos los elementos de la estructura, así como a los apoyos, juntas y elementos de drenaje, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio. Por ello, y dado que la inclusión en servicio de sistemas de acceso para el mantenimiento no previstos inicialmente es una tarea difícil, el proyecto deberá establecer los sistemas de acceso necesarios, que pueden incluir pasarelas fijas, plataformas motorizadas u otros medios auxiliares.

El criterio fundamental de accesibilidad es que todas las superficies de la estructura que han de ser inspeccionadas y mantenidas deben ser visibles y deben encontrarse alcance del operario de mantenimiento mediante un método seguro. El operario debe poder desplazarse por todas las partes de la estructura a mantener y debe tener el espacio adecuado para trabajar en ellas.

Debe prestarse una atención especial a la accesibilidad a áreas cerradas de la estructura, como cajones metálicos. Las aberturas de acceso deben tener un tamaño suficiente para permitir un acceso seguro, tanto para los operarios como para los equipos de

mantenimiento. Se recomiendan dimensiones mínimas de 500x700 mm (ancho x alto) en los accesos rectangulares u ovales, y de diámetro mínimo 600 mm en los accesos de forma circular. Además, deben existir orificios de ventilación adecuados al sistema de protección empleado en el mantenimiento.

Estructura:

ESTRUCTURA					
	Descripción	Vida útil años	Periodicidad inspección	Criterio de inspección	Medio de acceso
Cubierta	Laminas corrugadas utilizadas como techo	10	anual	fugas o goteras	Maniobra con seguridad en altura
Anclajes de cubierta	Tornillos autorroscantes para sujeción contra correas	2	semestral	oxidación en tornillos	Maniobra con seguridad en altura
Canalones	Sistema de recolección de aguas según áreas colaborantes	1	mensual	estado del conjunto	Maniobra con seguridad en altura
Correas	Sistema de soporte de cubiertas, perfiles tipo G	10	anual	oxidación en puntos de apoyo	Maniobra con seguridad en altura
Cerchas	Sistema principal estructural conformado por perfilera tipo G	10	anual	golpes , torceduras, oxidación	Maniobra con seguridad en altura
Riostras	Elementos estructurales secundarios	10	semestral	golpes , torceduras, oxidación	Maniobra con seguridad en altura
Columnas	Sistema de transmisión de carga hacia las placas de anclaje	10	anual	golpes , torceduras, oxidación	Inspección visual
Placas de anclaje	Sistema de transmisión de carga al suelo	10	semestral	golpes , torceduras, oxidación	Inspección visual

Pintura:

	Intervalo de Mantenimiento X semestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Pintura/Sellante										
Cubierta	Sellante	I		I		I		I		I	C
Anclajes de cubierta		I	I	I	I	I	I	I	I	I	C
Canalones	Sellante	I		I		I		I		I	C
Correas	Ignifuga	I		I		I		I		I	C
Cerchas	Ignifuga	I		I		I		I		I	C
Riostras	Ignifuga	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C
Columnas	Ignifuga	I		I		I		I		I	C
Placas de anclaje	Ignifuga	I		I		I		I		I	

I: inspección

C: cambio

A 3. TABLAS

Tabla A 3.1. Pesos Propios

MATERIAL	PESO	DENSIDAD
Concreto simple	23 kN/m3	2300 Kg/m3
Concreto reforzado	24 kN/m3	2400 Kg/m3
Mampostería de ladrillo	18 kN/m3	1800 Kg/m3
Acero	78 kN/m3	7850 Kg/m3
Madera laminada	6 kN/m3	600 Kg/m3
Madera, densa, seca	7,5 kN/m3	750 Kg/m3
Arena, grava, tierra suelta	16 kN/m3	1600 Kg/m3
Arena, grava compactada	19 kN/m3	1900 Kg/m3
Macadam	22 kN/m3	2200 Kg/m3
Mampostería de piedra	27 kN/m3	2700 Kg/m3
Mortero de pega	21 kN/m3	2100 Kg/m3
Pisos de baldosa de cemento	1,0 kN/m2	100 kgf/m2
Cielorrasos de mortero	0,8 a 1,0 kN/m2	80 a 100 kgf/m2
Entrepisos de madera	1,2 kN/m2	120 kgf/m2
Cielorrasos de madera	0,1 a 0,5 kN/m2	10 a 50 kgf/m2
Teja de barro con mortero	0,75 kN/m2	75 kgf/m2
Placa ondulada a-c	0,18 kN/m2	18 kgf/m2

Fuente: s/a, Análisis Estructural, http://miestructura.com/files/Análisis_Estructural.pdf

Tabla A 3.2 Cargas Vivas mínimas para cubierta en Kg/m²

INCLINACIÓN DE CUBIERTA	ÁREA TRIBUTARIA DE CARGA EN METROS CUADRADOS PARA CUALQUIER ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	0 a 20	21 a 60	Sobre 60
Plana o con pendiente menor que 1:3 Arco o bóveda con flecha menor a 1/8 de luz.	100	80	60
Pendiente de 1:3 a menos de 1:1 Arco o bóveda con flecha de 1/8 de luz a menos de 3/8 de luz	80	70	60
Pendiente de 1:1 y mayor Arco o bóveda con flecha de 3/8 de luz o mayor	60	60	60
Marquesinas, excepto cubiertas con tela	25	25	25
Invernaderos y edificios agrícolas	50	50	50

Fuente: INEN, CEC, Código Ecuatoriano de la construcción, 2002 parte 1, pág. 5

Tabla A 3.3 Valores de S y Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5
(*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle			

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, Parte 1, pág. 26

Tabla A 3.4 . Valores de Z en función de la zona sísmica

Zona Sísmica	I	II	III	IV
Valor Factor Z	0,15	0,25	0,30	0,40

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2001, Parte 1, pág. 14.

Tabla A 3.5 Factores de resistencia

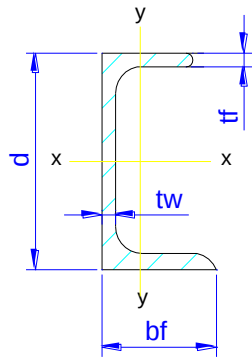
Factores de resistencia o Ø	Situaciones
1.00	Aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores, fluencia del alma bajo cargas concentradas, cortante en tornillos en juntas tipo fricción.
0.90	Vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldadura con esfuerzos paralelos al eje de la soldadura, soldaduras de ranura en metal base, fluencia de la sección total de miembros a tensión.
0.85	Columnas, aplastamiento del alma, distancias al borde y capacidad de aplastamiento en agujeros.
0.80	Cortante en el área efectiva de soldaduras de ranura con penetración completa, tensión normal al área efectiva de soldaduras de ranura con penetración parcial.
0.75	Tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muescas, fractura en la sección neta de miembros a tensión.
0.65	Aplastamiento en tornillos (que no sean tipo A307)
0.60	Aplastamiento en cimentaciones de concreto

Fuente: McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas método LRFD, Alfaomega Grupo Editor S. A, 2ª Edición, Año 1999, pág. 57

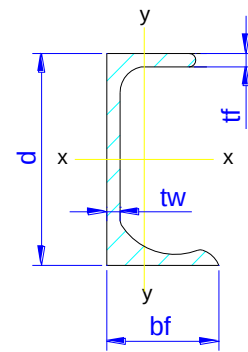
Tabla A 3.6 Tipos Perfiles

COTAS DE LOS PERFILES:		
d = altura del peralte tf =Espesor del patín bf =ancho del patín	tw = espesor del alma ID =Diámetro interior OD =Diámetro exterior	t = Espesor c = longitud del bisel
• Perfil IPN:	• Perfil IPE:	
• Perfil HEB	• Perfil HEA	
• PERFIL UPN	• PERFIL UPL	

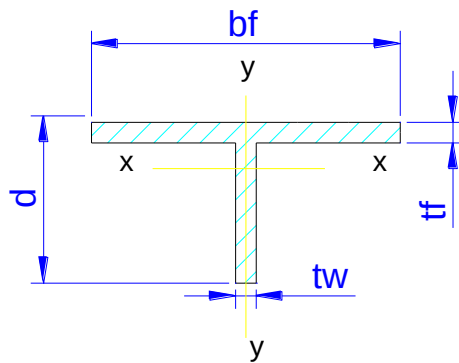
- **PERFIL UPE**



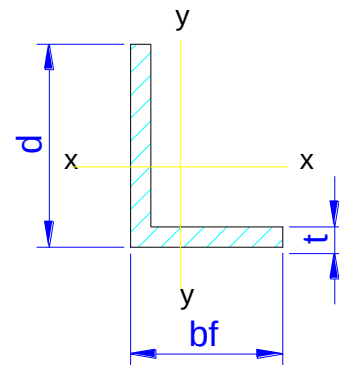
- **PERFIL UPAM**



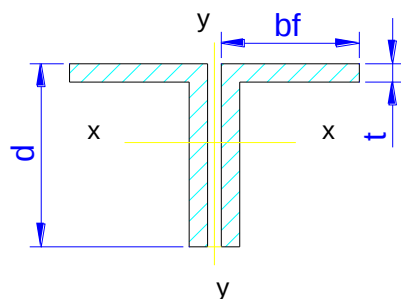
- **PERFIL T**



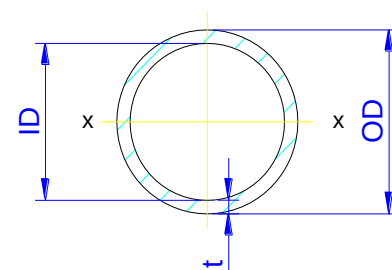
- **PERFIL ANGULO SIMPLE**

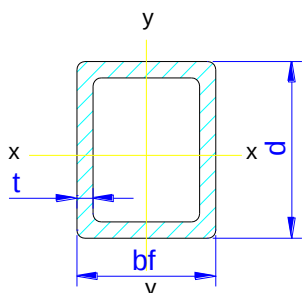
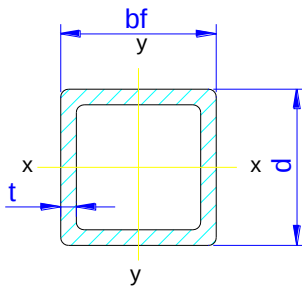
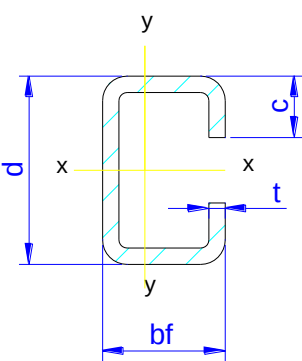
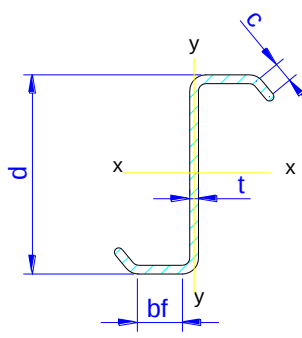


- **PERFIL DE ANGULO DOBLE**



- **PERFIL DE SECCIÓN CIRCULAR**



• PERFIL DE SECCIÓN RECTANGULAR 	• PERFIL DE SECCIÓN CUADRADA 
• PERFILES C 	• PERFILES Z 

Fuente: Manual de la AISC (American Institute Steel Construcción)

Tabla A 3.7 Factor de Importancia:

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones Esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio . Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación v otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1,0

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, Parte 1, pág. 26

Tabla A 3.8 Factor de Reducción:

Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras.*	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras.*	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío.	7
Estructura de aluminio.	7
Estructuras de madera.	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada.	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada.	3

* Cuando se utilizan diagonales, se debe verificar que los elementos en tensión cedan antes que los elementos en compresión.

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, Parte 1, pág. 31

Tabla A 3.9 Factor de configuración estructural en planta:

Tipo	DESCRIPCIÓN DE LAS IRREGULARIDADES EN PLANTA	Φ_{pi}
1	Irregularidad torsional Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de frecuencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.	0,9
2	Entrantes excesivos en las esquinas La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.	0,9
3	Discontinuidad en el sistema de piso La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.	0,9
4	Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.	0,8
5	Ejes estructurales no paralelos La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.	0,9
6	Sistema de piso flexible Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se debe revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural.	-

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, Parte 1, pág. 29

Tabla A 3.10 Factor de configuración estructural en elevación:

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda ΦE_i	Sistemas duales o con diagonales ΦE_i
1	Piso blando (irregularidad en rigidez) La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	0,9	1,0
2	Irregularidad en la distribución de las masas La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	0,9	1,0
3	Irregularidad geométrica La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	0,9	1,0
4	Desalineamiento de ejes verticales La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.	0,8	0,9
5	Piso débil-Discontinuidad en la resistencia La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).	0,8	1,0
6	Columnas cortas Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.	-	-

Fuente: INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción 2002, Parte 1, pág. 30

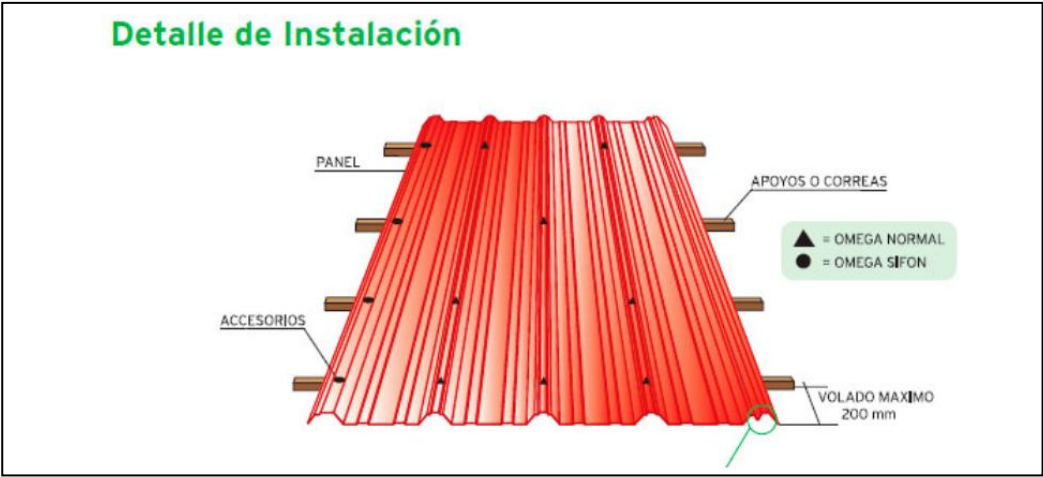
Tabla A 3.11 Cubierta:

Características Técnicas				
FICHA TECNICA KUBIMIL				
ESPESOR	PESO	ANCHO UTIL	DESARROLLO	SEPARACION ENTRE CORREAS
mm	kg/m ²	mm	mm	m
0.30	2.79	1030	1220	1.30
0.35	3.25	1030	1220	1.60
0.40	3.72	1030	1220	1.85
0.45	4.18	1030	1220	2.05
0.50	4.65	1030	1220	2.20
0.60	5.58	1030	1220	2.40

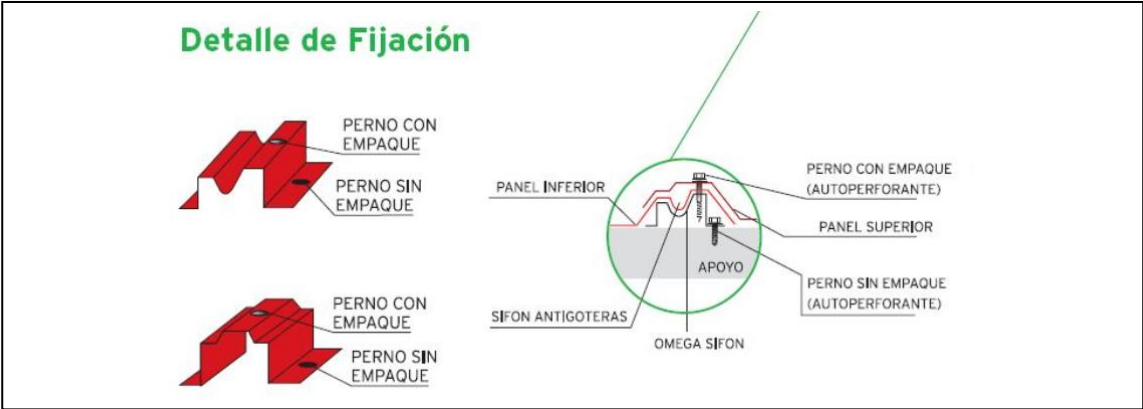
FICHA TECNICA KUBIMIL PLUS				
ESPESOR	PESO	ANCHO UTIL	DESARROLLO	SEPARACION ENTRE CORREAS
mm	kg/m ²	mm	mm	m
0.30	2.85	825	1000	1.30
0.35	3.33	825	1000	1.60
0.40	3.81	825	1000	1.85
0.45	4.28	825	1000	2.05
0.50	4.76	825	1000	2.20
0.60	5.71	825	1000	2.40

* PANEL KUBIMIL PLUS TIENE 4 CORRUGACIONES

Fuente: s/a, KUBIEC, <http://www.kubiec.com/>



Fuente: s/a, KUBIEC, <http://www.kubiec.com/>



Fuente: s/a, KUBIEC, <http://www.kubiec.com/>

Tabla A 3.12 Perfil C:

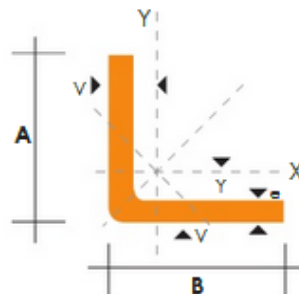
DIMENSIONES			PESOS		SECCION	TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro		EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	I	W	I	I	W	I	x
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
150	80	12	157.80	26.30	32.47	1012.95	135.06	5.59	189.27	35.31	2.41	2.64
200	50	2	27.66	4.61	5.87	316.00	31.60	7.34	11.80	2.88	1.42	0.92
200	50	3	40.98	6.83	8.70	462.00	46.20	7.29	17.10	4.23	1.40	0.96
200	50	4	54.06	9.01	11.50	600.00	60.00	7.23	22.10	5.52	1.39	1.00
200	50	5	66.60	11.10	14.20	729.00	72.90	7.17	26.70	6.75	1.37	1.05
200	50	6	80.70	13.45	16.81	850.82	85.08	7.11	31.18	7.97	1.36	1.09
200	60	5	71.46	11.91	15.18	853.31	85.33	7.50	45.29	9.72	1.73	1.34
200	60	6	86.52	14.42	18.01	963.76	96.37	7.31	53.04	11.50	1.71	1.39
200	60	8	112.80	18.80	23.50	1218.58	121.85	7.20	66.96	14.96	1.68	1.53
200	80	6	96.04	16.34	20.42	1189.65	118.96	7.63	120.77	20.61	2.43	2.14
200	80	8	128.10	21.35	26.69	1513.67	151.36	7.53	153.94	26.27	2.40	2.14
200	80	10	156.96	26.16	32.71	1303.27	180.32	7.42	183.91	31.87	2.37	2.23
200	80	12	186.96	31.16	38.47	2060.24	206.02	7.32	210.38	37.04	2.34	2.32
200	100	6	109.56	18.26	22.82	1415.55	141.55	7.87	225.25	31.19	3.14	2.78
200	100	8	143.46	23.91	29.89	1808.75	180.87	7.77	289.60	40.61	3.11	2.87
200	100	10	176.16	29.36	36.71	2164.60	216.46	7.67	348.64	49.59	3.08	2.97
200	100	12	210.30	35.05	43.28	2484.70	284.47	7.58	420.78	60.72	3.12	3.07
250	60	3	50.82	8.47	10.80	894.47	71.56	9.10	30.27	6.18	1.67	1.10
250	60	4	76.20	11.20	14.27	1166.90	93.35	9.04	39.31	8.09	1.66	1.14
250	60	5	83.22	13.87	17.68	1426.75	114.14	8.98	47.85	9.95	1.65	1.19
250	60	6	102.12	17.02	21.02	1674.23	133.94	8.92	55.89	11.72	1.63	1.23
250	60	8	133.50	22.25	27.48	2132.71	170.62	8.81	70.52	15.07	1.60	1.32
250	80	6	112.44	18.74	23.42	2030.09	162.48	9.31	128.98	21.28	2.34	1.82
250	80	8	147.30	24.55	30.69	2600.80	208.06	9.20	164.65	27.03	2.31	1.91
250	80	10	180.96	30.16	37.71	3119.15	249.53	9.67	197.30	32.88	2.28	2.00
250	80	12	216.12	36.02	44.47	3588.54	287.07	9.57	225.78	38.20	2.25	2.09
250	100	6	123.96	20.66	25.82	2388.38	191.07	9.46	241.61	32.17	3.05	2.49
250	100	8	162.66	27.11	33.89	3069.49	245.55	11.06	311.36	41.96	3.03	2.58
250	100	10	200.16	33.36	41.71	3695.48	295.64	11.00	375.84	51.27	3.00	2.67
250	100	12	239.46	39.91	49.27	4268.34	341.47	10.94	450.31	62.28	3.02	2.77
250	120	10	222.12	37.02	45.71	4271.77	341.74	10.71	629.61	73.21	3.71	3.40
250	120	12	262.74	43.79	54.07	4947.99	395.84	10.60	732.59	86.09	3.68	3.49
300	80	4	84.12	14.02	17.87	2186.18	145.75	11.20	93.35	14.50	2.29	1.56
300	80	5	104.46	17.41	22.18	2685.33	179.02	11.09	114.40	17.90	2.27	1.61
300	80	6	126.84	21.14	26.42	3165.24	211.01	11.00	134.55	21.19	2.26	1.65
300	80	8	166.50	27.75	34.69	4071.64	271.44	10.94	172.94	27.62	2.23	1.74
300	80	10	205.02	34.17	42.71	4906.43	327.09	10.83	207.65	33.60	2.20	1.82
300	80	12	245.28	40.88	50.47	5672.90	378.19	10.71	237.51	39.00	2.17	1.91
300	100	6	138.36	23.06	28.82	3683.91	245.59	10.60	254.58	32.89	2.97	2.26
300	100	8	181.86	30.31	37.89	4753.93	316.92	11.30	328.58	42.95	2.94	2.35
300	100	10	224.16	37.36	46.71	5747.76	383.18	11.20	397.3	52.55	2.91	2.44
300	100	12	268.68	44.78	55.30	6670.00	445.00	11.09	459.00	61.50	2.88	2.53
300	120	10	246.42	41.07	50.71	6589.61	439.31	10.87	667.52	75.09	3.63	3.11
300	120	12	291.90	48.65	60.07	7663.55	510.90	11.40	777.84	88.49	3.60	3.21
300	150	10	275.58	45.93	56.71	7851.11	523.41	11.19	1250.73	115.92	4.70	4.21
300	150	12	326.88	54.48	67.27	9156.55	610.44	11.77	1464.63	137.01	4.67	4.31



Fuente: Catálogo, DIPAC Productos de acero, pág. 2

Tabla A 3.13 Perfil L:

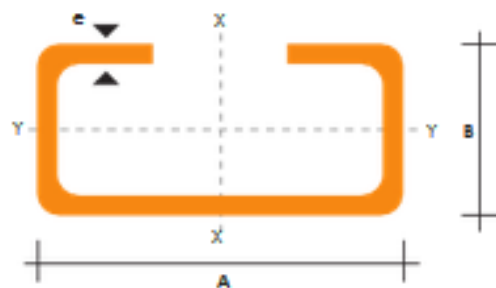
DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		= EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	2.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38



Fuente: Catálogo, DIPAC Productos de acero, pág. 6

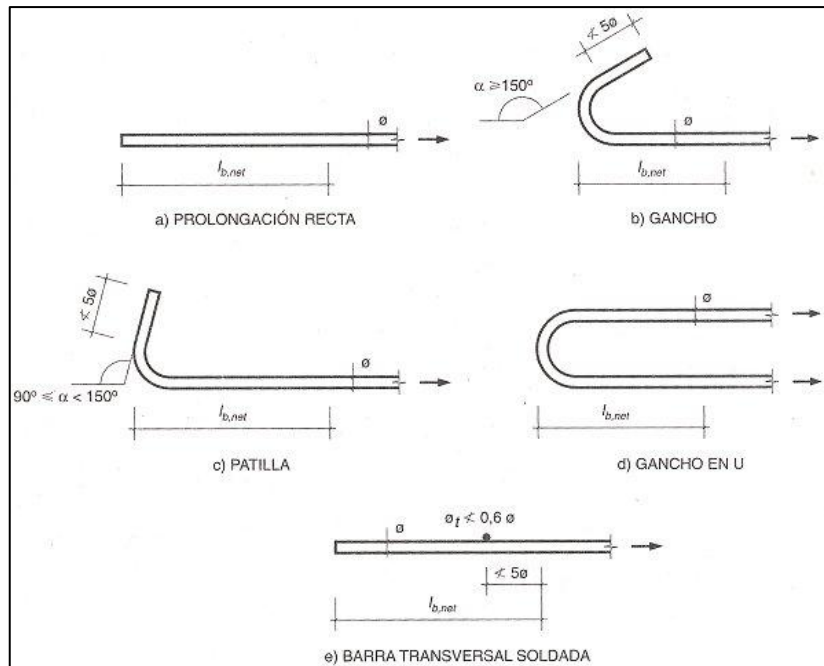
Tabla A 3.14 Perfil G:

DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.90	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56



Fuente: Catálogo, DIPAC Productos de acero, pág. 1

Tabla A 3.15 Dimensiones de pernos de anclaje



Fuente: Construcción de Estructuras “Hormigón Armado”; Pascual Urban Brotons, Editorial Club Universitario, España, quinta edición, pag. 101

Tabla A 3.16 Factor m para pernos de anclaje

Resistencia característica del Hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S	B 500 S
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

Fuente: Construcción de Estructuras “Hormigón Armado”; Pascual Urban Brotons, Editorial Club Universitario, España, quinta edición, pag. 104

Tabla A 3.17 Inventario de maquina

- **Torno (Clover) Italia**

Longitud total	5,80m	Ancho	1,65m
Longitud bancada	3,6m	Diámetro trabajo	1,24m
Altura	1,40m	Bancada sin luneta	0,71m

Potencia	20 hp
bomba	Bomba de refrigerante
Accesorios	Luneta Ø1000mm

- **Torno (Colchester CN) England**

Longitud total	2,90 m	Ancho	1,65m
Longitud bancada	3,6m	Diámetro trabajo	1,24m
Altura	1,40m	Bancada sin luneta	0,71m

Voltaje	415	Amp.	21
Cycles	60	Main Motor HP	10
Phase	3	Pump Motor HP	0,05
Auxi. Motor HP	0,34	Característica	CN (control numérico)

- **Torno (Pinacho) Bulgaria**

Longitud total	2,76m	Ancho	0,86m
Longitud bancada	2m	Diámetro trabajo	1,24m
Altura	1,40m	Bancada sin luneta	0,75m

Potencia	5 hp
bomba	Bomba de refrigerante

- **Sierra Mecánica (Elprom) Bulgaria**

Longitud total	1.56m
Altura	1,36m
Ancho	0,82m

Voltaje	220	Amp.	8,4 / 10,4
Cycles	60	Cl.klb	4,4
Phase	3	Rpm, U/min, t/min	1730 / 3420
Kw	1,8 / 2,6	Ka	27,5
Cos ϕ	0,71 / 0,82		

- **Taladro radial (OTMT)**

Longitud total	1,36 m
Frontal	0,71 m
Altura	1,96 m

Motor principal						
Voltaje	Cycles	Phase	Amp	Kw	Rpm	Cos ϕ
220	60	3	4	0,75	1140	

Bomba				
Voltaje	Cycles	Amp	W	Rpm
220	60	0,41	40	3360

Taladro (Solberga) Sweden

Longitud total	1,20 m
Frontal	1,10 m
Altura	2,44 m

Motor principal						
Voltaje	Cycles	Phase	Amp	Kw	Rpm	HP
220	60		10,4 / 8,6	2,7 / 2,2	3440/1720	3,8 /3

Bomba				
Voltaje	Cycles	Amp	W	Rpm
220	60	0.41	40	3360

Taladro (Richmond) England

Longitud total	2 m
Frontal	0,84 m
Altura	2,72 m
Radio de Giro	1,67 m

Motor principal 1					
Voltaje	Cycles	Phase	Amp	Speed F.L	HP
220/440	60	3	9 / 4,5	1150	3

Motor principal 2					
Voltaje	Cycles	Phase	Amp	Speed F.L	HP
220/440	60	3	14,4/8,7	1150	5

Bomba				
Voltaje	Cycles	Amp	W	Rpm
220	60	0.41	40	3360

- **Prensa hidráulica**

Longitud total	0,70 m
Frontal	1,20 m
Altura	1,80 m

Motor principal			
Voltaje	Cycles	Ppm (partes por millón)	Kw
220	60	2850	3

Bomba		
Pump	Pressver	Tank
2,5 Ml/r	2,5 Mpa	8 L

- **Fresa Holke f.3**

Longitud total	2,23 m
Frontal	2 m
Altura	1,85 m

Motor principal				
Voltaje	Cycles	Amp	Cv	Rpm
220 / 380	50	4,6 / 2,7	1,5	1420

- **Fresa Byjc**

Frente	2,4
Longitud	2,58
Altura	1,80

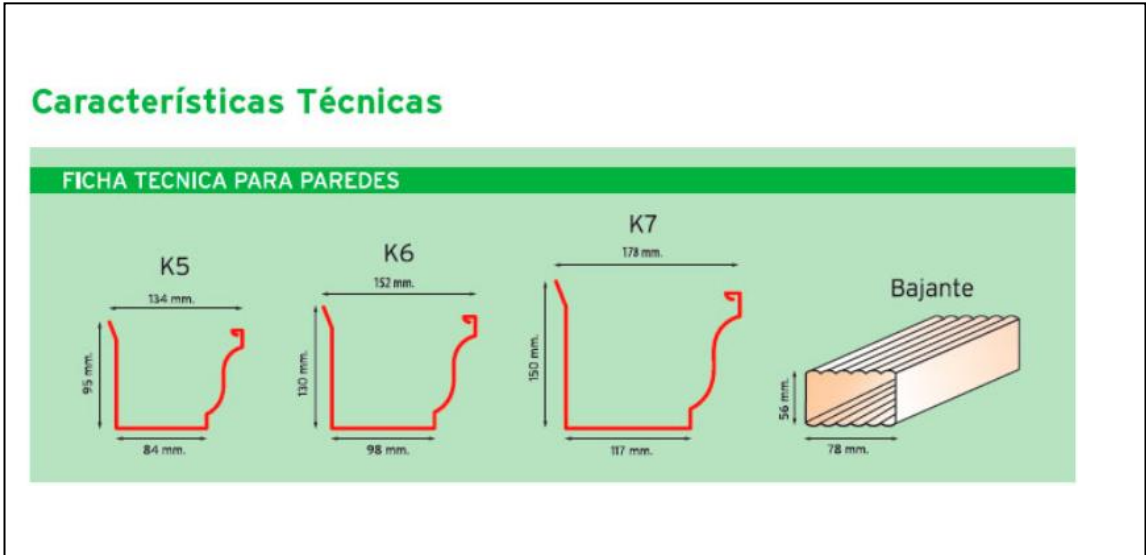
Motor principal 1			
Voltaje	Cycles	Total current with machine full load	Trip current of mains switch
220	60	36 am	400

Tabla A 3.18 Colores, señales y símbolos de seguridad

COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLOS DE USO
	Alto Prohibición	Señal de parada Signos de prohibición Este color se usa también para prevenir fuego y para marcar equipo contra incendio y su localización.
	Atención Cuidado, peligro	Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc.) Advertencia de obstáculos.
	Seguridad	Rutas de escape, salidas de emergencia, estación de primeros auxilios.
	Acción obligada *) Información	Obligación de usar equipos de seguridad personal. Localización de teléfono.
*) El color azul se considera color de seguridad sólo cuando se utiliza en conjunto con un círculo.		

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 439:1984)

Tabla A 3.19 Canal de agua Knalum



Fuente: s/a, KUBIEC, <http://www.kubiec.com/>



Fuente: s/a, KUBIEC, <http://www.kubiec.com/>