

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y
MONTAJE DE UN PUENTE TIPO ARCO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

BYRON ALEXANDER OÑA MARTÍNEZ

byron_ona84@hotmail.com

JUAN CARLOS TELLO TITUAÑA

jctello2010@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. CARLOS BALDEÓN.

carlosbaldeon@epn.edu.ec

Quito, Junio 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Byron Alexander Oña Martínez, Juan Carlos Tello Tituaña, declaramos bajo juramento que el presente trabajo aquí descrito es de nuestra auditoría; que no ha sido presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad vigente.

Byron Alexander Oña Martínez

Juan Carlos Tello Tituaña

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Byron Alexander Oña Martínez, Juan Carlos Tello Tituaña, bajo nuestra supervisión.

Ing. Carlos Baldeón.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Ricardo Soto.
COLABORADOR

Ing. Jaime Vargas.
COLABORADOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser guía en nuestro camino y porque siempre nos ha brindado fuerzas para levantarnos en los momentos más difíciles en nuestras vidas.

A la Escuela Politécnica Nacional y a todo su personal docente, quienes nos han formado como profesionales y como personas.

Al Ingeniero Carlos Baldeón por su valiosa y excelente colaboración desde que arrancó el proyecto.

Al Ingeniero Jaime Vargas por su guía incondicional, quien nos permitió llevar a cabo con éste proyecto satisfactoriamente.

Al Ingeniero Ricardo Soto por su adecuada contribución durante la realización del presente proyecto.

A todos nuestros amigos de promoción, que siempre han estado en los buenos y malos momentos siendo un soporte en nuestra formación.

Byron y Juan Carlos.

DEDICATORIA

A mis hermanos Walter y Martha que con su ejemplo de superación han sido guía en mi camino, y a Moisés y Beatriz por ser los mejores padres que jamás soñé tener.

Byron.

A mis padres, por su amor y por todos los sacrificios que han hecho durante toda su vida, y a mis hermanos que con cariño y comprensión me han ayudado en mi formación.

Juan Carlos.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE EN PUENTES METÁLICOS.		1
1.1	PLANOS DE DETALLE PARA TALLER Y MONTAJE.....	1
1.2	PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN.....	2
1.2.1	CORTE, CIZALLAMIENTO Y ASERRADURA.....	2
1.2.2	PUNZONAMIENTO Y TALADRADO.....	5
1.2.3	MÁQUINAS CNC.....	6
1.2.4	SOLDADURA.....	6
1.2.5	EMPERNADO.....	14
1.2.6	CONTRAFLECHA.....	15
1.2.7	PREENSAMBLADO DE TALLER.....	16
1.2.8	SECCIONES LAMINADAS.....	17
1.2.9	SECCIONES ARMADAS.....	20
1.2.10	LIMPIEZA Y PINTURA.....	23
1.3	PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE.....	25
1.3.1	EQUIPO DE MONTAJE.....	25
1.3.2	PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DE PUENTES.....	28
1.3.3	MONTAJE DE PUENTES DE VIGA SIMPLE.....	29
1.3.4	PUENTES DE VIGA CONTINUA.....	29
1.3.5	PUENTES DE VIGA CURVADOS HORIZONTALMENTE.....	30
1.3.6	PUENTES DE ARMADURA.....	30
1.3.7	TOLERANCIAS DE CAMPO.....	32

CAPÍTULO 2

PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN DE UN PUENTE METÁLICO TIPO ARCO.....		33
2.1	FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS PUENTES TIPO ARCO.....	33
2.1.1	TIPOS DE ARCOS.....	34
2.1.1.1	Arcos con tablero superior.....	35

2.1.1.2	Arcos con tablero inferior	36
2.1.1.3	Los arcos con tablero intermedio	36
2.1.2	COMPARACIÓN DE LOS PUENTES EN ARCO CON OTROS TIPOS DE PUENTES.	37
2.2	FABRICACIÓN DEL PUENTE TIPO ARCO.....	39
2.2.1	FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ARCO.....	39
2.2.1.1	Fabricación de la estructura propiamente dicha.....	41
2.2.1.2	Fabricación de los arriostramientos del arco.....	41
2.2.2	FABRICACIÓN DE LOS PENDOLONES.....	43
2.2.3	FABRICACIÓN DE LA VIGA DE RIGIDEZ.....	43

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE DE UN PUENTE METÁLICO TIPO ARCO..... 45

3.1	MONTAJE DE PUENTES EN ARCO.....	45
3.1.1	MONTAJE EN VOLADIZO.....	45
3.1.2	CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS	46
3.1.3	BASES EMPOTRADAS.....	46
3.1.4	CONSTRUCCIÓN SOBRE CIMBRA.....	47
3.1.5	CONSTRUCCIÓN POR AUTOCIMBRA.....	47
3.1.6	ABATIMIENTO DE LOS SEMIARCOS	47
3.1.7	CONSTRUCCIÓN MEDIANTE CABLE COLGADO.....	47
3.2	EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	47
3.2.1	PUENTE DE LA VICARIA.....	48
3.2.1.1	Descripción.....	48
3.2.1.2	PROCESO CONSTRUCTIVO.....	49
3.2.1.2.1	Estructura metálica.....	49
3.2.1.2.2	Hormigonado.....	51
3.2.2	PUENTE SOBRE EL RÍO TAJO	52
3.2.2.1	Procedimiento de abatimiento.....	52
3.2.3	PUENTE ARCO SOBRE EL RÍO RICOBAYO	58
3.2.3.1	Procedimiento de avance en voladizo con rigidización por tirantes. ...	58

3.2.4	PUENTE YEONGJANG.....	61
3.2.4.1	Construcción del arco con voladizos compensados.....	61
3.2.5	PUENTE SOBRE EL RÍO CROOKED (OREGON-USA).....	64
3.2.5.1	Construcción mediante cable colgado.....	64
3.2.6	PUENTE DE LA BARQUETA	66

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA EL PUENTE “GALLINA” TIPO ARCO SELECCIONADO..... 69

4.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PUENTE TIPO ARCO	69
4.1.1	PARÁMETROS ESTRUCTURALES	69
4.2	PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN	71
4.2.1	PARÁMETROS GENERALES.....	71
4.2.1.1	Planos estructurales.....	71
4.2.1.2	Materiales.....	72
4.2.1.3	Soldadura.....	73
4.2.1.4	Ensamble en taller.....	77
4.2.1.5	Marcas para el transporte.....	77
4.2.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	78
4.2.3	PROCESOS DE FABRICACIÓN GENERALES.	79
4.2.3.1	Recepción de materiales.....	79
4.2.3.2	Descarga de materiales.....	79
4.2.3.3	Inspección de materiales.....	80
4.2.3.4	Almacenaje temporal de los materiales.....	81
4.2.4	PLAN DE CORTE.....	82
4.2.5	FABRICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL.....	83
4.2.5.1	Proceso de fabricación de la viga de rigidez.....	83
4.2.5.1.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.....	83
4.2.5.1.2	Corte.....	83
4.2.5.1.3	Inspección del corte.....	84
4.2.5.1.4	Biselado de las almas y los patines.....	84
4.2.5.1.5	Inspección de biselado.....	86

4.2.5.1.6	Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.....	86
4.2.5.1.7	Punteo, soldadura e inspección.	87
4.2.5.1.8	Recubrimiento.	89
4.2.5.1.9	Marcado de piezas.	90
4.2.5.1.10	Transporte al sitio de almacenaje.....	90
4.2.5.2	Proceso de fabricación de los pendolones.	91
4.2.5.2.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	91
4.2.5.2.2	Corte.....	92
4.2.5.2.3	Inspección del corte.	92
4.2.5.2.4	Biselado de las almas y los patines.....	93
4.2.5.2.5	Inspección de biselado.	94
4.2.5.2.6	Transporte de los patines al sitio de perforación.	94
4.2.5.2.7	Perforación de los patines de los pendolones.	95
4.2.5.2.8	Inspección de las perforaciones.	95
4.2.5.2.9	Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.....	96
4.2.5.2.10	Punteo, soldadura e inspección.	96
4.2.5.2.11	Recubrimiento.	97
4.2.5.2.12	Marcado de piezas.	98
4.2.5.2.13	Transporte al sitio de almacenaje.....	98
4.2.5.3	Proceso de fabricación del arco.	99
4.2.5.3.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	99
4.2.5.3.2	Corte.....	100
4.2.5.3.3	Inspección del corte.	100
4.2.5.3.4	Biselado de las placas laterales y superiores.....	101
4.2.5.3.5	Inspección de biselado.	102
4.2.5.3.6	Transporte de las placas laterales y superiores al sitio de perforación.	102
4.2.5.3.7	Perforación de las placas.	103
4.2.5.3.8	Inspección de las perforaciones.	103
4.2.5.3.9	Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.....	104
4.2.5.3.10	Punteo, soldadura e inspección.	104
4.2.5.3.11	Recubrimiento.	105
4.2.5.3.12	Marcado de piezas.	106

4.2.5.3.13	Transporte al sitio de almacenaje.....	106
4.2.6	FABRICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SECUNDARIO.....	106
4.2.6.1	Proceso de fabricación de las vigas transversales de arco y tablero.	106
4.2.6.1.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	107
4.2.6.1.2	Corte.....	107
4.2.6.1.3	Inspección del corte.	108
4.2.6.1.4	Biselado de las almas y los patines.....	108
4.2.6.1.5	Inspección de biselado.	109
4.2.6.1.6	Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.....	110
4.2.6.1.7	Punteo, soldadura e inspección.	110
4.2.6.1.8	Recubrimiento.	111
4.2.6.1.9	Marcado de piezas.	112
4.2.6.1.10	Transporte al sitio de almacenaje.....	112
4.2.6.2	Proceso de fabricación de las vigas longitudinales del tablero.....	113
4.2.6.2.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	113
4.2.6.2.2	Corte.....	114
4.2.6.2.3	Inspección del corte.	114
4.2.6.2.4	Biselado de las almas y los patines.....	115
4.2.6.2.5	Inspección de biselado.	116
4.2.6.2.6	Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.....	116
4.2.6.2.7	Punteo, soldadura e inspección.	116
4.2.6.2.8	Recubrimiento.	117
4.2.6.2.9	Marcado de piezas.	118
4.2.6.2.10	Transporte al sitio de almacenaje.....	118
4.2.6.3	Proceso de fabricación de los arriostramientos.....	118
4.2.6.3.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	119
4.2.6.3.2	Corte.....	119
4.2.6.3.3	Transporte al sitio de perforación.	120
4.2.6.3.4	Perforación de los perfiles.	120
4.2.6.3.5	Inspección de las perforaciones.	121
4.2.6.3.6	Recubrimiento.	121
4.2.6.3.7	Marcado de piezas.	121

4.2.6.3.8	Transporte al sitio de almacenaje.....	122
4.2.6.4	Proceso de fabricación de las placas de amarre.....	122
4.2.6.4.1	Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.	123
4.2.6.4.2	Corte.....	123
4.2.6.4.3	Inspección del corte.	124
4.2.6.4.4	Transporte de las placas al sitio de perforación.	124
4.2.6.4.5	Perforación de las placas de amarre.....	125
4.2.6.4.6	Inspección de las perforaciones.	125
4.2.6.4.7	Recubrimiento.	126
4.2.6.4.8	Marcado de piezas.	127
4.2.6.4.9	Transporte al sitio de almacenaje.....	127
4.2.7	ALMACENAJE FINAL.....	127
4.2.8	TRANSPORTE A OBRA.....	128
4.3	MONTAJE DEL PUENTE TIPO ARCO.....	130
4.3.1	PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.	130
4.3.1.1	Reconocimiento de la obra civil.....	130
4.3.1.2	Puesta a punto de la superficie.	130
4.3.1.3	Armado de la Obra Falsa.	131
4.3.1.4	Inspección de la obra falsa.....	132
4.3.1.5	Desembarque y recepción de módulos de la superestructura.....	132
4.3.1.6	Almacenaje de los módulos.....	132
4.3.1.7	Inspección de las partes del puente.	133
4.3.1.8	Transporte al sitio de ensamble.	133
4.3.1.9	Acople de los elementos del puente.....	134
4.3.1.10	Alineación correcta (Camber).....	135
4.3.1.11	Soldadura de los módulos.	135
4.3.1.12	Lanzamiento del puente.	136
4.3.1.13	Supervisión del montaje.	137
4.3.1.14	Armado de la capa de rodadura.	137
4.3.1.15	Pintura de Protección.	138
4.4	PERSONAL ENCARGADO DEL MONTAJE.	139
4.4.1	JEFE DE OBRA EN CAMPO.	140
4.4.2	SOLDADORES CALIFICADOS.....	141

4.4.3	SOLDADORES NO CALIFICADOS.....	141
4.4.4	CORTADORES.....	142
4.4.5	ARMADORES.....	142
4.4.6	AYUDANTES DE SOLDADURA.....	142
4.4.7	PERSONAL DE CAMPO.....	143
4.4.8	BODEGUERO.....	143
4.4.9	SUPERVISORES.....	143
4.5	MATERIAL EMPLEADO EN EL ARMADO DEL PUENTE.....	144
4.5.1	MATERIAL DE LA ESTRUCTURA.....	144
4.5.2	MATERIAL DE APORTE.....	144
4.5.3	PINTURA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL.....	145
4.5.3.1	Características físicas y químicas de las pinturas.....	145
4.5.3.2	Descripción de la Composición de Cada Capa.....	146
4.5.4	MATERIAL CAPA DE RODADURA.....	146
4.5.5	MATERIAL PARA DRENAJE.....	147
4.5.6	MATERIAL DE GUARDAVÍAS.....	147
4.5.7	MATERIAL OBRA FALSA.....	147
4.6	EQUIPOS.....	147
4.6.1	EQUIPO DE SOLDADURA.....	147
4.6.2	FUENTE DE ENERGÍA.....	148
4.6.3	EQUIPO DE RECUBRIMIENTO Y PINTADO.....	149
4.6.4	EQUIPO DE CORTE.....	149
4.6.5	EQUIPO DE LANZAMIENTO.....	150
4.6.6	EQUIPO DE SEGURIDAD PARA AVANCE DEL PUENTE.....	150
4.6.7	OTROS EQUIPOS.....	150

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA EL PUENTE TIPO..... 152

5.1	INTRODUCCIÓN.....	152
5.2	CONCEPTO DE COSTO.....	152
5.3	TIPOS DE COSTOS.....	154

5.3.1	CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FUNCIÓN QUE CUMPLEN.....	154
5.3.1.1	Costos de producción.....	154
5.3.1.2	Costo de comercialización.....	154
5.3.1.3	Costo de administración.	155
5.3.1.4	Costo de financiación.	155
5.3.2	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU GRADO DE VARIABILIDAD.....	155
5.3.2.1	Costos fijos.....	156
5.3.2.2	Costos variables.....	156
5.3.3	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ASIGNACIÓN.....	156
5.3.3.1	Costos directos.....	156
5.3.3.2	Costos indirectos.....	157
5.3.4	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU COMPORTAMIENTO.	157
5.3.4.1	Costo variable unitario.....	157
5.3.4.2	Costo variable total.....	157
5.3.4.3	Costo fijo total.....	157
5.3.4.4	Costo fijo unitario.....	158
5.3.4.5	Costo total.	158
5.4	DESARROLLO DE COSTOS UNITARIOS	158
5.4.1	REGLONES DE COSTOS	159
5.4.1.1	Renglón de los Equipos.....	159
5.4.1.2	Renglón de la Mano de Obra	160
5.4.1.3	Renglón de los Materiales	160
5.4.1.4	Renglón Transporte.....	160
5.4.1.5	Renglón de los Gastos Administrativos	161
5.4.1.6	Renglón de la Utilidad	161
5.5	DESARROLLO DE LOS COSTOS UNITARIOS PARA UN PUENTE TIPO ARCO.....	163
5.5.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	164
5.5.2	CRONOGRAMA VALORADO	172
5.6	COSTO FINAL DEL PUENTE TIPO ARCO.....	173

CAPITULO 6**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 174**

6.1 CONCLUSIONES..... 174

6.2 RECOMENDACIONES. 175

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 177**ANEXOS179**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Datos sobre el puente de la Vicaria.....	48
Tabla 3.2	Descripción del puente.....	49
Tabla 5.1	Formato de análisis de costos unitarios.....	162
Tabla 5.2	Formato desglose de costos unitarios.....	163
Tabla 5.3	Formato Cronograma Valorado.....	163
Tabla 5.4	Desglose de costos.....	163
Tabla 5.5	Fabricación de elementos estructurales.....	164
Tabla 5.6	Excavación y relleno de cimientos.....	165
Tabla 5.7	Infraestructura.....	166
Tabla 5.8	Armado de la obra falsa.....	168
Tabla 5.9	Superestructura.....	169
Tabla 5.10	Asfaltado y Señalización.....	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Proceso de Corte por Oxidación.	3
Figura 1.2	Corte Mediante Cizalla Industrial.....	4
Figura 1.3	Taladrado de elementos estructurales.	5
Figura 1.4	Máquina de Control Numérico.....	6
Figura 1.5	Soldadura de Estructuras Metálicas.....	7
Figura 1.6	Proceso de Soldadura SMAW.....	8
Figura 1.7	Proceso de Soldadura SAW.....	9
Figura 1.8	Proceso de Soldadura GMAW.	10
Figura 1.9	Proceso de Soldadura FCAW.	11
Figura 1.10	Unión de placas metálicas mediante pernos.....	14
Figura 1.11	Secciones Armadas.	20
Figura 1.12	Grúa de Oruga.	26
Figura 1.13	Grúa de Camión.	26
Figura 1.14	Grúa de Patas Rígidas.	27
Figura 1.15	Grúa tipo torre sobre base de oruga.	28
Figura 2.1	Fuerzas que actúan sobre el Arco.....	33
Figura 2.2	Tipos de arcos según reacciones en los apoyos.....	34
Figura 2.3	Arco con tablero superior	35
Figura 2.4	Puente del cañón de Glen, Arizona (USA).	35
Figura 2.5	Arco con tablero inferior	36
Figura 2.6	Puente de Tangermunde sobre el Elba, (Alemania).....	36
Figura 2.7	Arco con tablero intermedio.	37
Figura 3.1	Puente La Vicaria	48
Figura 3.2	Descripción del puente.....	49
Figura 3.3	Izado del puente.....	51
Figura 3.4	Elementos del puente.....	52
Figura 3.5	Descripción del puente.....	52
Figura 3.6	Sección transversal del puente.	53
Figura 3.7	Excavación de los cimientos, pilas y estribos.....	53
Figura 3.8	Construcción del tablero.....	53
Figura 3.9	Empuje del tablero.	54

Figura 3.10	Montaje de $\frac{1}{4}$ del arco.	54
Figura 3.11	Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.	54
Figura 3.12	Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.	55
Figura 3.13	Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.	55
Figura 3.14	Soldadura una parte del arco a la base.	55
Figura 3.15	Montaje del segundo cuarto del arco.	56
Figura 3.16	Basculamiento del cuarto de arco.	56
Figura 3.17	Basculamiento del cuarto de arco.	56
Figura 3.18	Bloqueo de rótulas.	57
Figura 3.19	Abatimiento de semiarcos.	57
Figura 3.20	Cierre de arcos.	57
Figura 3.21	Colocación de pilas metálicas.	58
Figura 3.22	Puente terminado.	58
Figura 3.23	Puente sobre el río Ricobayo.	59
Figura 3.24	Arco en voladizo con tirantes a tracción.	59
Figura 3.25	Avance de dos voladizos y la viga de lanzamiento de dovelas.	59
Figura 3.26	Imagen de los dos voladizos.	60
Figura 3.27	Vista del tablero provisional.	60
Figura 3.28	Lanzamiento y colocación de dovelas del arco.	60
Figura 3.29	Losas prefabricadas del tablero de hormigón acopladas en obra. ...	61
Figura 3.30	Puente Yeongjang.	61
Figura 3.31	Esquema de las etapas de construcción.	62
Figura 3.32	Colocación de dovelas del arco.	63
Figura 3.33	Colocación de la dovela central del arco.	63
Figura 3.34	Construcción de los vanos de aproximación.	63
Figura 3.35	Colocación del tablero y los tirantes.	64
Figura 3.36	Puente sobre el río Crooked.	64
Figura 3.37	Esquema de construcción del arco.	65
Figura 3.8	Esquema de construcción del tablero.	65
Figura 3.39	Imagen del arco durante la construcción.	65
Figura 3.40	Puente de la Barqueta.	66
Figura 3.41	Sección transversal del puente.	67
Figura 3.42	Fabricación y premontaje en taller.	67

Figura 3.43 Fase 1 del montaje.....	68
Figura 3.44 Fase 2 del montaje.....	68
Figura 4.1 Esquema del puente tipo arco.....	70
Figura 4.2 Esquema de viga de rigidez	83
Figura 4.3 Esquema de los pendolones	91
Figura 4.4 Esquema de la forma de cada tramo del arco.....	99
Figura 4.5 Esquema de las vigas transversales	107
Figura 4.6 Esquema de las vigas longitudinales	113
Figura 4.7 Esquema de los arriostramientos	119
Figura 4.8 Placas de amarre	123
Figura 4.9 Equipo de Soldadura en campo	148
Figura 4.10 Materiales y Accesorios de pintura.....	149
Figura 4.11 Equipo de Corte manual.....	149
Figura 4.12 Malacate.....	150

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

EJEMPLOS DE PUENTES TIPO ARCO

ANEXO II

PLAN DE CORTE DE LAS PLANCHAS

ANEXO III

PESO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PUENTE EN ARCO

ANEXO IV

FOTOGRAFÍAS DE LUGAR DONDE SE MONTARA EL PUENTE

ANEXO V

SEÑALIZACIÓN PREVIA AL MONTAJE DEL PUENTE

ANEXO VI

WPS

ANEXO VII

PLANOS

RESUMEN

Una solución para alcanzar que los puentes tradicionales cubran con mayores longitudes y tengan una mejor resistencia es el tipo del diseño de la estructura, para ello los ingenieros plantean nuevos y novedosos modelos de estructuras que deben ser construidas respetando las normas internacionales y nacionales que rigen la elaboración de las mismas.

Es por este motivo, que se hace necesario contar con un sistema bien estructurado de fabricación y montaje de puentes y estructuras metálicas que nos permita tener mayores beneficios y altos rendimientos de funcionamiento.

Razón por la cual y por la necesidad manifiesta de un procedimiento claro y detallado en la construcción de un puente en nuestro país, este proyecto tiene la finalidad de crear un sistema que permita conocer los principales requerimientos en obras de esta magnitud.

El procedimiento propuesto en el proyecto se enfoca en la necesidad de un plan de construcción para el puente tipo arco que se construirá en el sector Gallina que pertenece a la provincia de los Ríos, basado en la necesidad de materiales, equipos y personal que se requiere en las diferentes etapas de producción y construcción de la estructura.

Por lo tanto, este proyecto tiene el objetivo principal de ofrecer una metodología, basada en las normas pertinentes, que permita controlar los procedimientos más importantes durante la fabricación y montaje de un puente tipo arco, garantizando seguridad y alta productividad, además de minimizar los costos que constituyen la obra.

PRESENTACIÓN

El objetivo del presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico es del **Desarrollo de un procedimiento de fabricación y montaje de un puente metálico tipo arco**. Cabe destacar que en el presente proyecto no se realizan cálculos, ya que el dimensionamiento de los elementos del puente fue realizado por el Departamento de Estudios del Ministerio de Obras Públicas. Este proyecto se ha dividido en 6 capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación.

El capítulo 1 describe el desarrollo de los procesos de fabricación y métodos de montaje utilizados en puentes metálicos.

En el capítulo 2 se contemplan los fundamentos teóricos de un puente metálico tipo arco, así como los procesos para la fabricación de los diferentes sistemas que componen el puente.

El capítulo 3 contiene diferentes métodos utilizados para el montaje de puentes tipo arco, así como se mencionan una serie de ejemplos en donde se muestran como se realizan los diferentes procedimientos que conforman el levantamiento de una estructura de estas dimensiones.

En el capítulo 4 se desarrollan los diferentes procesos utilizados para la recepción de los materiales, almacenaje, construcción de los sistemas estructurales principales y secundarios del puente "Gallina" tipo arco, transporte a obra de los mismos, así como el procedimiento de montaje del puente.

En el capítulo 5 se especifican los rubros que se requieren para la construcción y armado del puente "Gallina" tipo arco. Para ello se realiza un análisis de costos unitarios de cada uno de los rubros, con el fin de obtener el valor final aproximado del mismo.

El capítulo 6 menciona las principales conclusiones y recomendaciones a las que se llega luego de terminar el presente Proyecto de Titulación.

CAPÍTULO 1

PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE EN PUENTES METÁLICOS.

Los diseñadores de estructuras de acero deben familiarizarse no sólo con las exigencias de resistencia y capacidad de las estructuras, sino también con los métodos de fabricación y montaje.

Estos procedimientos determinan si un diseño es práctico y eficiente respecto de su costo. Además, los cálculos de capacidad de carga y estabilidad pueden depender de los supuestos del diseño que se hayan hecho sobre el tipo y la magnitud de los esfuerzos y deformaciones durante la fabricación y montaje de una estructura.

1.1 PLANOS DE DETALLE PARA TALLER Y MONTAJE.

Un plano de detalle es el medio por el cual el propósito del diseñador se da a conocer al taller. El dibujante trabaja a partir de los planos de diseño y especificaciones de ingeniería y de arquitectura para obtener los tamaños de los miembros, los grados del acero, las dimensiones que controlan y toda información pertinente al proceso de fabricación.

Después que se han completado los planos de detalle, estos se revisan cuidadosamente por un dibujante experimentado, para luego si es el caso ser aprobado por el ingeniero y ser remitidos al taller para su fabricación.

Existen dos tipos básicos de planos de detalle: los planos de montaje y los planos de trabajo de taller. Los planos de montaje son utilizados en el campo por el ingeniero encargado del montaje y consisten en diagramas lineales que muestran la localización y orientación de cada elemento que conforma un ensamble.

Los planos de trabajo de taller, denominados simplemente como planos de detalle o de taller, se preparan para cada uno de los miembros de la estructura de acero.

Estos planos deben contener toda la información necesaria para la fabricación adecuada de las piezas. También deben mostrar el tamaño y ubicación de agujeros, así como el tamaño y longitud de las soldaduras.

Estos planos son usados además para que inspectores puedan verificar que los miembros se están fabricando de acuerdo a lo establecido, y son un respaldo para saber con exactitud lo que se tiene y poder hacer modificaciones a partir de ello.

1.2 PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN.

1.2.1 CORTE, CIZALLAMIENTO Y ASERRADURA.

El corte de acero por soplete de llama de oxígeno es uno de los métodos más útiles en la fabricación del acero, como se observa en la figura 1.1. El soplete se usa ampliamente para cortar material al tamaño apropiado, incluyendo el corte de placas para aletas provenientes de una placa más amplia, o el corte de vigas a longitudes requeridas, sirve para cortar formas complejas de perfil curvo.

Además, a veces se usan al mismo tiempo dos sopletes para cortar a tamaño apropiado y biselar su borde en preparación para la soldadura, o pueden montarse en grupo para efectuar varios cortes en un mismo instante.



Figura 1.1 Proceso de Corte por Oxidación.

Los sopletes pueden manejarse de forma manual o guiados mecánicamente. Las guías mecánicas pueden tomar la forma de un riel en el cual se monta una pequeña unidad auto-impulsada que lleva el soplete. Este tipo de soplete se utiliza para cortes de grandes longitudes, como los que se destinan a producir placas para las aletas o las almas de vigas armadas.

Otro tipo de soplete guiado por medios mecánicos se utiliza para cortes en piezas detalladas de manera compleja. Esta máquina tiene un brazo que sostiene y mueve el soplete. El brazo puede controlarse mediante un dispositivo que sigue el contorno de un patrón o puede controlarse mediante un computador como en las máquinas CNC.

En ocasiones el acero estructural de ciertos grados y espesores pueden requerir precalentamiento adicional, en estos casos, la llama se aplica sobre el metal antes de hacer el corte.

En operaciones como el corte de placas para aletas de vigas esbeltas armadas, es aconsejable cortar con soplete los dos bordes de la placa de manera simultánea. Esto limita la distorsión al imponer esfuerzos de contracción de aproximadamente la misma magnitud en los dos bordes de la placa. Por esta

razón, las placas que van a ser suministradas por una empresa siderúrgica para corte múltiple, se ordenan con suficiente anchura para permitir un corte con soplete adyacente a los bordes de laminación.

El corte con cizalla se utiliza en el taller de fabricación para cortar a la medida ciertas clases de material plano. Hay disponibles varios tipos de cizalla; la cizalla de tipo guillotina, como se puede apreciar en la figura 1.2, se utiliza para cortar placas de espesor moderado. Algunas cizallas para planchas, denominadas cizallas rotatorias para planchas, tienen una cabeza de corte rotatoria que permite cortar en bisel. Las cizallas para ángulos se utilizan para cortar las dos aletas de un ángulo con un golpe.



Figura 1.2 Corte Mediante Cizalla Industrial.

El aserramiento con sierra de fricción de alta velocidad se emplea con frecuencia en el taller sobre vigas livianas y canales ordenados para múltiples longitudes. También se utiliza para columnas relativamente livianas, porque el corte producido es apropiado para el aplastamiento y el aserramiento es más rápido y menos costoso que el fresado. Algunos fabricantes utilizan aserramiento en frío como medio de cortar vigas a longitudes casi exactas cuando la exactitud es exigida por el tipo de conexión en el extremo que se esté utilizando.

1.2.2 PUNZONAMIENTO Y TALADRADO.

Los agujeros para pernos en el acero estructural se producen por lo general mediante punzonamiento (con limitaciones de espesor). La American Institute of Steel Construction (AISC) limita el espesor para el punzonamiento al diámetro nominal del perno más 1/8".

En materiales más gruesos, los agujeros pueden hacerse por subpunzonamiento seguido de escariado o por taladro generalmente se usan punzonamientos múltiples para grandes grupos de agujeros, como los de empalmes de vigas.

El taladrado consume mayor tiempo y, por tanto, es más costoso que el punzonamiento. Se utilizan tanto taladradoras de banco como taladros de husillos múltiples, como se ilustra en la figura 1.3, las aletas y las almas pueden ser taladradas de manera simultánea.

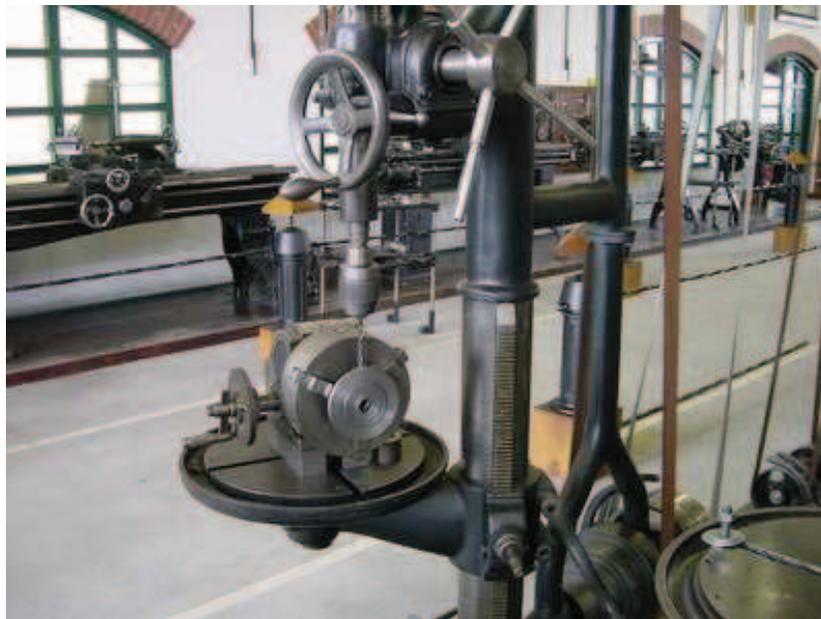


Figura 1.3 Taladrado de elementos estructurales.

1.2.3 MÁQUINAS CNC.

Las máquinas controladas numéricamente por computador (CNC) que ofrecen mayor productividad, se utilizan cada vez más para punzar, cortar y otras operaciones. Su uso puede reducir el tiempo requerido para el manejo y disposición del material, así como para el punzonamiento, corte o cizallamiento, como se muestra en la figura 1.4.



Figura 1.4 Máquina de Control Numérico.

También hay máquinas de CNC para la fabricación de perfiles W, incluyendo el punzonamiento o taladrado, recorte con soplete, preparación de soldadura (biseles y agujeros) para juntas y conexiones de momento y similares. Las máquinas de CNC tienen capacidad para taladrar agujeros de gran diámetro bien sea en las aletas o en el alma. La producción es de gran calidad y exactitud.

1.2.4 SOLDADURA.

La soldadura, es un proceso industrial que se usa con mayor frecuencia en la unión de estructuras metálicas, como se muestra en la figura 1.5, consiste en la unión de varios metales por uno o varios puntos, aplicando calor en las partes que se desea unir.



Figura 1.5 Soldadura de Estructuras Metálicas.

El uso de la soldadura en la fabricación del acero estructural para puentes está regido por una o más de las siguientes normas: American Welding Society Specifications D1.1 para estructuras de acero y la D1.5 para la construcción de puentes.

Además de estas especificaciones, la soldadura puede estar regida por las especificaciones del proyecto individual o especificaciones estándares de agencias o grupos, como los ministerios estatales de obras públicas y de transporte.

Los aceros que van a ser soldados deben ser de grado soldable como los A36, A441, A572, A588 o A514. Estos aceros pueden soldarse mediante uno de varios procesos de soldadura: arco metálico protegido, arco sumergido, arco de metal con gas, arco de núcleo fundente, con escoria conductora, con electrodo y soldadura de espárrago. Sin embargo, algunos procesos se prefieren para ciertos grados y algunos se excluyen, como se indica a continuación.

El código de la AWS y otras especificaciones, exigen de pruebas y calificaciones a la mayor parte de las uniones soldadas comunes que se utilizan en las estructuras de acero. Los detalles de estas uniones precalificadas se muestran en la norma AWS D1.0 y en los manuales de la AISC. Es ventajoso utilizar estas

uniones cuando puedan aplicarse para evitar los costos de pruebas de calificación adicionales.

La **soldadura de arco metálico protegido (SMAW)** produce coalescencia, o fusión, por el calor de un arco eléctrico producido entre un electrodo de metal revestido y la pieza a soldar, llamado metal base, como se observa en la figura 1.6, el electrodo suministra metal de relleno para hacer la soldadura, gas para proteger el metal fundido y fundente para refinar dicho metal. Este proceso se llama también como soldadura manual o de varilla, no se utiliza presión sobre las partes que van a unirse.

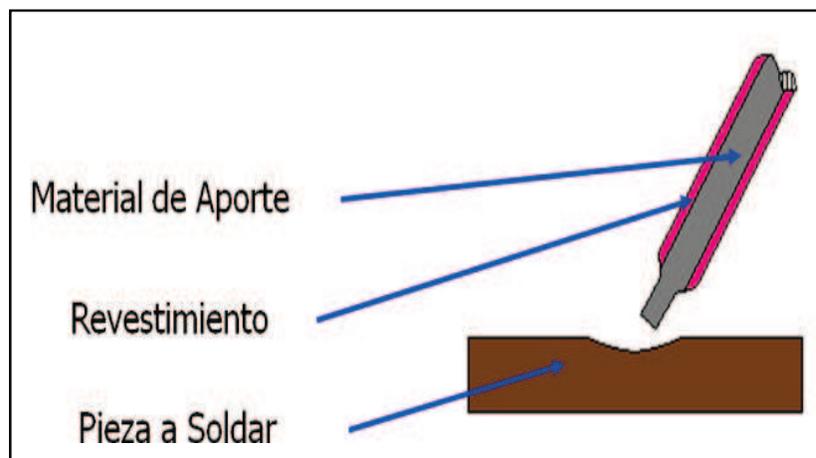


Figura 1.6 Proceso de Soldadura SMAW.

La corriente de electrones transporta este metal en forma de finos glóbulos a través de la brecha y lo deposita y mezcla en el baño de metal fundido sobre la superficie del metal base. La cubierta descompuesta del electrodo forma una atmósfera de gas alrededor del metal fundido, que impide el contacto con el aire y la absorción de impurezas.

Además, el recubrimiento del electrodo promueve la conducción eléctrica a través del arco, ayuda a estabilizarlo, añade fundentes, materiales formadores de escoria, al depósito fundido para refinar el metal, y suministrara materiales para controlar la forma de la soldadura.

En algunos casos, el revestimiento también añade elementos de aleación. A medida que el arco avanza en su recorrido, el baño de metal fundido dejado atrás se solidifica en un depósito homogéneo, o soldadura.

La soldadura de arco metálico protegido se usa mucho para efectuar soldaduras manuales de aceros de bajo contenido de carbono como el A36 y los aceros HSLA, como el A572 y el A588. Aunque los aceros inoxidables, los de alta aleación y los metales no ferrosos pueden soldarse con este proceso, se sueldan más fácilmente con el proceso de arco metálico y gas.

Soldadura de arco sumergido (SAW), como se puede apreciar en la figura 1.7, produce coalescencia por el calor de un arco eléctrico producido entre un electrodo metálico desnudo y el metal base. La soldadura es protegida por el fundente, una capa de material fundible granular colocada sobre la unión. El metal de relleno se obtiene bien sea del electrodo o de una varilla de soldadura suplementaria.

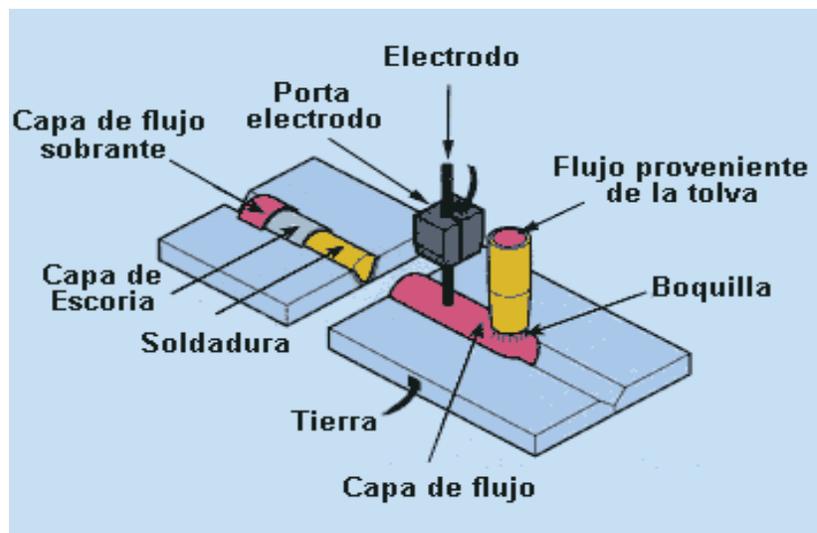


Figura 1.7 Proceso de Soldadura SAW.

El electrodo es empujado a través del fundente para producir un arco. El calor ocasionado por el arco funde el metal de base adyacente y el fundente. A medida que avanza la soldadura, el fundente ya fundido forma un escudo por encima del metal fundido.

Al enfriarse, este fundente se solidifica bajo el fundente no fundido como escoria frágil que puede removerse con facilidad. El fundente que ha quedado sin fundir se recupera para uso futuro. Aproximadamente 1.5 libras de fundente se usan por cada libra de alambre de soldadura fundido.

El proceso puede ser completamente automático o semiautomático. En el proceso semiautomático, el arco se mueve de manera manual y se utiliza sólo un electrodo. En la operación automática pueden usarse de 1, 2 ó 3 alambres, de los cuales los más comunes son los de dos alambres.

La soldadura de arco sumergido se utiliza ampliamente para soldar aceros de bajo contenido de carbono y los aceros HSLA. Aunque los aceros inoxidable, aceros de alta aleación, metales no ferrosos pueden soldarse con este procedimiento, por lo general se sueldan de manera más conveniente mediante el proceso de arco metálico con protección de gas.

Soldadura de arco metálico y gas (GMAW), esta soldadura ocasiona coalescencia por el calor producido por un arco eléctrico entre un electrodo de metal relleno y el metal de la base. La atmosfera protectora se obtiene gracias a un gas o una mezcla de gases (que puede tener un gas inerte) o una mezcla de un gas y un fundente como se muestra en la figura 1.8.

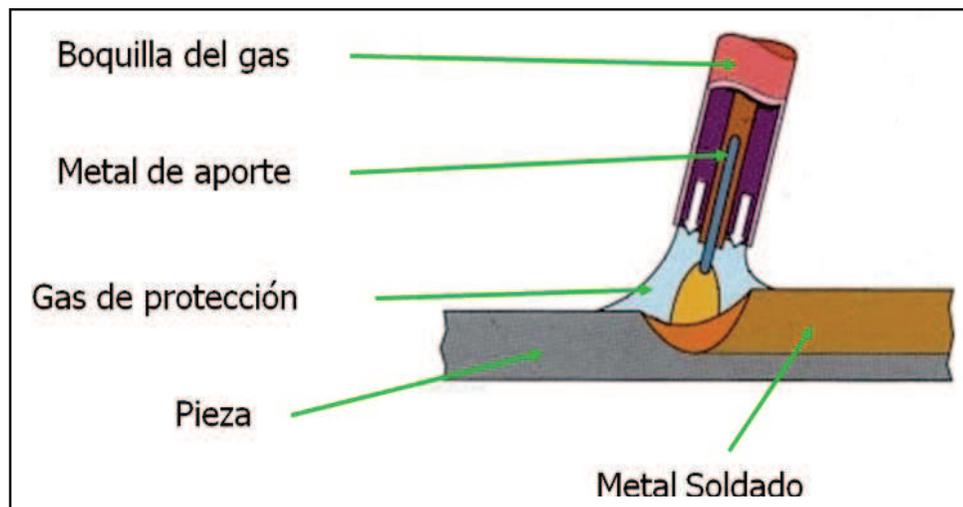


Figura 1.8 Proceso de Soldadura GMAW.

Mediante este proceso pueden soldarse prácticamente todos los metales y es superior a otros procesos disponibles para soldar aceros inoxidable y metales no ferrosos. Para estos metales, generalmente se utiliza una atmósfera protectora de argón o helio, o una mezcla de estos dos gases.

Para soldar aceros al carbono, la atmósfera protectora de gas puede ser de argón, argón con oxígeno, o dióxido de carbono. El flujo de gas se regula mediante una válvula mediadora y por lo general se utiliza una tasa de 25 a 50 pies cúbicos por hora de tiempo de arco.

La **soldadura de arco con núcleo fundente (FCAW)**, es similar al proceso GMAW, excepto que se usa un alambre tubular que contiene el fundente, en vez de un alambre sólido. La atmósfera protectora es suministrada por la descomposición de los materiales fundentes en el alambre.

Por lo general se suministra una protección adicional mediante un gas suministrado externamente y alimentado a través de la pistola del electrodo como se observa en la figura 1.9. El fundente desempeña funciones similares a las de los revestimientos del electrodo utilizados para SMAW.

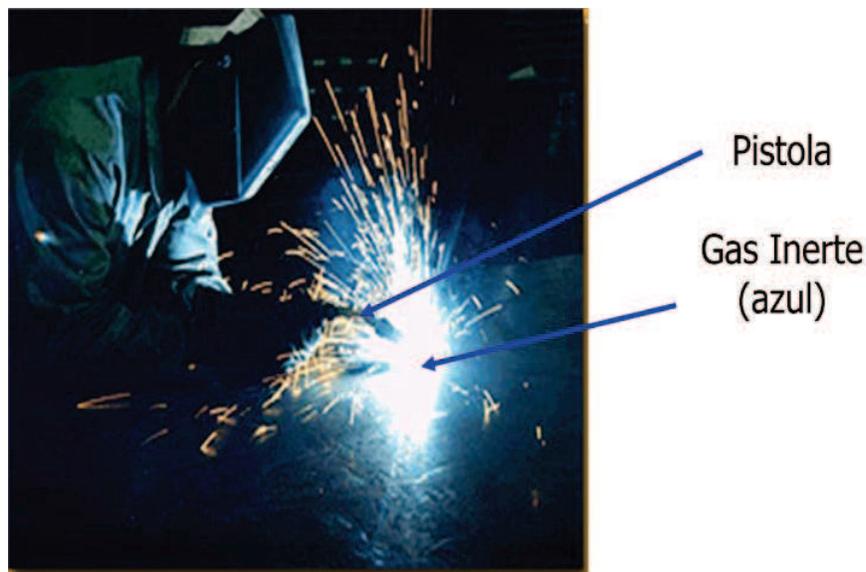


Figura 1.9 Proceso de Soldadura FCAW.

La **soldadura con escoria conductora** (ESW) produce fusión con una escoria derretida que funde el metal de relleno y las superficies del metal base. El depósito de soldadura es protegido por esta escoria fundida, que se mueve a lo largo de toda la sección transversal de la unión a medida que avanza el soldeo. La escoria conductora de electricidad se mantiene en condición fundida por su resistencia a una corriente eléctrica que fluye entre el electrodo y el metal base.

El proceso se inicia de manera semejante al de arco sumergido, tendiendo un arco eléctrico por debajo de una capa de fundente granular. Cuando se ha formado una capa suficientemente espesa de escoria fundida caliente, se detiene la acción del arco.

La corriente pasa entonces del electrodo al metal de base a través de la escoria conductora, en este punto, el proceso deja de ser un proceso de soldadura de arco y se convierte en un proceso de soldeo con escoria conductora.

El calor generado por la resistencia al flujo de corriente a través de la escoria fundida y del pozo de soldadura es suficiente para fundir los bordes de la unión y la punta del electrodo de soldeo. La temperatura del metal fundido es del orden de 3500°F. El metal líquido proveniente del alambre de relleno y el metal de base fundido desarrollan un baño debajo de la escoria que se solidifica lentamente para formar la soldadura. Durante el soldeo, ya que no existen arcos, no ocurren salpicaduras ni destellos intensos de arco.

El proceso de soldeo con escoria conductora puede utilizarse para unir planchas de $1\frac{1}{4}$ a 18 pulgadas de espesor. El proceso no puede utilizarse en aceros tratados térmicamente sin aplicar un subsiguiente tratamiento térmico.

Las especificaciones de la AWS y de otras entidades prohíben el uso de ESW para soldar acero templado y revenido o para soldar miembros estructurales cargados dinámicamente y que estén sometidos a esfuerzos de tensión o a inversión de esfuerzos.

La **soldadura con electrodos y gas (EGW)** es semejante a la soldadura con escoria conductora en cuanto que las dos son procesos automáticos apropiados solamente para soldadura en posición vertical. Los dos tipos de soldadura utilizan camisas enfriadas por agua, con el desplazamiento vertical, para contener y formar la superficie de soldadura. El proceso de soldeo con electrodo y gas difiere en que una vez que se produce un arco entre el electrodo y el metal base, éste se mantiene continuamente.

La función de atmósfera protectora se cumple con helio, argón, dióxido de carbono, o mezclas de gases alimentados de manera permanentemente en el área de la soldadura el núcleo de fundente del electrodo suministra materiales de escoria y desoxidantes para la limpieza del material de soldadura. Las superficies que van a unirse, precalentadas por el gas protector, se traen a la temperatura apropiada para fusión completa mediante el contacto con la escoria fundida.

El proceso de electrodo y gas puede utilizarse para unir material desde $1/2$ a más de 2 pulgadas de espesor. El proceso no puede usarse con material tratado térmicamente sin aplicar un subsiguiente tratamiento térmico. Las especificaciones de la AWS y de otras entidades prohíben el uso de EGW para soldar acero templado y revenido o para miembros estructurales cargados dinámicamente que están sometidos a esfuerzos de tensión o a inversión de esfuerzos.

La **soldadura de espárragos** produce coalescencia por el calor de un arco eléctrico tendido entre un espárrago de metal o una parte semejante, y otra parte del trabajo. Cuando las superficies que van a unirse se calientan de manera apropiada, se juntan bajo presión. Puede obtenerse protección parcial de la soldadura rodeando el espárrago con un marco de cerámica en el sitio de la soldadura.

La soldadura de espárrago por lo general se hace con un dispositivo o pistola, para establecer y controlar el arco. El operador coloca el espárrago en la boquilla de la pistola con el extremo del fundente hacia fuera. Luego coloca el marco de

cerámica sobre este extremo del espárrago. Una vez dispuestos los controles de tiempo y de corriente de soldeo, el operador sostiene la pistola en la posición de soldar con el espárrago presionado firmemente contra la superficie de soldar, y aprieta el gatillo.

Esto da comienzo al ciclo de soldeo al cerrar el contacto de la corriente de soldeo. Una bobina se activa para levantar el espárrago lo suficiente para que se establezca un arco entre éste y la superficie a soldar. Asimismo el calor derrite el extremo de ambos. Después del tiempo deseado de duración del arco, un control suelta un resorte que lanza al espárrago dentro del baño fundido.

Para la soldadura de espárrago se utiliza corriente continua, se necesita una alta corriente por un lapso pequeño de tiempo.

1.2.5 EMPERNADO

La mayor parte de las conexiones de campo se hacen mediante empernado, ya sea con pernos de alta resistencia (ASTM A325 o A490) o con pernos de máquinas corrientes (pernos A307), dependiendo de las exigencias de resistencia como se muestra en la figura 1.10. Con frecuencia las conexiones de taller se hacen soldadas, pero pueden utilizarse en ellas estos mismos tipos de pernos.

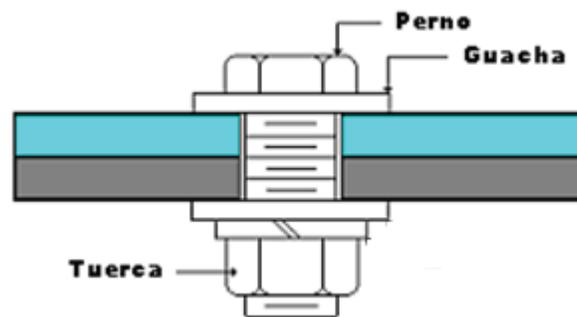


Figura 1.10 Unión de placas metálicas mediante pernos.

Las uniones con pernos de alta resistencia se denominan de tipo apoyo o conexiones de deslizamiento crítico. Las conexiones de tipo apoyo tienen una mayor carga admisible o resistencia de diseño, las conexiones de deslizamiento

crítico siempre deben apretarse completamente a los valores mínimos especificados.

Las conexiones de tipo apoyo pueden ser de apriete manual o apretadas por completo, dependiendo del tipo de de conexión y de las condiciones de servicio. Las especificaciones de la AASHTO para puentes, exigen uniones de deslizamiento crítico cuando el deslizamiento pudiera ser lesivo para la capacidad de servicio de la estructura, incluyendo uniones sometidas a carga de fatiga o significativa inversión de esfuerzo.

1.2.6 CONTRAFLECHA

La contraflecha es una curvatura dada a propósito a un miembro o estructura de tal manera que cuando se cargue, fleje con un perfil deseado. La contra-flecha puede ser para carga muerta solamente, carga muerta y carga viva parcial, o carga muerta y carga viva total. Dependiendo de las necesidades del diseño de la estructura.

Las vigas laminadas generalmente se curvan en una gran prensa conocida como prensa bulldozer o prensa de combar, o mediante el uso de calor. En una prensa de combar, la viga avanza a baja velocidad y adicionalmente se le realizan dobles en muchos puntos.

Cuando se usa calor para combar a una viga, la aleta que va a acortarse se calienta con un soplete de oxígeno. A medida que se calienta la aleta, esta trata de dilatarse. Pero debido a que es mantenida en su longitud original por el alma no calentada, la aleta se ve forzada a engrosarse y aumenta inelásticamente de espesor para aliviar sus esfuerzos a compresión, debido a su comportamiento inelástico la aleta no retomara su forma original al enfriarse.

Razón por la cual, cuando se la deja enfriar debe cortarse para que regrese a su volumen original. Por tanto, la aleta calentada experimenta un acortamiento neto que produce la contra-flecha.

A las vigas esbeltas armadas generalmente se les da la contra-flecha cortando la placa del alma con el perfil deseado antes de unir las aletas.

A las grandes armaduras que se usan en puentes se les da la contra-flecha cortando los miembros con longitudes tales que al ensamblarlos resulten las armaduras con la forma deseada. Por ejemplo, cada miembro a compresión se fabrica con su longitud geométrica más la deformación axial calculada, de la misma manera se realiza esto con los miembros a tensión se fabrica con su longitud geométrica menos la deformación axial calculada.

1.2.7 PREENSAMBLADO DE TALLER

Cuando se completan las principales operaciones en un miembro principal, como punzonamiento, taladrado y corte, y cuando se fabrican las piezas de detalle conectadas a éste, todos los componentes se juntan para ser armados, es decir, ensamblados temporalmente con pernos, prensas o puntos de soldadura. En este momento, el miembro se inspecciona en cuanto a exactitud de dimensiones, encuadre y en general, concordancia con los planos de detalle.

Deben detectarse entonces los desajustes en los agujeros de las partes por aparejar, y escariar los agujeros, si fuere necesario, para insertar los pernos. Cuando se completa el armado, el miembro es empernado o soldado con las conexiones finales de taller.

El tipo de preensamblado o armado de taller que acaba de describirse es una práctica corriente de taller, efectuada de manera rutinaria en casi todos los trabajos.

No obstante, hay otra clase de armado que se asocia principalmente con puentes de autopista y ferrocarriles, y que puede requerirse por especificaciones de proyecto. Estas pueden disponer que los agujeros en conexiones y uniones de campo empernadas sean escariados mientras se ensamblan los miembros en el taller.

Tales exigencias deben revisarse con cuidado antes de especificarse. Los pasos de sub-punzonamiento (o sub-taladrado), ensamble de taller y escariado de las conexiones de campo añaden costos significativos.

El moderno equipo de taladrado de control numérico CNC puede proporcionar agujeros de tamaño total localizados con un alto grado de exactitud. Por ejemplo, las especificaciones de la AASHTO incluyen disposiciones para procedimientos reducidos de ensamble de taller cuando se utilizan operaciones de taladrado con CNC.

Cuando se requieren ensamblaje y escariado, se aplican las siguientes instrucciones:

- Las uniones en vigas principales de puentes por lo general se ensamblan escariadas. Como alternativa, los extremos adyacentes y el material de las uniones pueden escariarse utilizando plantillas en forma independiente.
- Los extremos de las vigas transversales y sus agujeros de aparejamiento en armaduras o vigas principales, usualmente se ajustan a los patrones de manera separada.
- Para escariar las conexiones de armadura, se usan tres métodos en los talleres de fabricación. El procedimiento a utilizarse en un trabajo está determinado por las especificaciones del proyecto o por el diseñador.

Asociados con los métodos de escariado de armaduras de puentes, está el método de darles contraflecha el cual detallamos anteriormente.

1.2.8 SECCIONES LAMINADAS

Las secciones laminadas en caliente mediante trenes de rodaje y entregadas al fabricante, incluyen las siguientes denominaciones:

- Perfiles W, los cuales son perfiles de aletas anchas con caras prácticamente paralelas.

- Perfiles S, este tipo de vigas son estándar con pendientes de $16 \frac{2}{3}\%$ en las caras interiores de las aletas,
- Perfiles HP, son perfiles para pilotes de apoyo (iguales a los perfiles W pero con aletas y alma del mismo espesor).
- Perfiles M, son perfiles misceláneos que son semejantes a los perfiles W, S o HP, pero no pertenecen a esas clasificaciones).
- Perfiles C, perfil canal estándar norteamericano con pendiente de $16 \frac{2}{3}\%$ en las caras interiores de las aletas
- Perfiles MC, son similares a los perfiles C; perfiles y ángulos L y ST, son perfiles estructurales en T obtenidos por corte de perfiles W, M o S.

Este tipo de material, así como las planchas y barras, reciben la denominación colectiva de materia prima. Para satisfacer las necesidades de un proyecto en particular, parte de la materia prima puede comprarse en una gran ferretería local o se toma del propio material de reserva del fabricante.

Sin embargo, la mayor parte se la solicita directamente a una siderúrgica, con propiedades y dimensiones específicas. En la orden, cada pieza de acero recibe una señal que lo identifica y por medio de la cual puede rastrearse su origen. Los informes de las pruebas hechas en la siderúrgica son proporcionados por éstas al fabricante para verificar que se han cumplido los requisitos especificados.

Los perfiles de acero, como vigas, columnas y cuerdas de armadura, que constituyen la principal materia prima para un proyecto, con frecuencia se ordenan con aproximadamente su longitud final. La longitud exacta ordenada depende del tipo de conexión o preparación en los extremos y la medida en que la longitud final puede determinarse en el momento de ordenar.

Esta longitud que se solicita debe tener en cuenta las tolerancias que se tienen en laminación sobre la longitud. Para los perfiles de aleta ancha varían desde $\pm \frac{3}{8}$ hasta $\pm \frac{1}{2}$ pulgadas o más, dependiendo del tamaño y de la longitud de la sección. Por tanto, las vigas que van a tener en sus extremos conexiones de tipo pórtico o silla, se ordenan con longitudes tales que a la entrega no queden

demasiado largas. Cuando se fija el material de conexión, éste se coloca en forma que resulte la longitud deseada.

Las vigas que se van a ensamblar en forma directa a otros miembros, como es generalmente el caso en la construcción soldada, deben ordenarse con longitudes tales que a la entrega no resulten demasiado cortas. Además, debe añadirse una tolerancia para el desbaste.

Los perfiles de aleta ancha que se usan en columnas se ordenan con una tolerancia que tenga en cuenta el acabado en los extremos.

Elementos como ángulos para arriostramiento o miembros del alma de armaduras, material de detalle y miembros livianos, en general, se ordenan en piezas largas de las cuales pueden cortarse varios miembros.

El material de plancha como el que se usa en las almas de las vigas esbeltas armadas se ordena generalmente a las dimensiones requeridas más cantidades adicionales para el desbaste y la contraflecha.

El material de plancha, como el usado en las aletas de las vigas esbeltas armadas o en las aletas y almas de columnas armadas, se ordena generalmente a la longitud requerida más la tolerancia para el desbaste pero en anchuras múltiples para cortarlo con soplete a los anchos requeridos.

Las dimensiones con que se ordenan las secciones estándares, es decir, anchuras múltiples, longitudes múltiples, etc. Reciben cuidadosa consideración del fabricante por que los precios unitarios del material dependen de las dimensiones así como de las propiedades físicas y de la composición química.

La fabricación de las secciones estándar implica varias de las siguientes operaciones o todas ellas: hechura de plantillas, marcado, punzonado y taladrado, ensamblaje y escariado, empernado, soldeo, terminado, inspección, limpieza, pintura y embarque.

1.2.9 SECCIONES ARMADAS

Son miembros hechos por un fabricante a partir de dos o más secciones estándar. En la figura 1.11 se muestran ejemplos de secciones comunes armadas. Los miembros armados son especificados por el diseñador cuando las propiedades deseadas no pueden obtenerse en un solo perfil laminado en caliente. Las secciones armadas pueden ser empernadas o soldadas.

En general, los miembros soldados son menos costosos debido a que se requiere menos manejo en el taller y en razón de una utilización más eficiente del material. Las líneas limpias de los miembros soldados producen además una mejor apariencia.

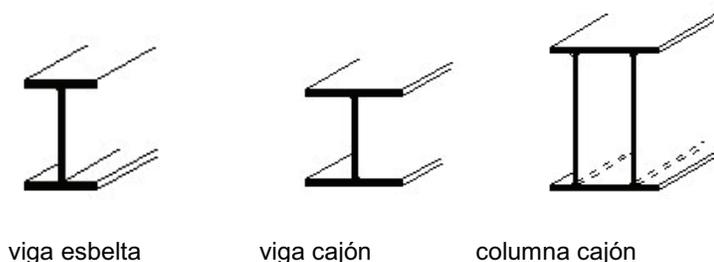


Figura 1.11 Secciones Armadas.

Las **vigas laminadas con cubreplacas** se utilizan cuando no hay disponible la capacidad de flexión requerida en una viga estándar laminada o cuando limitaciones de altura impiden el uso de una viga laminada más alta o de una viga esbelta armada. Las vigas con cubreplacas se usan además en construcción compuesta para obtener la eficiencia de una sección no simétrica.

El material para cubreplacas se ordena en múltiples anchuras para cortarlo con soplete en el taller al ancho requerido. Por esta razón, cuando en un proyecto existen condiciones diferentes de diseño, resulta para el diseñador una buena práctica, así como una buena economía, especificar tan pocos espesores de cubreplaca diferentes como sea posible y variar el ancho de la placa para los diferentes miembros.

Para las secciones empernadas, las cubreplacas y las aletas de las vigas laminadas se punzonan por separado y luego se juntan para el ensamble. Se instalan suficientes pernos provisionales para mantener alineadas las cubreplacas, y se escarían los agujeros que lo necesiten para corregir leves disparidades en su empate. Para las secciones soldadas, las cubreplacas se mantienen en posición con pequeños puntos intermitentes de soldadura hasta que se ha hecho la soldadura definitiva.

Las **vigas esbeltas armadas** son especificadas cuando la capacidad de momento, la rigidez o en ocasiones, la capacidad de resistir corte del alma no puede obtenerse en una viga laminada. Éstas generalmente se obtienen mediante soldadura.

Las vigas esbeltas armadas soldadas constan de una placa para el alma, una placa para la aleta superior e inferior y placas rigidizadoras. El material del alma se ordena al proveedor con el ancho que va a tener entre las placas de las aletas más una tolerancia para el desbaste y la contraflecha si ésta se requiere. El material de las aletas se ordena de múltiples anchuras para cortarlo con los anchos deseados en el taller.

Cuando se necesitan varias vigas principales idénticas que tienen uniones de aletas hechas en el taller, por lo general los fabricantes primero tienden el material de la aleta de extremo a extremo en las anchuras ordenadas y empalman los extremos en contacto con las soldaduras de surco requeridas. Las placas largas y anchas producidas de este modo se cortan luego en los anchos requeridos.

Para que sea aplicable este procedimiento, las aletas deben diseñarse con anchura constante a todo lo largo de la viga. Este método es ventajoso por varias razones: las anchuras de la aleta permiten soldaduras de surco suficientemente grandes para justificar el uso de equipo de soldar automático.

Después de que las placas de alma y de aleta se cortan a los anchos apropiados, se juntan para su ensamblaje y soldadura final. Las soldaduras entre alma y

aletas, por lo común soldaduras de filete, se posicionan para soldeo con la máxima eficiencia. Para soldaduras relativamente pequeñas, se puede posicionar una viga con el alma horizontal para permitir soldar las dos aletas de manera simultánea. Luego la viga es volteada y se realizan las soldaduras en el otro lado.

Cuando se requieren soldaduras de filete relativamente grandes, la viga es sostenida mediante un accesorio con el alma a un ángulo cercano a los 45° para permitir que se deposite una soldadura a la vez en la posición plana. En cualquiera de los dos métodos. Las soldaduras entre las aletas y el alma se hacen con equipos de soldar automáticos que producen soldaduras de buena calidad.

Por esto, los fabricantes prefieren usar soldaduras de filete continuas en lugar de soldaduras discontinuas, aunque puede darse el caso que una de estas soldaduras satisfaga los requisitos de diseño.

Después de hechas las soldaduras entre el alma y las aletas, la viga se desbasta a su longitud de detalle. Esto no se ha hecho antes por la dificultad de predecir la cantidad exacta de acortamiento de la viga debida a la contracción ocasionada por las soldaduras entre alma y aletas.

Si se requieren agujeros en el alma o en las aletas, la viga es taladrada este paso requiere trasladar toda la viga hasta los taladros. De ahí que, por razones económicas, los agujeros en el material principal deben evitarse por la cantidad adicional que se requiere de manejo de carga pesada. En cambio, los agujeros deben situarse en el material de detalle, como son los rigidizadores, que pueden taladrarse antes de soldarlos a la viga principal.

Luego se deben fijar los rigidizadores al alma. Las soldaduras entre estos elementos con frecuencia es tipo filete. Éstas se hacen con el alma horizontal, las soldaduras a cada lado de un rigidizador pueden depositarse de manera simultánea con equipos automáticos.

Las **vigas esbeltas armadas curvadas horizontalmente** para los puentes, constituyen un caso especial. Para fabricarlas se utilizan dos métodos generales: en el primero, las aletas se cortan de una plancha ancha siguiendo la curva prescrita; luego el alma es doblada a esta curvatura y soldada a las aletas. En el segundo procedimiento, la viga se fabrica recta y luego se curva aplicando calor a las aletas. Este método consta en las normas AASHTO y es el más usado pues genera menos desperdicios cuando se corta las placas de las aletas, pueden lograrse ahorros utilizando cortes y soldaduras múltiples para las placas de la aleta, y se evita la necesidad de usar soportes y accesorios especiales para ensamblar una viga siguiendo una curvatura.

Las **columnas** generalmente requieren la operación adicional de acabado en sus extremos de apoyo. En las columnas soldadas, todas las soldaduras que conectan el material principal se hacen primero, para eliminar incertidumbres en la longitud por la contracción ocasionada por el soldeo. Después de darle el acabado a los extremos, se añade el material de detalle, como por ejemplo las placas de conexión para vigas.

Por razones de economía, deben evitarse agujeros en el material principal con el fin de eliminar el manejo adicional de trasladar toda la columna hasta el taladro. Los agujeros deben situarse preferiblemente en el material de detalle.

1.2.10 LIMPIEZA Y PINTURA

El manual de la AISC señala que, en general, el trabajo en acero que va a ir tapado dentro de la construcción no necesita pintarse y que el acero bañado en hormigón no debe pintarse. La inspección de viejas construcciones ha revelado que el acero resiste la corrosión casi de manera igual, bien sea que esté pintado o no.

Cuando se requiere pintura, se aplica en taller un recubrimiento que sirve como base para subsiguientes capas de recubrimiento aplicadas en la obra. El primero está destinado a proteger el acero sólo durante un periodo corto de exposición.

El acero que va a pintarse debe limpiarse por completo de cualquier cascarilla de laminación y óxido sueltos, de suciedad y otras materias extrañas. A menos que el fabricante hubiese sido instruido de hacer lo contrario, la limpieza del acero estructural se hace comúnmente con un cepillo de alambre.

El tratamiento del acero estructural expuesto con fines arquitectónicos difiere un poco del tratamiento del acero en situaciones no expuestas. Ya que la preparación de la superficie es el factor más importante de los que afectan el comportamiento de la pintura en las superficies de acero estructural, es común que se especifique limpieza con chorro a presión para el acero que va a ser expuesto como medio de eliminar toda la cascarilla de laminación.

La cascarilla de laminación que se forma sobre el acero estructural después del laminado en caliente, protege el acero de la corrosión pero sólo mientras esta cascarilla permanezca intacta y adherida firmemente al acero. Sin embargo, la cascarilla de laminación raras veces se encuentra intacta en el acero fabricado en razón del deterioro causado por la intemperie durante el almacenamiento y embarque y por el aflojamiento causado por las operaciones de fabricación.

El desprendimiento a ras de la cascarilla de laminación, que ocasiona un tipo de falla de la pintura por levantamiento de dicha cascarilla, se atribuye a una condición rota o agrietada de la cascarilla de laminación en el momento de pintar.

El acero que va a estar expuesto a la intemperie y se va a dejar sin pintar, como el A588 o el A242, generalmente se trata de una de dos maneras, dependiendo de la aplicación.

Para estructuras donde no es importante la apariencia y el mantenimiento mínimo es la consideración básica, el acero puede montarse sin ninguna preparación de la superficie. Mientras el acero retenga cascarilla de laminación, no tendrá un color uniforme. Pero cuando la cascarilla pierde su adherencia y se descascara, el metal expuesto forma el revestimiento de óxido firmemente adherido que es característico de este tipo de acero, y con el tiempo resulta un color uniforme.

Donde es importante el color uniforme del acero desnudo y sin pintura, al acero se le debe eliminar la cascarilla de laminación mediante la limpieza con chorro a presión hasta lograr un metal casi blanco. En este tipo de aplicaciones, deben tomarse precauciones adicionales para proteger las superficies ya limpias de rayones y manchas.

1.3 PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE

1.3.1 EQUIPO DE MONTAJE

Los puentes de acero se montan generalmente con grúas, grúas giratorias de mástil o aparejos especializados. Las grúas móviles incluyen grúas de oruga y grúas de camión. Las grúas estacionarias incluyen grúas de torre y grúas trepadoras. Las grúas de patas rígidas y las grúas atirantadas son máquinas estacionarias de izar. Una línea alta es un ejemplo de un aparejo especializado.

Estos diversos tipos de equipos de montaje utilizados para la construcción con acero, también se utilizan para la construcción en hormigón prefabricado o colado en obra.

Una de las máquinas más comunes para montaje de acero es la grúa de oruga la cual se observa en la figura 1.12. Estas grúas son autopropulsadas y están montadas sobre una base móvil que tiene una cadena sin fin de orugas para su propulsión.

La base de la grúa contiene un tornamesa que permite 360° de rotación. Las grúas vienen con aguilonos de hasta 450 pies de altura y capacidades de hasta 350 toneladas. Contrapesos auto-contenidos impiden el volcamiento.

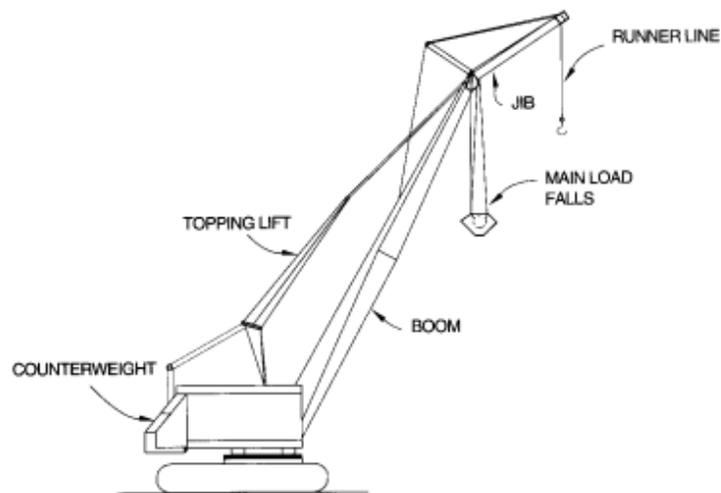


Figura 1.12 Grúa de Oruga.

Las grúas de camión que muestran en la figura 1.13 son similares en muchos aspectos a las anteriores, pero su principal diferencia es que están montadas sobre llantas de caucho y, por tanto, tienen mucha mayor movilidad sobre superficies duras. Pueden utilizarse con aguilones de hasta 350 pies de longitud y tienen capacidades de hasta 250 toneladas. Asimismo, poseen patas en voladizo (que siempre se utilizan) para suministrar estabilidad.

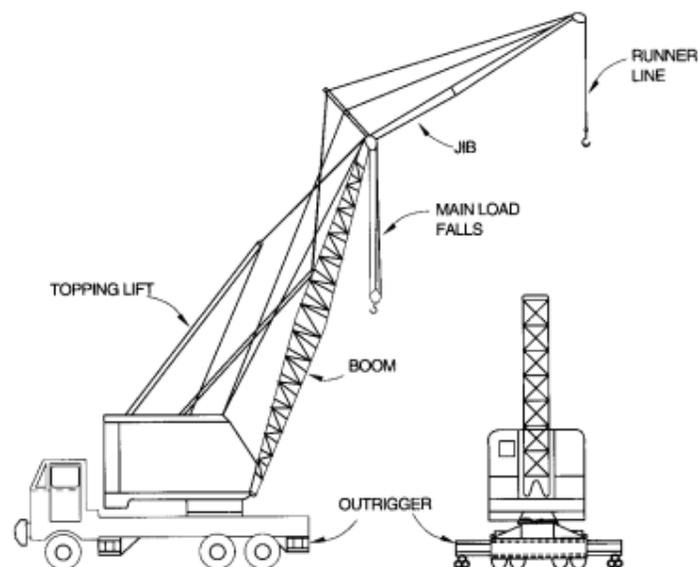


Figura 1.13 Grúa de Camión.

Una grúa de patas rígidas consta de un aguilón y un mástil vertical soportados rígidamente por dos patas que son capaces de resistir cualquier fuerza de tensión o de compresión, y de ahí su nombre de patas rígidas como se aprecia en la figura 1.14.

Este tipo de grúas son sumamente versátiles en cuanto que pueden utilizarse en una ubicación permanente como grúas de patio o pueden montarse sobre un marco equipado con ruedas para utilizarse como corredera en el montaje de puentes. Una grúa de patas rígidas también puede montarse sobre un dispositivo llamado trepador, y gracias a él, levantarse a sí misma verticalmente sobre una estructura a medida que avanza el montaje.

Dichas grúas pueden variar desde pequeñas (unidades de 5 toneladas), a grandes (unidades de 250 toneladas) con mástiles de 80 pies y aguilones de 180 pies.

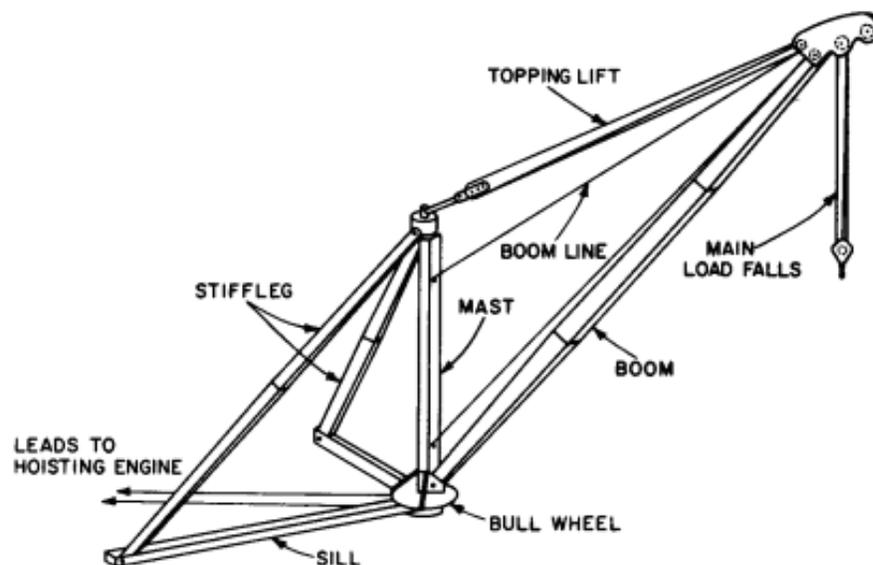


Figura 1.14 Grúa de Patas Rígidas.

Las grúas de torre giratorias ver figura 1.15, de varias formas se utilizan ampliamente para el montaje de puentes. Diversos fabricantes ofrecen accesorios para convertir grúas de camión o de oruga convencionales en grúas de torre. Este tipo de grúa se caracteriza por tener una torre vertical, que reemplaza el aguilón

convencional, y un largo aguilón en la parte superior que por lo general puede acomodar también un pescante. Con los cables principales de carga suspendidos de su extremo, el aguilón es levantado o bajado para mover la carga acercándola o alejándola de la torre. A las grúas se les aplica contrapesos de la misma manera que a las grúas de camión o de oruga convencionales. La capacidad de estas grúas de torre varía ampliamente, dependiendo de la máquina, altura de la torre, y longitud y ángulo del aguilón. Estas grúas se han utilizado con torres de 250 pies de altura y aguilonos de 170 pies de longitud. Por lo general, pueden rotar 360°.

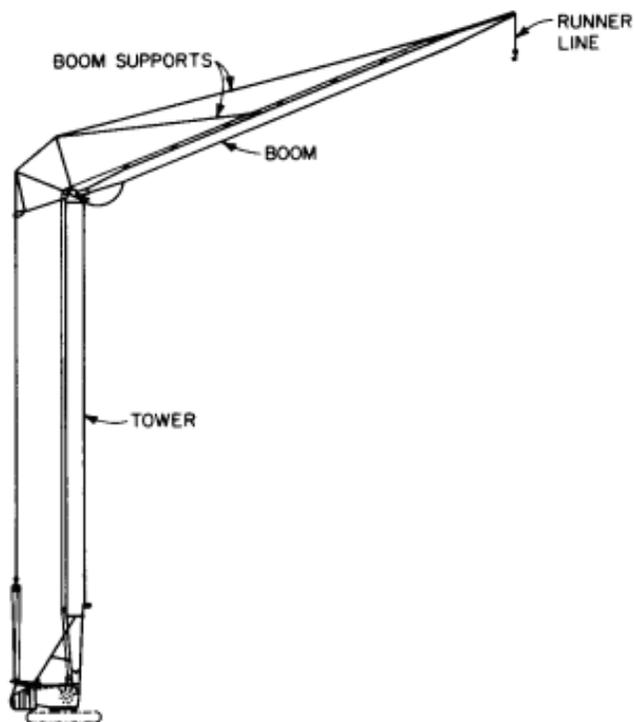


Figura 1.15 Grúa tipo torre sobre base de oruga.

1.3.2 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DE PUENTES.

El montaje de puentes se efectúa mediante diversos métodos. La elección de un método en un caso determinado está influenciada por el tipo de estructura, longitud de la luz, condiciones del sitio, modo de envío de material al sitio y equipo disponible. Los puentes que van a construirse sobre corrientes de aguas navegables están limitados a veces a procedimientos de montaje que no inhiban el flujo de tráfico; por ejemplo, puede prohibirse el uso de cimbras.

Independientemente del procedimiento de montaje que se haya seleccionado, hay dos consideraciones que superan a todas las demás. La primera es la seguridad y la estabilidad de la estructura bajo todas las condiciones de construcción parcial, carga de construcción y carga de viento, que se encontrarán durante el montaje. La segunda consideración es que el puente debe montarse de tal modo que se desempeñe como se planifico.

1.3.3 MONTAJE DE PUENTES DE VIGA SIMPLE.

Por lo general este tipo de puentes se montan con una grúa de oruga o de camión. Usualmente los puentes de este tipo requieren una cantidad mínima de ingeniería y son montados de manera rutinaria por un montador experimentado.

No obstante, ocurre un problema relacionado con las luces de las vigas, en especial de las vigas compuestas; surge de la inestabilidad lateral de la aleta superior durante el izaje o antes de la colocación del arriostramiento permanente.

Las vigas secundarias o principales que son demasiado flexibles para izarlas sin arriostramiento, exigen soporte temporal de la aleta a compresión comúnmente en forma de una armadura rigidizadora.

También puede suministrarse soporte lateral ensamblando dos miembros adyacentes en el suelo con sus arriostramiento o miembros en cruz y montando el ensamblaje en una pieza. Las vigas que pueden ser levantadas sin arriostramiento pero que no son demasiado flexibles para cubrir la luz solas también pueden montarse por pares, o puede ser necesario mantenerlas fijas con la grúa hasta que puedan hacerse las conexiones de arriostramiento.

1.3.4 PUENTES DE VIGA CONTINUA

El montaje de estos puentes es similar al de los puentes de viga simple. Sin embargo, habrá uno o más empalmes de campo en los largueros o vigas longitudinales de las vigas continuas. Con empalmes de campo empernados, los

agujeros de los miembros y material de conexión han sido escariados en el taller para asegurar la alineación apropiada del miembro.

Con un empalme de campo soldado, por lo general es necesario suministrar material de conexión temporal para apoyar el miembro y permitir el ajuste de la alineación y posicionamiento apropiados para la soldadura.

Por razones de economía, los empalmes en obra deben localizarse en puntos de momento de flexión relativamente bajo. También resulta económico dejar al montador alguna opción en cuanto a la localización de los empalmes, lo cual puede afectar de manera considerable el costo del montaje.

Por ejemplo, si debe evitarse el uso de cimbras, la disposición de empalmes exigirá que los dos tramos extremos se monten primero, y luego los tramos centrales. La disposición de empalmes permitirá que el montaje proceda de un extremo al otro. Aunque se usan ambos tipos de disposición de empalmes, uno puede tener ventajas sobre el otro en una situación específica.

1.3.5 PUENTES DE VIGA CURVADOS HORIZONTALMENTE

Son semejantes a los puentes de viga recta, excepto por los efectos de torsión. Si debe evitarse el uso de cimbras es necesario resistir los momentos torsores ensamblando dos vigas adyacentes con sus diafragmas o arriostramiento lateral temporal o permanente, y montar el ensamblaje como una unidad estable. Los diafragmas y sus conexiones deben ser capaces de resistir los momentos de los extremos, inducidos por los momentos torsores de la viga.

1.3.6 PUENTES DE ARMADURA

Estos puentes requieren una gran cantidad de investigación para determinar la factibilidad de un esquema de montaje deseado o las imitaciones de un esquema de montaje necesario. El diseño de puentes de armadura, ya sean simples o

continuos, por lo general supone que la estructura está completa y es estable antes de ser cargada.

Sin embargo, el montador tiene que imponer cargas muertas, y a menudo cargas vivas, sobre el acero cuando la estructura está sólo parcialmente montada. La estructura debe montarse de manera segura y económica de tal modo que no se vaya a sobre esforzar ningún miembro o conexión.

Los esfuerzos de montaje pueden ser de signo contrario y de mayor magnitud que los esfuerzos de diseño. Cuando se diseñan como miembros a tensión pero se ven sometidos a sustanciales esfuerzos a compresión durante el montaje, los miembros pueden arriostarse temporalmente para reducir su longitud efectiva.

Si el arriostamiento no es práctico, pueden hacerse más pesados. Los miembros diseñados como miembros a compresión pero sometidos a fuerzas de tensión durante el montaje, son investigados en cuanto a lo adecuado del área de su sección neta cuando existen agujeros para las conexiones. Si la sección neta es inadecuada, el miembro debe hacerse más pesado.

Una vez se ha desarrollado un esquema de montaje, el ingeniero a cargo del montaje analiza la estructura bajo cargas de montaje en cada etapa de éste y compara los esfuerzos de montaje con los de diseño. En este punto, se debe planificar si se debe usar miembros de refuerzo o arriostamiento, en caso necesario.

Las cargas de montaje incluyen los pesos de todos los miembros de la estructura en la determinada etapa del montaje y las cargas provenientes de cualquier equipo de montaje que pueda estar sobre la estructura. Las cargas debidas al viento se suman a estas cargas.

Además de determinar los esfuerzos en los miembros, el ingeniero a cargo del montaje habitualmente calcula las reacciones para cada etapa del mismo, ya sean

reacciones en los estribos o en los pilares o sobre las cimbras. Las reacciones en las cimbras se necesitan para el diseño de éstas.

Las reacciones sobre los estribos y pilares pueden revelar una fuerza de levantamiento temporal que debe ser contrarrestada colocando contrapesos o utilizando anclajes.

A menudo, el ingeniero también calcula las deflexiones, tanto verticales como horizontales, en puntos críticos para cada etapa del montaje con el fin de determinar el tamaño y la capacidad de los gatos que pueden necesitarse en las cimbras o en la estructura.

Cuando se han calculado todos los esfuerzos del montaje, se debe preparar planos detallados que muestren las cimbras (en caso que se requieran), el arriostramiento necesario para el montaje con sus conexiones, las alteraciones requeridas para cualquier miembro o junta permanente, la instalación de gatos y aparejos temporales de gatear y dispositivos de apoyo para las reacciones temporales sobre las cimbras. Además, los planos muestran el orden preciso en que debe hacerse el montaje de los miembros individuales.

1.3.7 TOLERANCIAS DE CAMPO

Las variaciones admisibles con respecto a las dimensiones teóricas de una estructura montada están especificadas en el “CODE OF STANDARD PRACTICE FOR STEEL BUILDINGS & BRIDGES” del AISC, el cual establece que las variaciones están dentro de los límites de la buena práctica o tolerancia de montaje cuando no sobrepasan el efecto acumulativo de las tolerancias admisibles de laminación, fabricación y montaje. Estas tolerancias se restringen en ciertos casos a los máximos acumulativos totales.

CAPÍTULO 2

PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN DE UN PUENTE METÁLICO TIPO ARCO.

2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS PUENTES TIPO ARCO.

En verdad el arco es uno de los tipos atractivos de puente. A menudo es definido por el ingeniero de estructuras como una estructura que bajo cargas verticales, tiende a producir reacciones horizontales convergentes. Si se examina el arco curvo de la figura 2.1, se observa que bajo las cargas verticales mostradas, el arco tiende a abrirse o aplastarse. Para evitarlo en los apoyos deben proporcionarse grandes reacciones hacia dentro o convergentes.

Por este hecho, hay una bien conocida expresión respecto a los arcos, que dice “un arco nunca duerme”, porque el empuje horizontal siempre está ahí, aunque solo se deba al peso del arco.

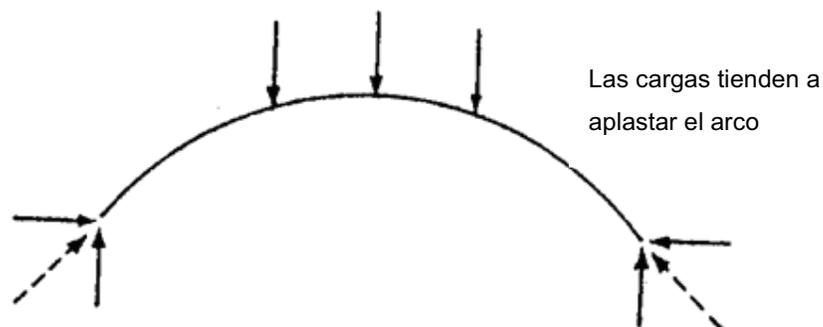


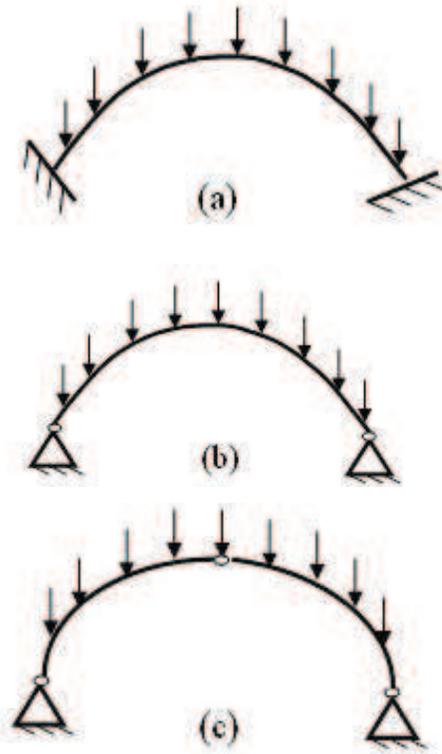
Figura 2.1 Fuerzas que actúan sobre el Arco

Las reacciones horizontales o empujes, tienden a producir momentos en un arco, lo que a su vez tienden a anular los momentos producidos por las componentes verticales de la reacción. En otras palabras, las resultantes de las componentes verticales y horizontales de la reacción en el apoyo (mostradas con línea

interrumpida en la figura 2.1) tienden a producir primordialmente compresión axial en el arco. Es posible construir un arco de forma parabólica, que cuando sea cargado con una carga uniforme, no tenga momento de flexión.

2.1.1 TIPOS DE ARCOS

Los arcos se clasifican según las restricciones de los apoyos en:



**Figura 2.2 Tipos de arcos según reacciones en los apoyos
(a) Biempotrados, (b) Biarticulados, (c) Triarticulados**

Los arcos biempotrados (figura 2.2 a) se construyen generalmente en concreto reforzado y en cañones profundos, donde los apoyos pueden soportarse en roca resistente.

Los biarticulados (figura 2.2 b) son los más comunes. En estos, la reacción horizontal algunas veces se da por el terreno y en otras mediante un elemento interno a tensión, son los denominados arcos «atirantados».

Los arcos triarticulados (figura 2.2 c) se construyen generalmente en madera estructural laminada o en acero y son estructuras insensibles al asentamiento de los apoyos y pueden analizarse mediante los métodos de la Estática, estudiados hasta el presente.

Como los arcos son usados ampliamente en la construcción de puentes, según la colocación del tablero del mismo también se clasifican en:

2.1.1.1 Arcos con tablero superior (figura 2.3, figura 2.4)

En los cuales las cargas se transmiten al arco mediante elementos a compresión, denominados «montantes».

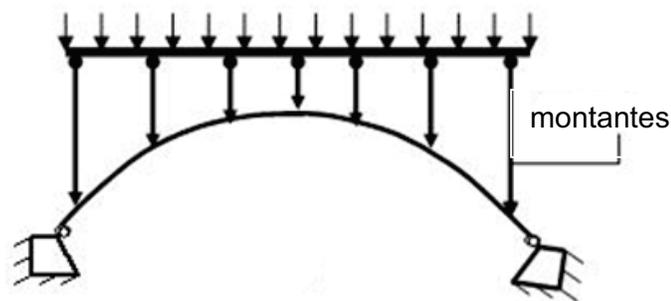


Figura 2.3 Arco con tablero superior



Figura 2.4 Puente del cañón de Glen, Arizona (USA), 313.5 metros.

2.1.1.2 Arcos con tablero inferior (figura 2.5, figura 2.6)

En los cuales las cargas son transmitidas al arco mediante elementos a tensión denominados «tirantes o tensores».

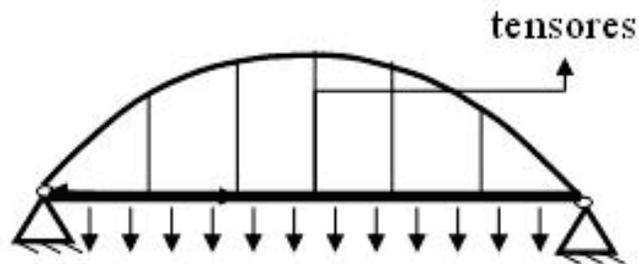


Figura 2.5 Arco con tablero inferior



Figura 2.6 Puente de Tangermünde sobre el Elba, (Alemania), 185 metros.

2.1.1.3 Los arcos con tablero intermedio (figura 2.7)

Son menos comunes y se presentan en varios arcos en serie en los cuales el tablero se sostiene mediante elementos a compresión cerca de los apoyos y con tensores en la luz central.



**Figura 2.7 Arco con tablero intermedio.
Puente de Fremont, Portland (USA), 383 metros**

2.1.2 COMPARACIÓN DE LOS PUENTES EN ARCO CON OTROS TIPOS DE PUENTES.

Debido al amplio intervalo de luces dentro del cual puede usarse la construcción en arco, ésta puede competir con casi todos los otros tipo de estructura.

Comparación con los puentes de luces simples. La construcción con vigas o armaduras de luces simples normalmente se encuentran en el intervalo de las luces más cortas, usadas hasta un máximo de unos 800 pies (243.84 metros).

Bien sea los arcos verdaderos en condiciones favorables o los arcos atirantados, en todos los casos son competitivos en el intervalo de 200 a 800 pies (60.96 a 243.84 metros) (hay una pequeña diferencia en costo entre estos dos tipos dentro de este intervalo de luces). Con el énfasis creciente en la apariencia de los puentes, los arcos son seleccionados preferiblemente a construcción de luces simples, excepto para luces cortas para las cuales pueden usarse vigas.

Comparación con puentes voladizos (contrapesos) o armaduras continuas. El intervalo normal para la construcción en voladizo o con armaduras continuas es del orden de 500 a 1800 pies (152.4 a 548.64 metros) para luces principales.

Probablemente el límite superior es casi de 1500 pies (457.2 metros). Los arcos atirantados son competitivos para luces en el intervalo de 500 a 1000 pies (152.4 a 304.8 metros). Los arcos verdaderos son competitivos si las condiciones de cimentación son favorables para luces desde 500 pies (152.4 metros) hasta el máximo para los otros tipos. Sin embargo, la economía relativa de los arcos se mejora cuando las condiciones del sitio hacen posible el uso de construcción de luces relativamente cortas en las áreas cubiertas para las luces extremas de las armaduras continuas o de contra peso.

La situación económica es aproximadamente ésta: para tres luces continuas o esquemas de contrapeso organizados para la máxima economía, el costo por pie es casi igual para las luces extrema y la central.

Si un arco atirantado o verdadero se sustituye para la luz central, el costo por pie puede ser mayor que el promedio para los tipos en voladizo o continuos. Sin embargo, si las luces externas se sustituyen por luces relativamente cortas en estos tipos, el costo por pie en la longitud de esas luces se reduce de manera considerable. Por tanto, para una combinación de luces cortas y una luz grande de arco, el costo global entre pilas extremas puede ser menor que para los otros tipos. En cualquier caso la diferencia en costo no debe ser mayor.

Comparación con los puentes atirantados y los puentes colgantes. Tales estructuras casi nunca se usan para luces de menos de 500 pies (152.4 metros).

Por encima de 3000 pies (914.4 metros), los puentes colgante son probablemente la solución más práctica. En luces más cortas, es posible que la construcción autoanclada sea más económica que la de anclajes independientes. Los arcos son competitivos en costo con el tipo colgante autoanclado o con tipos similares funcionales de vigas o armaduras atirantadas.

Se ha usado pocos puentes colgantes para luces por debajo de 1000 pies (304.8 metros), excepto para algunas luces autoancladas. Para luces mayores de 100 pies (304.8 metros), no es posible hacer ningún pronunciamiento general sobre

costos comparativos. Cada sitio requiere un estudio específico de diseños alternativos.

2.2 FABRICACIÓN DEL PUENTE TIPO ARCO.

Para el desarrollo de la fabricación del puente tipo arco, se divide a la estructura en sistemas de fabricación, definidas por las configuraciones físicas del puente. Así, se estudia a la fabricación desde los sistemas siguientes:

- Fabricación de la estructura del arco.
- Fabricación de los pendolones.
- Fabricación de la viga de rigidez.

Dentro de cada sistema, se dan subsistemas que permiten un análisis más detallado de cada punto.

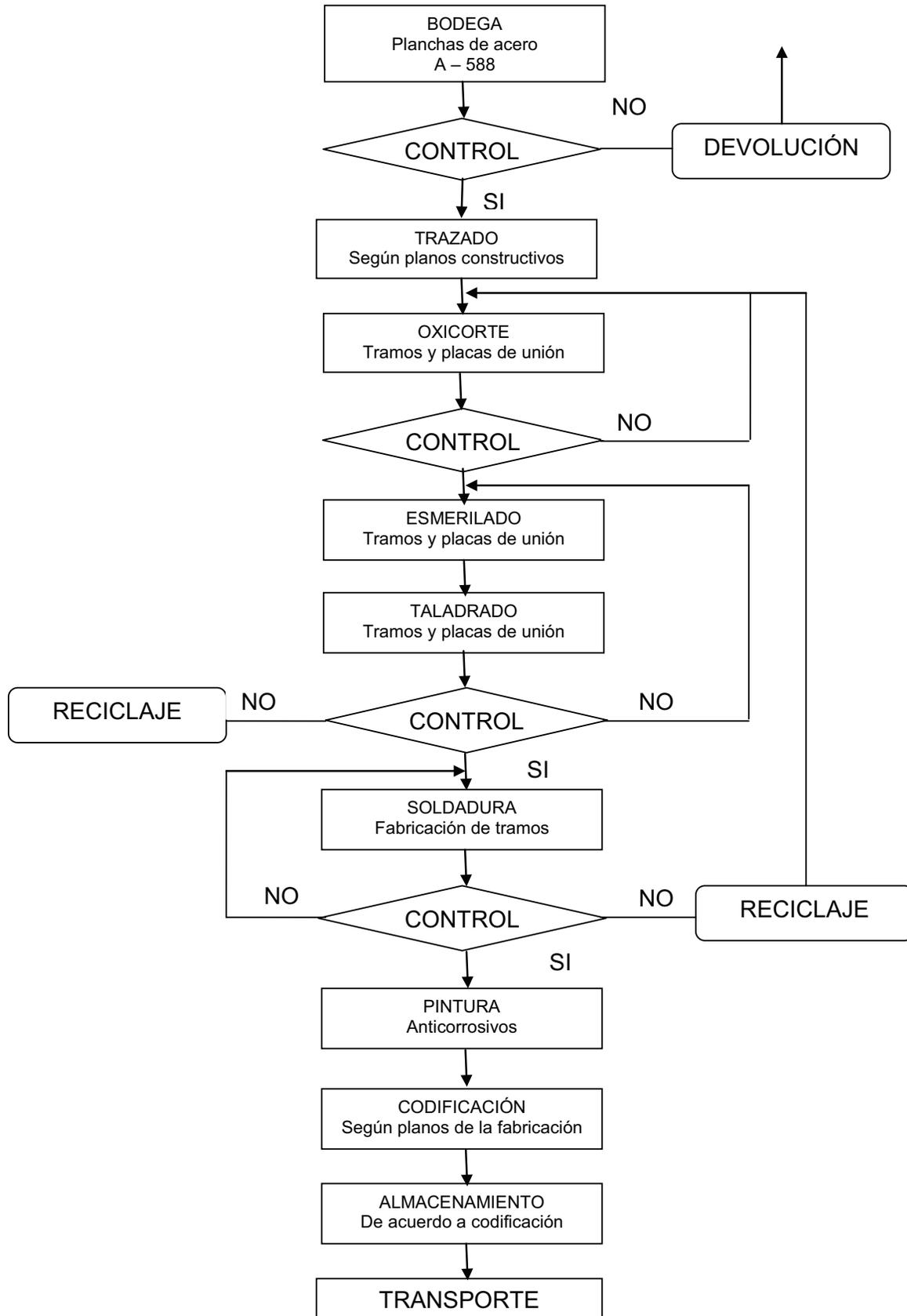
2.2.1 FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ARCO.

Esta puede analizarse desde los subsistemas:

- Estructura del arco propiamente dicha.
- Arriostramientos del arco.

En definitiva todos los elementos del puente dada su similitud, siguen un flujo de proceso muy similar a los mostrados en el flujograma 1 (producción de tramos y producción de arriostramientos del arco), según aplique y con modificaciones pertinentes.

FLUJOGRAMA 1: FABRICACIÓN DEL ARCO



2.2.1.1 Fabricación de la estructura propiamente dicha.

Producción por tramos, incluye la producción de los tramos que conforman el conjunto “arco”. Las geometrías y longitudes requeridas de cada tramo del arco se obtienen de los planos, se utiliza juntas soldadas cuando fuese necesario y la unión entre tramos del arco se la realiza por medio de juntas empernadas.

La fabricación de las placas de unión de estas juntas y la fabricación de los tramos del arco debe basarse en los planos de fabricación respectivos, se debe priorizar el control dimensional en la producción de esta parte de la estructura, debido a que en el momento del montaje la exactitud de las conexiones son determinantes.

En el punto de bodega, previo a la recepción del material debe verificar que éste cumple con los requerimientos dimensionales y funcionales que deben definirse para cada uno de los elementos a adquirirse.

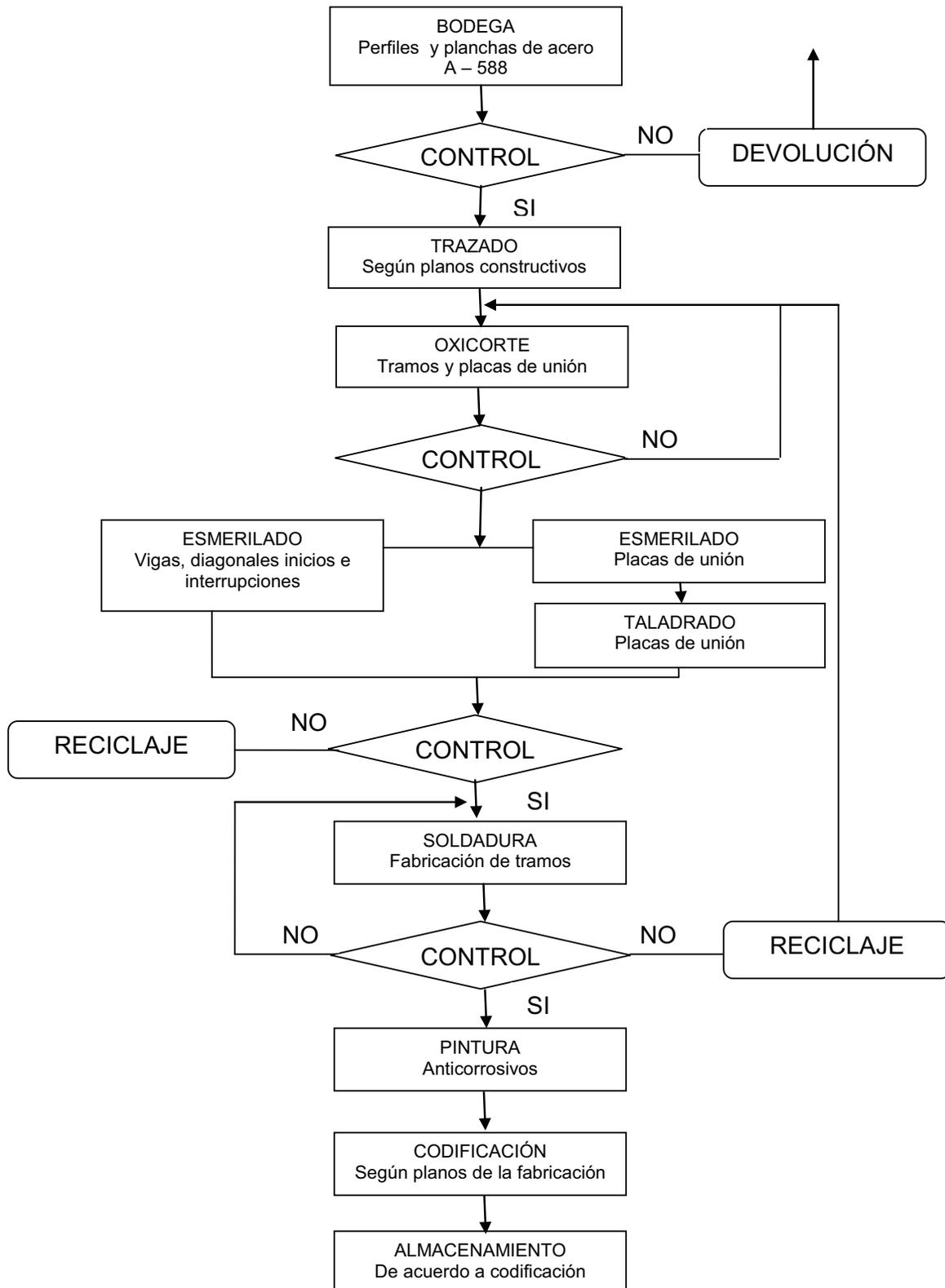
2.2.1.2 Fabricación de los arriostramientos del arco.

Consiste en el corte y el armado según planos de fabricación de los elementos del arriostramiento del arco, para formar las longitudes requeridas se utiliza juntas soldadas si fuese necesario.

Se fabrican los inicios del arco y las intersecciones de las diagonales del arco y se sueldan a los tramos del arco. Todas las vigas y diagonales del arriostramiento del arco tienen que tener soldadas placas en los extremos para poder realizar las conexiones en el momento del montaje, uniendo estas vigas y las diagonales a los inicios e intersecciones de diagonales.

En el flujograma 2 se representa la fabricación de los arriostramientos.

FLUJOGRAMA 2: FABRICACIÓN DE LOS ARRIOSTRAMIENTOS



2.2.2 FABRICACIÓN DE LOS PENDOLONES.

Para la fabricación de los diferentes pendolones así como de su montaje se deben regir a sus respectivos planos de talle, de los cuales se obtiene las medidas para su construcción.

Para muchos de los pendolones por sus dimensiones se requiere de juntas soldadas para obtener el pendolón de las medidas necesarias.

2.2.3 FABRICACIÓN DE LA VIGA DE RIGIDEZ.

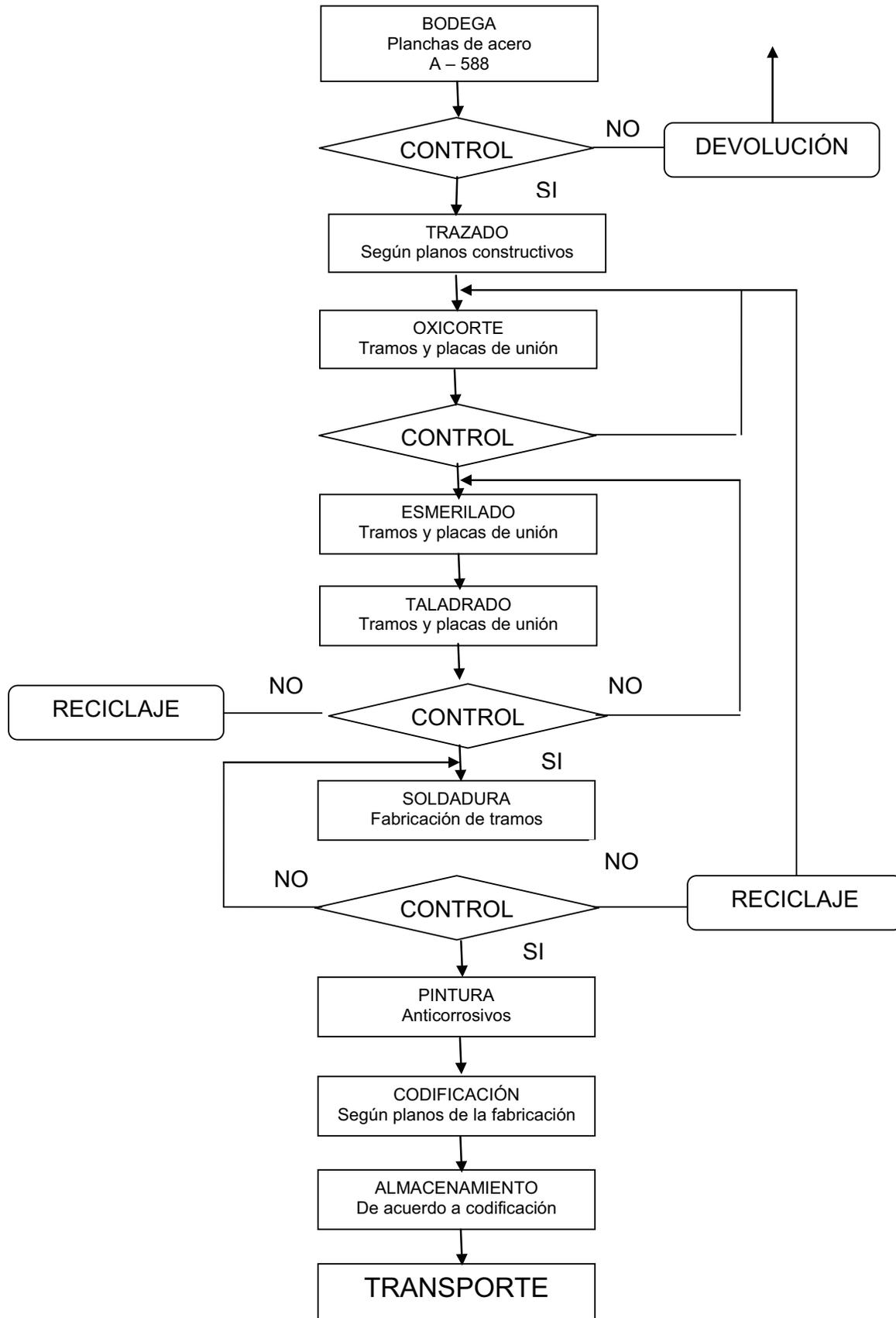
Para la fabricación de la viga de rigidez, se plantea los subsistemas siguientes:

- Viga de rigidez propiamente dicha.
- Vigas transversales.
- Arriostramientos.

Todos estos subsistemas siguen un flujo de proceso como los detallados en los párrafos anteriores. Sin embargo debe hacerse la modificaciones pertinentes, que son de forma y no de concepto.

En el flujograma 3 se representa la fabricación de la viga de rigidez.

FLUJOGRAMA 3: FABRICACIÓN DE LA VIGA DE RIGIDEZ



CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE DE UN PUENTE METÁLICO TIPO ARCO.

3.1 MONTAJE DE PUENTES EN ARCO

Las condiciones de montaje varían tan ampliamente que no es posible cubrir muchas formas de una manera que sea aplicable por lo general a una estructura específica.

3.1.1 MONTAJE EN VOLADIZO

Para puentes en arco, con excepción de los de luces cortas, casi siempre se usa el montaje en voladizo. Esto puede requerir el uso de dos o más pilas temporales. En ciertas condiciones, como las de un arco sobre un valle profundo en donde las pilas temporales son muy costosas, puede ser más económico el uso de tensores temporales.

El montaje de arcos en armadura es con frecuencia más simple que el montaje de arcos de alma sólida, en particular para luces grandes. Los pesos de los miembros individuales son mucho menores, y las armaduras se adaptan mucho mejor al montaje en voladizo. La armadura tipo Hell-Gate, es apropiada, en especial porque requiere poco o ningún material adicional en la armadura para tener en cuenta los esfuerzos de montaje.

En muchos puentes de doble tablero, el uso de armaduras para los tirantes del arco simplifica el montaje cuando las armaduras son lo bastante altas y las secciones suficientemente grandes para hacer posible el montaje en voladizo, y al mismo tiempo mantener un espacio abierto para satisfacer los requerimientos temporales de navegación o de otros espacios libres.

3.1.2 CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS

Para los puentes de arco con armaduras diseñados para actuar como triarticulados bajo la carga muerta parcial o total, los procedimientos de cierre son simples y positivos. Por lo general, las dos mitades del arco se montan para asegurar que la articulación de la clave está alta y abierta. Un miembro de la cuerda superior en la clave se omite temporalmente. Las armaduras se cierran entonces al soltar los tensores o al bajar los soportes temporales intermedios.

Después de que toda la carga muerta para la condición de tres articulaciones está actuando sobre la luz, se cierra la cuerda superior, insertando el miembro final. Durante esta operación debe prestarse atención a los efectos de temperatura para asegurar que las condiciones de cierre estén conformes con las suposiciones de esfuerzos térmicos.

Si un arco de armaduras se ha diseñado para actuar como biarticulado bajo todas las condiciones de carga, el procedimiento puede ser cerrar primero el arco como si fuera triarticulado, luego, aplicar cargas con gatos en la clave para obtener la condición calculada de esfuerzos en las cuerdas, superior e inferior bajo las cargas finales de montaje y condiciones de temperatura. Sin embargo, este procedimiento no es tan positivo ni tan confiable para obtener concordancia entre los esfuerzos reales y los calculados como en el otro procedimiento descrito (existen diferencias de opinión sobre este punto entre los ingenieros de puentes).

Otra manera de controlar la distribución de esfuerzos puede usarse en los arcos atirantados, ajustando las longitudes de las péndolas para alterar los esfuerzos tanto en las costillas del arco como en los tirantes.

3.1.3 BASES EMPOTRADAS

Para el montaje de arcos de costilla sólida sobre valles profundos, pueden obtenerse ventajas considerables si se empotran los extremos de las costillas. Si esto no se ha considerado en el diseño, puede ser necesario suministrar medios

temporales de fijación de las bases para el montaje en voladizo de las primeras secciones de las costillas. Si la estructura se ha diseñado con extremos empotrados, puede ser posible montar varias secciones en voladizo antes de que sea necesario instalar tensores temporales.

3.1.4 CONSTRUCCIÓN SOBRE CIMBRA

Se trata del sistema clásico donde las dovelas se apoyan en una estructura auxiliar hasta cerrar el arco.

3.1.5 CONSTRUCCIÓN POR AUTOCIMBRA

En éste método el arco metálico hace de autocimbra y armadura para el definitivo.

3.1.6 ABATIMIENTO DE LOS SEMIARCOS

Consiste en construir los dos semiarcos en la vertical de los estribos y una vez concluidos abatirlos mediante un giro hasta cerrarlos en clave.

3.1.7 CONSTRUCCIÓN MEDIANTE CABLE COLGADO

Se construyen torres provisionales en los estribos y se cuelgan cables de los cuales penden las dovelas que se empalman hasta cerrar el arco.

3.2 EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Para un mejor entendimiento de los procesos de montaje de puentes a continuación se menciona una serie de ejemplos y muestras de cómo se realizan los diferentes procedimientos que conforman el levantamiento de una estructura de grandes dimensiones.

3.2.1 PUENTE DE LA VICARIA

El puente de La Vicaria (figura 3.1) es un [puente arco de tablero intermedio](#). Su única calzada consta de 2 carriles para vehículos y 2 aceras.

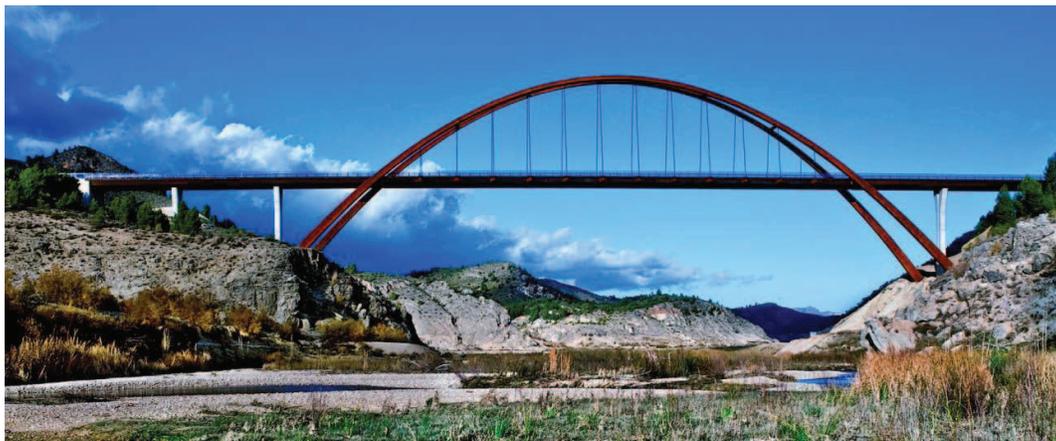


Figura 3.1 Puente La Vicaria

Este puente se encuentra ubicado en España en la ciudad de Yeste, cruza sobre el río Segura. Sus datos técnicos son:

Tabla 3.1 Datos sobre el puente de la Vicaria.

Longitud	260m Luz principal: 168m
Ancho	11m
Gálibo	40m sobre el río
Tipo	Arco de tablero intermedio
Uso	carretera/peatonal

3.2.1.1 Descripción.

La estructura es un puente arco con tablero intermedio de 168m de luz (figura 3.2), con vanos de aproximación, ajustada a la forma natural del valle y la anchura del embalse en ese punto. La cimentación de los arcos se realiza sobre roca caliza en ambas laderas, cerca de la cota de máximo nivel del embalse.

Tabla 3.2 Descripción del puente.

Arco de La Vicaria	Parámetros Principales
Longitud total (m)	260
Relación de luces (m)	(20+25+170+25+20)
Luz / Flecha (arco)	3.4
Luz / Canto (clave del arco)	140
Luz / Canto (tablero)	134

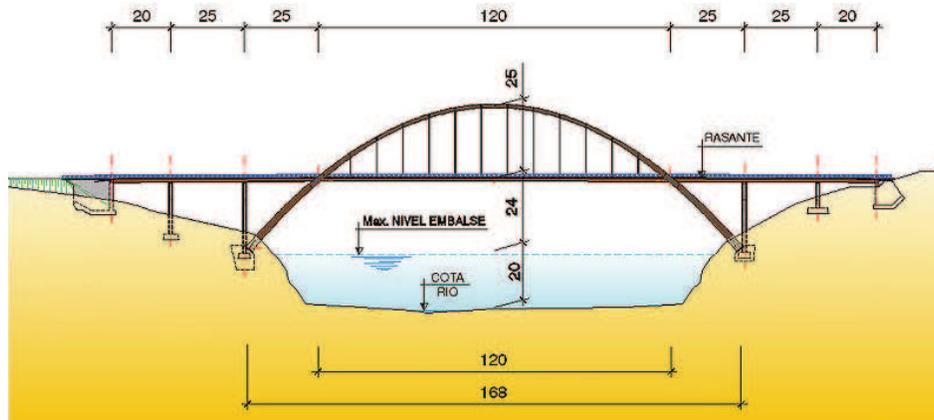


Figura 3.2 Descripción del puente

3.2.1.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

3.2.1.2.1 Estructura metálica

La estructura metálica del puente (arcos + tablero) es dividida en 3 subestructuras metálicas parciales:

Arco Atirantado (Bowstring).

Se realiza una plataforma temporal de trabajo en el lecho del embalse donde se montan desmontados los 120m centrales del tablero metálico. Posteriormente, se establecen una serie de torres de cimbra coincidentes con la posición de las

péndolas. Cada semi-arco es dividido en 3 tramos de transporte, se colocan en posición apoyados en las torres, y se unen entre sí y al tablero en sus extremos. Se separan los arcos ya unidos de las torres, se colocan las péndolas, y se eleva con gatos los extremos del tablero, separando las vigas del tablero de sus apoyos intermedios y cargando el arco atirantado (bowstring).

Vanos de acceso y voladizos.

La estructura metálica del tablero en los vanos de acceso en cada margen es montada en el suelo y colocada en posición sobre las pilas usando grúas. Los arranques metálicos de los arcos (desde la cimentación a la intersección con el tablero) es colocada en su posición en una única operación con grúa (33m de voladizo) y empotrada en la zapata.

Una vez posicionados en voladizo los arranques de cada arco en una margen, son unidos en su extremo superior por medio de una riostra (pertenece también al tablero, en la intersección de los 3 elementos), colocada con grúa. Finalmente, se coloca el tramo completo de tablero metálico desde la pila hasta la riostra del voladizo.

Izado.

Una vez que las 3 estructuras metálicas parciales han sido construidas (el arco central y los 2 voladizos de las márgenes), el arco bowstring es izado desde el fondo del embalse hasta su posición final (figura 3.3), donde se unen los 3 tramos de cada arco.

Los muros laterales de los estribos contienen cables pretensados anclados al terreno, que fijan el tablero al estribo (y ambos al terreno), durante el izado del arco. Una vez tesados estos cables, el bowstring de 470 ton (colgado de 4 cables de izado) es elevado 40m, mediante 4 gatos de izado colocados en cada viga longitudinal del tablero, en una operación de 8 horas.



Figura 3.3 Izado del puente

3.2.1.2.2 *Hormigonado*

Arcos.

Para asegurar el equilibrio de cargas aplicadas al arco durante el hormigonado y posterior curado, los arcos son rellenos de hormigón en 2 fases. Cada arco es dividido en módulos cerrados de 5m de longitud, rellenos alternativamente en cada fase con hormigón autocompactante.

Tablero.

Una vez que el arco mixto ha adquirido una resistencia suficiente, se colocan las péndolas del tablero, y luego se hormigona la losa desde el centro hacia el exterior para reducir los esfuerzos y deformaciones durante la construcción.

Acabados.

Luego de los trabajos de pavimentación, aceras, barandas y resto de carga permanente, se instalan unos amortiguadores y unos topes en los estribos para reducir las deflexiones verticales producidas por la sobrecarga asimétrica en el arco, y permitir deformaciones lentas debidas a las acciones reológicas.

3.2.2 PUENTE SOBRE EL RÍO TAJO

3.2.2.1 Procedimiento de abatimiento.

Ejemplo práctico: Puente sobre el río Tajo (figuras 3.4, 3.5, 3.6), el embalse de Alcántara, España, longitud del vano: 220 m, hasta el momento es el puente arco de mayor luz construido por abatimiento.

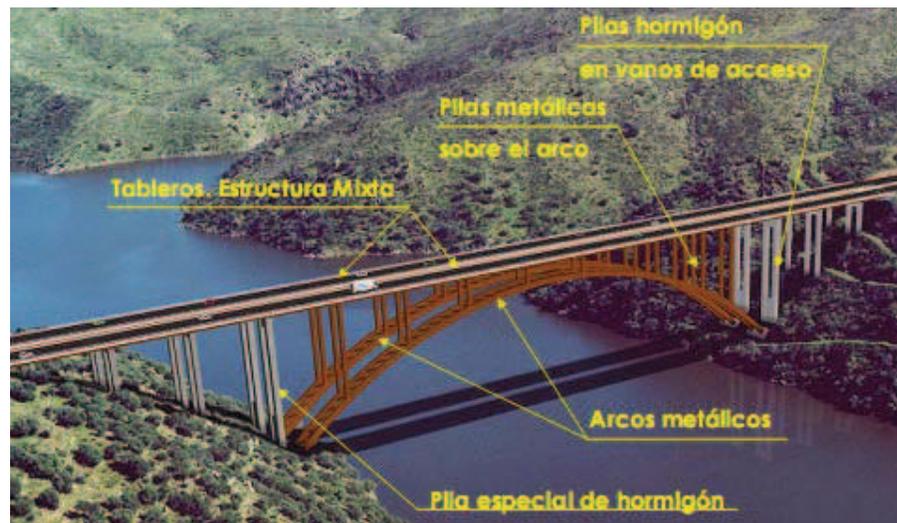


Figura 3.4 Elementos del puente



Figura 3.5 Descripción del puente



Figura 3.6 Sección transversal del puente.

Las figuras 3.7 - 3.22, representan la secuencia de montaje del puente sobre el río Tajo.



Figura 3.7 Excavación de los cimientos, pilas y estribos.



Figura 3.8 Construcción del tablero



Figura 3.9 Empuje del tablero.



Figura 3.10 Montaje de $\frac{1}{4}$ del arco.



Figura 3.11 Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.



Figura 3.12 Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.



Figura 3.13 Basculamiento del $\frac{1}{4}$ del arco.



Figura 3.14 Soldadura una parte del arco a la base.



Figura 3.15 Montaje del segundo cuarto del arco.



Figura 3.16 Basculamiento del cuarto de arco.



Figura 3.17 Basculamiento del cuarto de arco.



Figura 3.18 Bloqueo de rótulas.



Figura 3.19 Abatimiento de semiarcos.



Figura 3.20 Cierre de arcos.



Figura 3.21 Colocación de pilas metálicas.



Figura 3.22 Puente terminado.

3.2.3 PUENTE ARCO SOBRE EL RÍO RICOBAYO

3.2.3.1 Procedimiento de avance en voladizo con rigidización por tirantes.

El puente sobre el río Ricobayo (figura 3.23) es de tablero superior cuenta con una longitud de 168 metros



Figura 3.23 Puento sobre el río Ricobayo.

En las figuras 3.24 - 3.29, se ilustra el proceso de montaje del puente.



Figura 3.24 Arco en voladizo con tirantes a tracción.



Figura 3.25 Avance de dos voladizos y la viga de lanzamiento de dovelas.

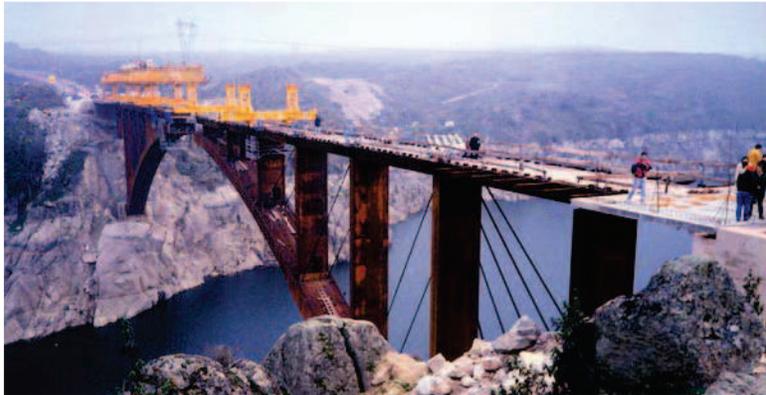


Figura 3.26 Imagen de los dos voladizos. Obsérvese la ausencia de la losa superior del tablero, sustituido temporalmente por tabloncitos de madera.



Figura 3.27 Vista del tablero provisional.



Figura 3.28 Lanzamiento y colocación de dovelas del arco.



Figura 3.29 Losas prefabricadas del tablero de hormigón acopladas en obra.

3.2.4 PUENTE YEONGJANG.

3.2.4.1 Construcción del arco con voladizos compensados

Ejemplo práctico: Puente Yeongjang, Corea del Sur, figura 3.30.

Longitud del vano: 180 m.



Figura 3.30 Puente Yeongjang.

Las figuras 3.31 - 3.35, ilustran el proceso de montaje del puente Yeongjang.

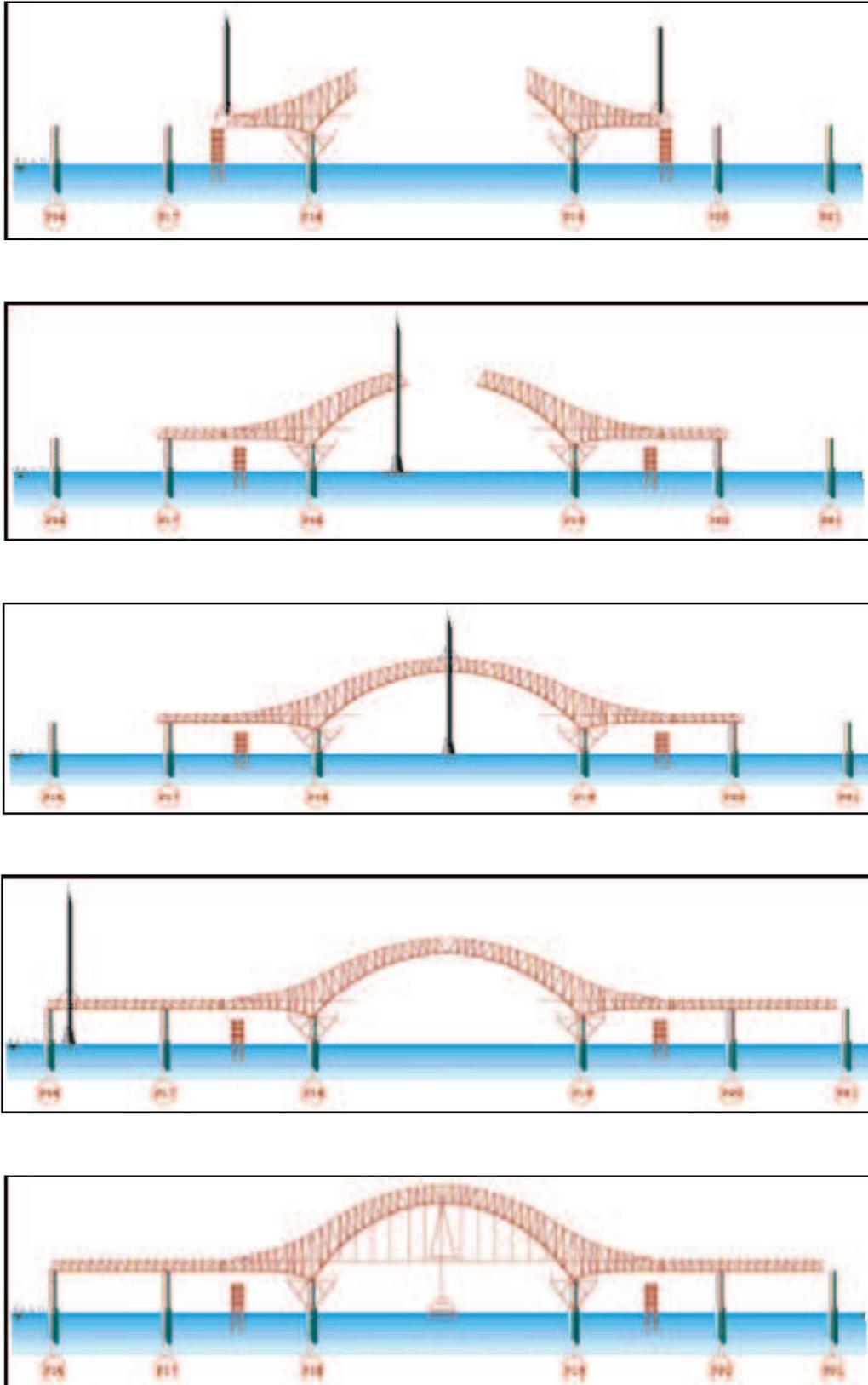


Figura 3.31 Esquema de las etapas de construcción.



Figura 3.32 Colocación de dovelas del arco.



Figura 3.33 Colocación de la dovela central del arco.



Figura 3.34 Construcción de los vanos de aproximación.



Figura 3.35 Colocación del tablero y los tirantes.

3.2.5 PUENTE SOBRE EL RÍO CROOKED (OREGON-USA)

3.2.5.1 Construcción mediante cable colgado.

Puente sobre el río Crooked, Oregón-EE.UU figura 3.36, el cual fue construido en el 2000 tiene una longitud de 125 metros y está ubicado a 91.5 metros sobre el cauce del río.



Figura 3.36 Puente sobre el río Crooked

Las figuras 3.37 - 3.39, ilustran el montaje del puente tipo arco sobre el río Crooked.

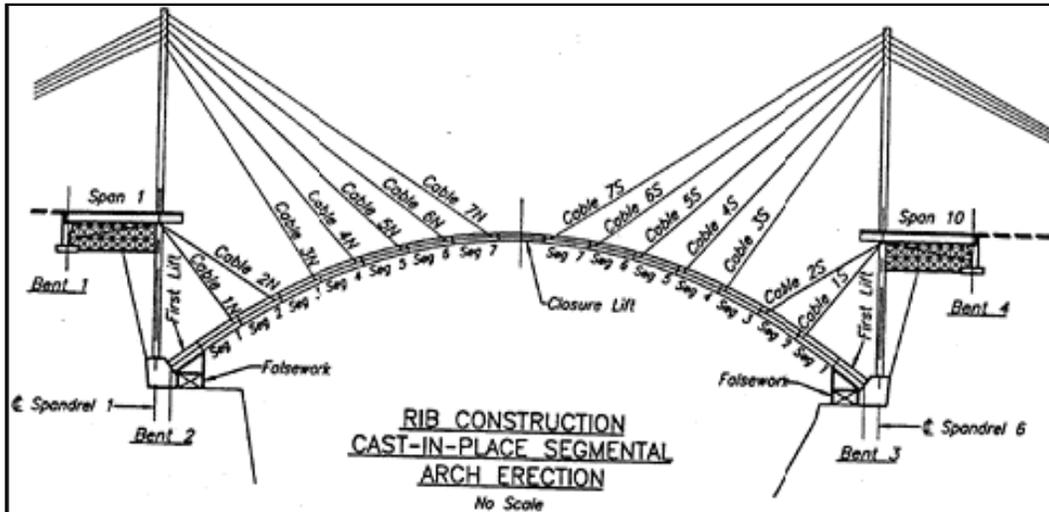


Figura 3.37 Esquema de construcción del arco.

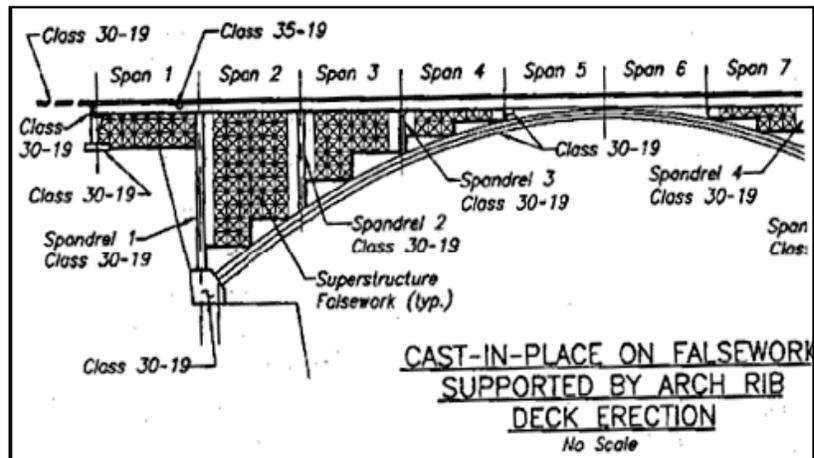


Figura 3.8 Esquema de construcción del tablero.

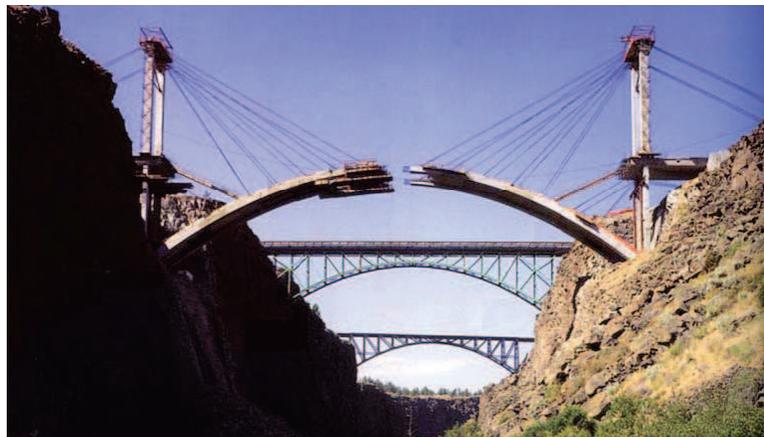


Figura 3.39 Imagen del arco durante la construcción.

3.2.6 PUENTE DE LA BARQUETA

Este puente está ubicado en Sevilla-España su diseño es moderno e innovador cuya luz es de 168 metros, figura 3.40.

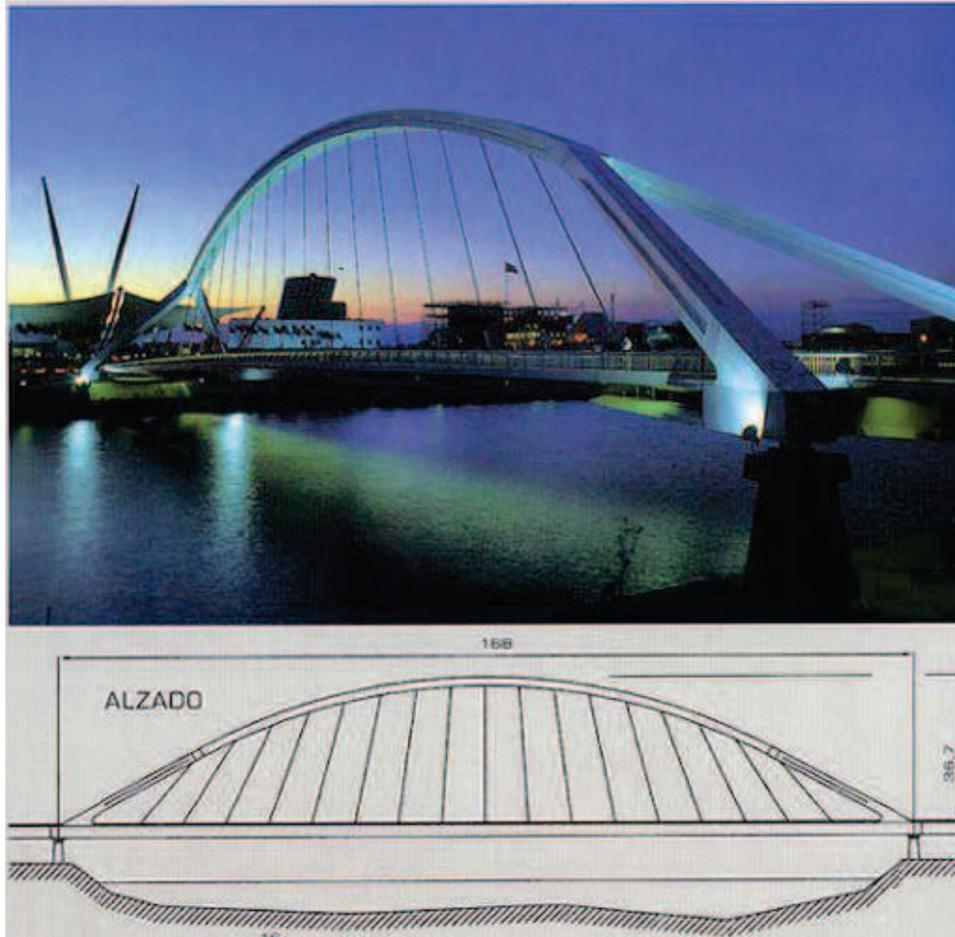


Figura 3.40 Puente de la Barqueta.

La estructura consiste en un tablero metálico de sección trapezoidal figura 3.41, que empotrado en sus extremos sobre dos vigas transversales, permite quedar apoyado sobre cuatro puntos.

Libra una luz de 168 metros, con un ancho total de 16 metros.

El sostén del tablero es un arco metálico de sección cuadrangular, bifurcado en sus extremos, que apoyan sobre las vigas transversales, tensado mediante 17 cables metálicos.

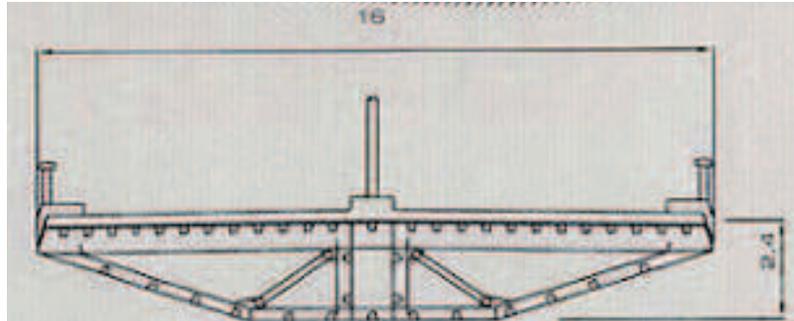


Figura 3.41 Sección transversal del puente.

Muchos de los elementos que conforman el puente son fabricados y premontados en el taller como lo ilustra la figura 3.42.

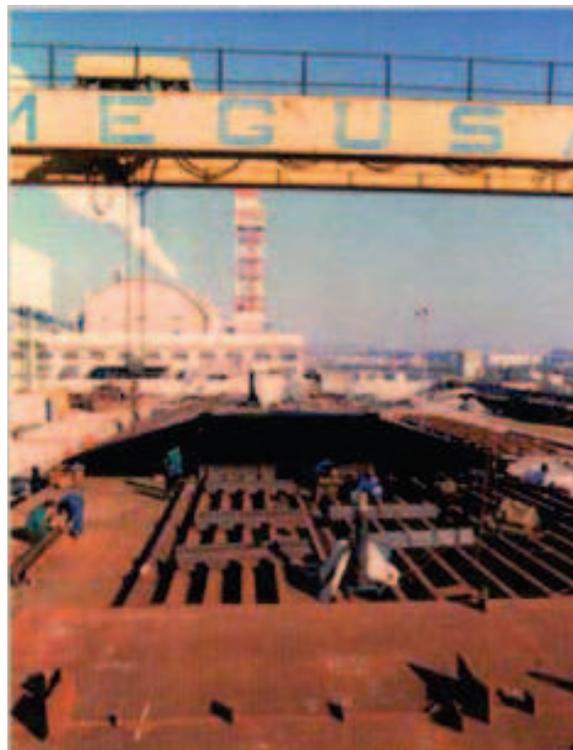


Figura 3.42 Fabricación y premontaje en taller.

El montaje de este puente se lo realiza en dos fases: fase 1 (figura 3.43), en esta fase el puente es montado por completo sobre la margen derecha del río, fase 2 (figura 3.44), el puente armado por completo es girado sobre su apoyo derecho hasta su posición final.

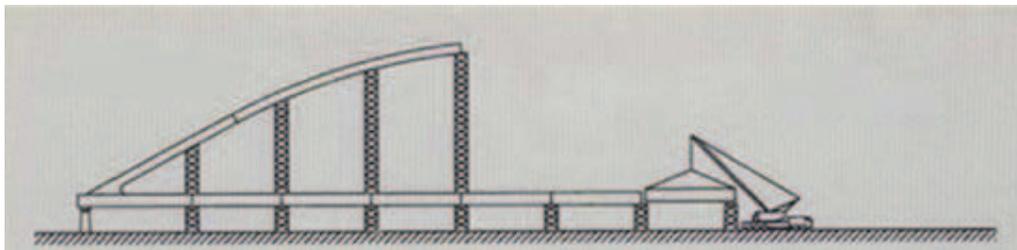


Figura 3.43 Fase 1 del montaje.

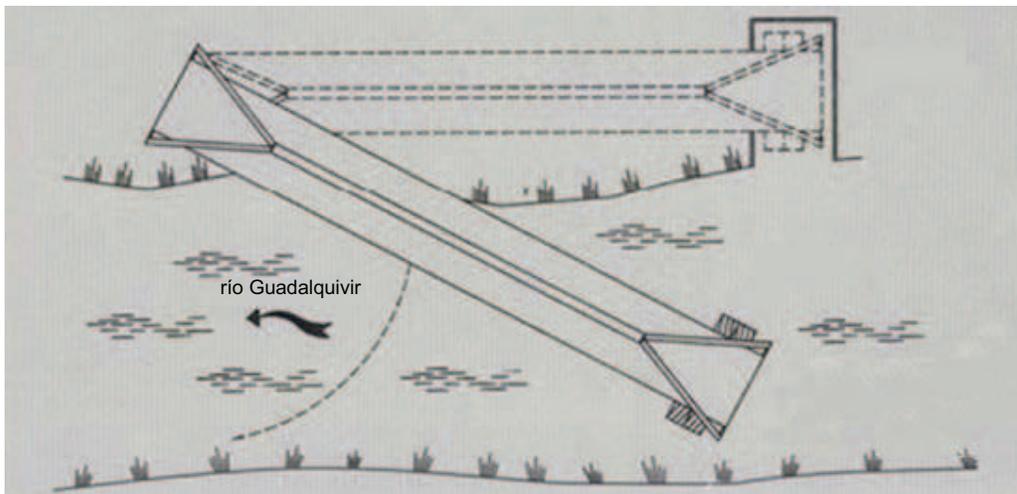


Figura 3.44 Fase 2 del montaje.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA EL PUENTE “GALLINA” TIPO ARCO SELECCIONADO

Para el desarrollo del presente capítulo, se realiza en la provincia de Los Ríos, cantón Quevedo, recinto Buena Fé, un trabajo de campo por parte de los autores de este proyecto. Anexo IV.

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PUENTE TIPO ARCO

4.1.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

- Luz: 100m.
- Ancho total: 11.65 m.
- Ancho útil del tablero: 10m.
- Tipología: Puente Tipo Arco (figura 4.1); Estructura cerrada Autosoportante.
- Material: Acero estructural ASTM A-588; Grado A.
- Tren de cargas: HS- MOP.
- Diseño de juntas: fatiga.
- Conexiones: empernadas, pernos ASTM A-325; $\varnothing \frac{3}{4}$ ".
- Tablero de hormigón $f'c=2.80 \text{ Kg/cm}^2$ Clase A.
- Juntas soldadas: Procedimiento W.P.S.; A.W.S.
- Dos carriles de tráfico vehicular.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y DISEÑO.

Para el cálculo de la estructura se ha considerado las siguientes cargas:

1. Carga muerta:

- **Sistema estructural principal.**
 - Arco
 - Pendolones
 - Viga de rigidez

- **Sistema estructural secundario.**
 - Vigas transversales de arco y tablero
 - Vigas longitudinales de tablero
 - Arriostramientos de tablero y arco

- **Tablero de hormigón.**

2. Cargas vivas e impacto:

La carga viva vehicular que se ha considerado es la HS 20-44 mayorada en un 20% (HS-MOP). Sin embargo a criterio del diseñador se ha incrementado a un más esta carga, bajo la hipótesis de acumulación total de tráfico vehicular con cargas de 40 Ton por tráiler.

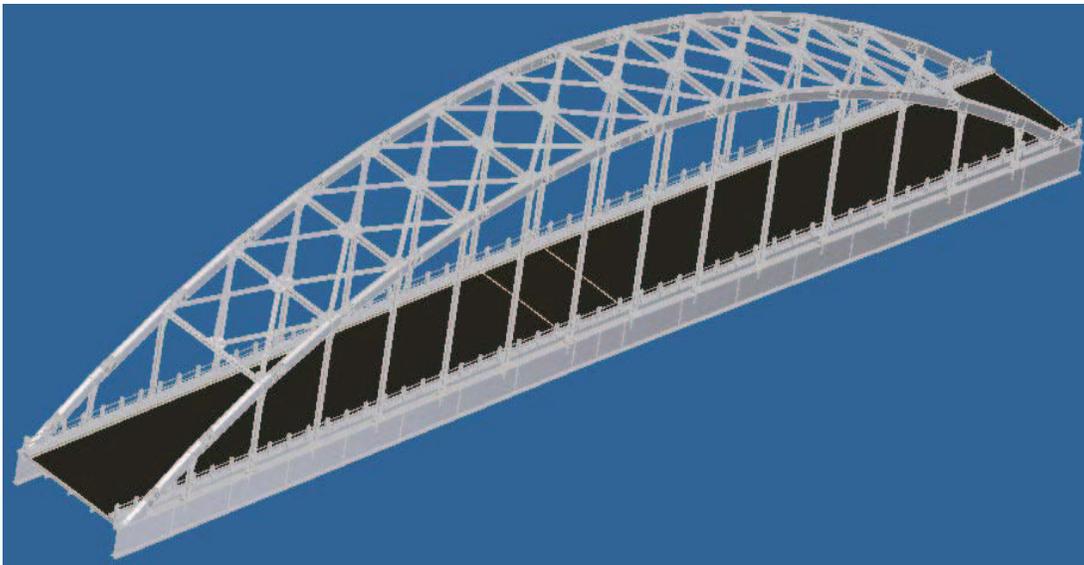


Figura 4.1 Esquema del puente tipo arco.

4.2 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

En el flujograma 4 se presenta el proceso de fabricación del puente tipo arco: Antes de describir en sí el procedimiento de fabricación de los diferentes elementos del puente, se describe algunos parámetros generales, que son utilizados en todo el proceso de fabricación.

4.2.1 PARÁMETROS GENERALES.

4.2.1.1 Planos estructurales.

Los planos de la estructura metálica que forman parte del Expediente Técnico, constituyen los planos estructurales, donde se indican las dimensiones y la ubicación relativa de los diferentes elementos componentes de la estructura. El Fabricante de la estructura metálica debe preparar y presentar a la Supervisión los Planos de Fabricación en taller con los detalles de los cortes y soldadura, todo en concordancia con las últimas especificaciones de la ANSI / AASHTO / AWS D1.5 Bridge Welding Code.

Cualquier trabajo que el Contratista realice antes de que el Supervisor apruebe los planos de fabricación, debe ser a su propia cuenta y riesgo.

El Contratista debe obtener del Supervisor la aprobación de los materiales que ha adquirido con anterioridad a la fabricación. Los planos de fabricación de la estructura de acero, debe mostrar a pleno detalle todas las dimensiones y tamaños de las partes componentes de la estructura, así como los detalles de las conexiones entre elementos.

El Contratista debe entender expresamente que la aprobación por el Supervisor de los planos de fabricación en taller, no lo releva de responsabilidades por el contenido de dichos planos.

4.2.1.2 Materiales.

Acero.

En general los elementos estructurales de la superestructura del puente, son fabricados con planchas de acero estructural de calidad ASTM A-588 Grado A, salvo indicación en contrario.

El Contratista con intervención del Supervisor debe obtener los Certificados de Calidad de un laboratorio de reconocido prestigio, que certifiquen que el material empleado cumple con los requisitos de calidad.

Todo el material que se emplee en la fabricación de las estructuras, debe estar limpio y recto. Si es necesario enderezar algunas piezas, esto debe ser sin usar calor, y solamente por procedimientos mecánicos que no dañen las piezas.

No se acepta el enderezamiento de dobleces abruptos, tales como los causados por golpes; tales piezas son rechazadas.

El corte de los perfiles deben ser hechos preferiblemente con sierra mecánica.

Electrodos.

Los electrodos para soldaduras son el AWS E7018 y AWS E6010 o similares, de acuerdo a las especificaciones de la Norma AWS D1.5.

Calificación de soldadores.

Todos los operadores de la soldadura deben ser calificados de acuerdo con las especificaciones de la Norma AWS D1.5.

El Contratista debe mostrar al Supervisor los certificados expedidos a los soldadores y que no tengan una antigüedad mayor de 6 meses antes del inicio de la fabricación de la estructura de acero. El Certificado debe mostrar que el soldador ha venido efectuando soldaduras del tipo requerido en su trabajo por lo menos durante los tres meses antes del inicio de la fabricación. Debe enviar un certificado por cada soldador indicando la institución que lo otorga, el tipo de examen, el tipo de muestras, la posición de las soldaduras, resultados de las pruebas y fecha de examen.

El Contratista solamente puede emplear mano de obra calificada y experimentada en la fabricación de estructuras de acero para puentes y, el Supervisor puede exigir el retiro del personal que no sea competente o que no venga ejecutando los trabajos con propiedad.

4.2.1.3 Soldadura.

Generalidades.

Por tratarse de un puente en el que la estructura principal está formado por un reticulado de vigas de planchas soldadas, el aspecto de ejecución y control de la soldadura es de singular importancia, por lo que debe ser ejecutada con óptima calidad y de acuerdo a las especificaciones de la última versión de la ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

Electrodos.

Los electrodos que son utilizados en la fabricación de las estructuras de acero son del tipo E6010 y E7018, y deben ser adquiridos en envases herméticamente sellados o en caso contrario deben ser secados por lo menos dos horas en un horno a temperatura entre 450° F a 500° F (230°C ~ 290°C) antes de ser utilizados.

Los electrodos que no sean utilizados en el lapso de 4 horas después de ser retirados de sus envases herméticamente cerrados, deben ser secados nuevamente antes de ser utilizados. Los electrodos no pueden ser resecados más de una vez.

Procedimiento Standard de Soldadura.

Antes de la aplicación de la soldadura, es obligación del fabricante llevar a cabo un planeamiento minucioso de los procesos de soldadura de todos los casos posibles, y como resultado de ello elaborar un conjunto de documentos técnicos de procedimientos estándar, los cuales deben tener una difusión amplia.

Corte de planchas de acero.

El corte de las planchas de acero por el método de oxicorte es permitido siempre y cuando la antorcha sea guiada por medios mecánicos semiautomáticos como requerimiento mínimo y los bordes rectificadas y perfilados con esmeril si fuera el caso.

La rectificación de bordes en el extremo de las piezas es necesaria en el caso indicado anteriormente y cuando el extremo de la pieza necesite ser biselada, de acuerdo al detalle respectivo de soldadura.

La tolerancia en la longitud es de: 1/16" para elementos menores de 30'-0", y 1/8" para elementos mayores de 30'-0".

Inspección y control de calidad de la soldadura.

La inspección de soldaduras debe iniciarse tan pronto hayan sido ejecutadas. Si el control radiográfico indica cualquier defecto o porosidad que exceda los requisitos de la Norma, se considera que la prueba ha tenido resultado negativo y el Contratista debe reparar a su costo la soldadura por el método apropiado en cada caso y obtener la aprobación del Supervisor.

Los criterios mínimos para el control e inspección de la soldadura es el siguiente:

- Las juntas de soldadura a tope con penetración completa deben ser inspeccionadas con radiografía.
- Las juntas de soldadura de filete deben ser inspeccionadas mediante ultrasonido.
- Las juntas soldadas de filete y de penetración parcial pueden ser inspeccionadas mediante partículas magnéticas.

En todo caso, el Inspector de Soldadura debe evaluar en cada caso, el método de inspección a utilizar, de tal manera de cumplir con las especificaciones de la Norma D1.5.

Adicionalmente a cualquier inspección radiográfica realizada según los requerimientos de la Norma; todas y absolutamente todas las soldaduras son visualmente inspeccionadas por el Supervisor, quien tiene el poder de decisión para poderlas rechazar o exigir pruebas adicionales en caso de tener evidencia visual en una posible mala ejecución de la soldadura.

Las pruebas de soldadura que se deben realizar son las siguientes:

(a) Ensayo radiográfico (Rayos “X” y/o “Gamma”).

Todas las soldaduras a tope de penetración total, deben ser comprobadas radiográficamente de acuerdo a lo establecido en la Norma.

En caso de que las radiografías indiquen defectos que impliquen rechazo, se debe radiografiar las áreas comprendidas a cada lado del defecto para determinar la magnitud y la extensión de la falla.

Todas las soldaduras que hayan sido encontradas defectuosas deben ser nuevamente radiografiadas luego de ser reparadas.

El Supervisor debe verificar la toma de las radiografías e interpretar los resultados y los informes técnicos del Contratista; aprobar las radiografías que se encuentren satisfactorias y desaprobar o rechazar las que no sean satisfactorias.

El Supervisor debe también, previamente a cualquier defecto, aprobar los procedimientos propuestos por el contratista para reparar soldaduras rechazadas e inspeccionar la preparación de nuevas soldaduras.

(b) Prueba de Ultrasonido.

Esta prueba es ejecutada en los casos en que se requiera verificar la penetración del cordón de soldadura.

El Supervisor, de ser necesario, puede exigir adicionalmente la ejecución de otro tipo de pruebas de la soldadura, como por ejemplo, el de Partículas Magnéticas.

El Inspector de Soldadura debe tener las calificaciones indicadas en la Norma AWS D1.5.

Facilidades al Supervisor durante la inspección en taller.

El Contratista está obligado a proporcionar todas las facilidades que requiera el Supervisor para efectuar la inspección durante el proceso de fabricación en taller y garantiza al Supervisor acceso libre a todas las áreas donde se están efectuando los trabajos de fabricación.

El Supervisor posee la plena autoridad para rechazar los procesos de fabricación que encuentre que no están conforme a las especificaciones de la Norma D1.

4.2.1.4 Ensamble en taller.

La estructura debe ser ensamblada en el taller en forma completa de manera de poder comprobar el acoplamiento de las piezas que la forman y la geometría del conjunto.

A excepción de aquellas piezas que se sueldan en taller, el resto de las piezas deben ser presentadas una a otra en su posición definitiva, con una separación no mayor de 1/16", siempre que sea posible las piezas son soldadas horizontalmente.

Los elementos así preparados son ensamblados en taller formando la estructura completa. Para esto debe colocarse los pernos de montaje adecuados, cuyos huecos deben abrirse después de que la estructura sea montada debidamente alineada y con las contraflechas indicadas en los planos.

Luego de comprobado la alineación del conjunto, la estructura es dividida en elementos de tamaño máximo tal que sea posible su traslado a obra. Todos los elementos de un mismo módulo son soldados en forma definitiva entre sí, pintados con pintura anticorrosiva y numerados para su ensamblaje en obra.

4.2.1.5 Marcas para el transporte.

Durante el proceso de fabricación y hasta el ensamblaje mismo de los miembros, cada elemento de acero debe mostrar clara y legiblemente su denominación y código de color de identificación.

Para el transporte y montaje, cada miembro de la estructura de acero debe ser especialmente codificado con marcas físicas de identificación; por otro lado, también el Contratista debe enviar al Supervisor los planos y listado de marcas de la estructura metálica total.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

En esta sección se describe detalladamente los pasos que se debe seguir para la fabricación de las diferentes partes de las cuales está constituido el puente tipo arco, así como el personal y útiles necesarios para la realización de los diferentes trabajos. La estructura del puente tipo arco puede ser dividido en los siguientes sistemas:

Sistema estructural principal

- Viga de rigidez
- Pendolones
- Arco

Sistema estructural secundario

- Vigas transversales de arco y tablero
- Vigas longitudinales de tablero
- Arriostramientos
- Placas de amarre

Antes de describir los procedimientos de fabricación para los sistemas anteriormente mencionados, se describe algunos procesos que son generales para la fabricación de todos estos sistemas, estos son:

- Recepción del material.
- Descarga de materiales.
- Inspección de materiales.
- Almacenaje temporal del material.

4.2.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN GENERALES.

4.2.3.1 Recepción de materiales.

Descripción.

El jefe de planta o el encargado debe recibir el material, controla los documentos del mismo y verifica que no exista diferencia entre el material pedido y el material que le está entregando. Controla el estado del material, principalmente en lo referente a las condiciones superficiales. Define el lugar de almacenaje temporal o de bodegaje.

Equipos y útiles

Este proceso se realiza manualmente con la ayuda de una hoja de recepción de materiales y de las hojas de pedido y embarque. Cualquier diferencia entre éstas debe ser anotada como observaciones.

Personal

El encargado de esta operación es el Jefe de Planta, aunque como se trata de un proceso rutinario, lo puede realizar alguno de los supervisores.

4.2.3.2 Descarga de materiales.

Descripción

Descargar el embarque para su posterior almacenaje y esto se lo realiza con la ayuda de un puente grúa el cual coge el material que está en el vehículo y lo traslada al lugar donde se va a almacenar el material, si no es posible colocar el material con el puente grúa directamente al lugar de almacenaje, con el puente grúa se coloca el material en el suelo sobre unos tacos de madera y con la ayuda de un montacargas se traslada el material al sitio de almacenaje.

Equipos y útiles

Puente grúa, montacargas, mordazas, tacos de madera y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Personal de planta (3) y eventualmente operario del montacargas (1).

4.2.3.3 Inspección de materiales.**Descripción**

Se procede a la inspección de cantidades, calidades y dimensiones de los grupos o lotes de planchas que llegan. Esta operación se realiza a la par del proceso de desembarque, en razón de poder dar visto bueno o rechazar el embarque lo antes posible.

El proceso de inspección del material base es el siguiente:

- Tomar los datos dimensionales de los paquetes o lotes de planchas del embarque. Es suficiente tomar los datos de una plancha de cada lote.
- De cada tipo de material base que llega en el embarque (en caso de que llegue más de un tipo), es necesario tomar muestras, para realizar posteriormente todos los ensayos de laboratorio para la verificación de la calidad del material.

El proceso de inspección de los electrodos consumibles, para uso durante el proceso de soldadura es el siguiente:

- Verificar con la hoja de pedido que se trate del material solicitado y en las cantidades correctas.
- Verificar las propiedades del material con la ayuda de la norma AWS D1.5.

Al final de estos pasos y con el conocimiento de las características, cantidades y dimensiones de todo el material del o de los embarques, se realiza un informe para tomar la decisión de aceptación o no aceptación del material.

Equipo y útiles

- Inspección de dimensiones.

Flexómetro y calibrador pie de rey.

- Inspección de las características del material.

Es posible enviar las muestras del material para ser ensayadas en un laboratorio especializado, por tanto no es necesario poseer equipos para los ensayos.

Personal

Supervisores (2) y personal contratado para la calificación de materiales.

4.2.3.4 Almacenaje temporal de los materiales.

Descripción

Los materiales a ser utilizados para la construcción del puente deben ser almacenados temporalmente en un lugar adecuado, para que a medida que se vayan construyendo los diferentes elementos del puente se puedan ir utilizando los materiales.

Una vez que se inicia con el proceso de fabricación, también se tiene que trabajar con los sobrantes de las planchas de material, los mismos que se colocan en orden junto a las placas que aún no se utilizan, para tenerlos a mano cuando se los necesite.

La persona encargada de la bodega temporal (bodeguero) debe entregar correctamente los materiales e insumos que requieran los trabajadores para la realización de los diferentes trabajos.

Cumpliendo con lo que establece la norma AWS D1.5, a los materiales que se les almacena en la bodega y que van a ser utilizados en la construcción del puente, no se los deben colocar directamente en el suelo, sino que se los debe colocar sobre algún material aislante (por ejemplo tacos de madera) para evitar que se oxiden o ensucien con cualquier tipo de grasa o suciedad, que podrían afectar al material.

Equipos y útiles

Se necesitan hojas de registro de salida y de entrada de material.

Personal

Bodeguero (1).

4.2.4 PLAN DE CORTE.

Una vez que se tiene las dimensiones de las planchas de acero A-588, procede a realizar el plan de corte de las misma. El plan de corte para todas planchas está detallado en el Anexo II.

Para la construcción del puente metálico tipo arco se utiliza planchas de acero de los siguientes espesores: 8mm, 10mm, 12mm, 15mm y 30mm, cuyas dimensiones son de 2500mm x 12000mm, con excepción de las planchas de 30mm las cuales tienen una dimensión de 2500mm x 10000mm. Cave destacar que todas las planchas vienen con una sobre dimensión de máximo 50mm por cada lado.

Con las dimensiones totales de cada elemento se procede a realizar el plan de corte de cada uno de los elementos del puente en las diferentes planchas, tratando de optimizar el material, es decir, de obtener la menor cantidad de pérdidas posibles.

Muchos de los elementos que conforman el puente están constituidas por varias partes, como por ejemplo el alma del pendolón 7 está constituida por 3 almas que juntas forman el alma total de dicho pendolón, lo ideal sería cortar el elemento con sus dimensiones totales, pero por problemas de construcción (peso, maniobrabilidad, etc.) se corta elementos tratando de que sus dimensiones no sobrepasen los 6000mm. Cada corte que se realiza en las planchas se lo debe realizar con una separación de 5mm.

4.2.5 FABRICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL.

4.2.5.1 Proceso de fabricación de la viga de rigidez.

La viga de rigidez, figura 4.2, es uno de los sistemas fundamentales del puente, es por esta razón que su construcción debe ser exacta regidos a los planos de taller respectivos.

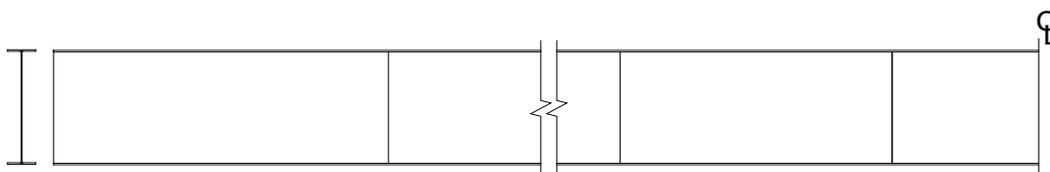


Figura 4.2 Esquema de viga de rigidez (Véase Planos Anexo VII)

4.2.5.1.1 *Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.*

Descripción

En la bodega de almacenaje temporal de las planchas de acero, de acuerdo a los planos de construcción y a las hojas del plan de corte, se identifican las planchas que se necesitaran para la construcción de las almas y de los patines de la viga de rigidez, con la ayuda de un montacargas estas planchas son trasladadas desde la bodega temporal hasta el sitio de corte de las placas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (1).

4.2.5.1.2 *Corte.*

Descripción

Se coloca la plancha de acero sobre la mesa de corte y se rayan las dimensiones requeridas sobre la misma de acuerdo al respectivo plano de construcción. Sobre

las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

4.2.5.1.3 Inspección del corte.

Descripción

Consiste en chequear el correcto corte de cada plancha que va hacer parte tanto del alma como de los patines de la viga de rigidez, esto se realiza basándose en los respectivos planos de construcción. Se chequean tanto las dimensiones finales como el corte en sí, es decir, se pone mucha atención en la calidad del corte.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisores (2).

4.2.5.1.4 Biselado de las almas y los patines.

Descripción

Con las planchas de las almas cortadas y verificadas, lo primero es identificar que almas y que lados de las almas requieren ser biselados, para esto se utiliza los planos de construcción y los WPS respectivos.

A continuación se marcan los lados de las almas que necesitan ser biselados, pues esto es fundamental para el correcto armado de la viga de rigidez, estas marcas se las realiza de tal manera que no sean borradas durante el proceso de biselado.

Los supervisores se encargan de comprobar que se tratan de los lugares adecuados para proceder a biselar, pues si se realizan los biseles en los lugares no adecuados se puede perder el material y por ende a incrementar gastos. Realizado esto se procede a biselar las almas.

El proceso de biselado es el siguiente:

1. Colocar con el montacargas el elemento con la parte a biselar sobre la mesa de corte.
2. Colocar las guías para el carrito de corte sobre el sitio marcado.
3. Dar el ángulo respectivo a la boquilla de corte del carrito, basándose en los respectivos WPS.
4. Biselar.

Para el biselado de los patines que van a formar la viga de rigidez se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente para el biselado de las almas de la viga de rigidez.

Equipos y útiles

Montacargas, equipo de corte de oxipropano, guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, equipo de seguridad para cortadores y pintura para marcar.

Personal

Cortador (1), personal de planta (2) y supervisor (1).

4.2.5.1.5 *Inspección de biselado.*

Descripción

Se constata el correcto biselado de cada una de las planchas tanto para las almas como para los patines de la viga, este proceso consta de dos partes, chequear primero la superficie de corte y segundo, la correcta realización del bisel de acuerdo al WPS respectivo.

Equipos y útiles

Flexómetro, calibrador y equipo de seguridad supervisores.

Personal.

Supervisor.

4.2.5.1.6 *Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.*

Descripción

Una vez verificada la correcta realización de los biseles tanto de los patines como de las almas, se los lleva con el montacargas hasta la zona en donde se procede a armar la viga de rigidez.

Cabe destacar que por cuestiones de transporte la viga de rigidez no es armada completamente en la planta, sino que se arma en tramos los cuales puedan ser transportados al sitio final de montaje del puente en donde se arma por completo a la viga de rigidez.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

4.2.5.1.7 *Punteo, soldadura e inspección.*

Descripción

Durante este proceso se forma el primer módulo de la viga de rigidez, para lo cual, se trabaja con las piezas de alma y de patines que corresponda a dicho módulo.

Antes de proceder con el proceso de soldadura, se comprueba que las superficies a soldarse no contengan ningún tipo de discontinuidad, y si existen se consulta con la norma AWS D 1.5 apartado 3.2.2, para comprobar si se trata de una discontinuidad significativamente grande, además se comprueba que las superficies a ser soldadas y sus zonas adyacentes estén completamente limpias, pues cualquier imperfección en el material o su superficie conduce a obtener sueldas defectuosas.

Antes de soldar, se puntean las piezas entre sí, con lo cual se comprueba que todos los parámetros de armado estén correctos, además se les colocan a estas uniones con pequeños refuerzos, los cuales se encargan de evitar posibles deformaciones tanto en el alma como en los patines durante la soldadura.

El proceso de punteo, soldadura e inspección es el siguiente:

1. Se toma el alma con la ayuda del puente grúa.
2. Se alinea al puente grúa, para colocar al alma sobre la placa del patín superior, justamente sobre la línea central del mismo, con el solapamiento y distancias entre las partes respectivas.
3. Se puntea a la junta alma-patín, cuidando dejar el respectivo espacio de separación entre el alma y el patín, según se indica en el respectivo WPS, y seguidamente se colocan pequeños refuerzos para mantener la rigidez de la unión. Como se menciona en la norma AWS D1.5, lo más importante de este proceso es cuidar la alineación y las distancias entre las partes.
4. Se suelda la unión alma-patín superior, esto se realiza basándose en los WPS respectivos, con dos soldadores calificados, soldando ambos lados

de la junta a la vez, para evitar en lo posible deformaciones en las placas por dilatación térmica.

5. Verificar juntas soldadas entre alma-patín.
6. De existir juntas entre patines se las deben realizar. Este proceso lo realizan soldadores calificados.
7. Verificar juntas soldadas entre patines.
8. Se comprueba la correcta alineación de cada parte con respecto a la otra, es decir, su perpendicularidad, alineación, distancia entre partes.
9. Se voltea las partes soldadas con la ayuda del puente grúa.
10. Se coloca al conjunto alma-patín superior sobre el patín inferior, cuidando de colocarlo en su respectivo lugar.
11. Puntear y colocar los refuerzos.
12. Verificar alineación y separación entre placas.
13. Se suelda la unión alma-patín inferior, esta operación se lo realiza basándose en los WPS respectivos, con dos soldadores calificados, soldando ambos lados de la junta a la vez, para evitar en lo posible deformaciones en las placas por dilatación térmica.
14. Se comprueba la correcta realización de la junta soldada y el correcto desempeño del soldador de la manera siguiente:

- Chequear la velocidad de soldadura sea la correcta y uniforme.
- Chequear la correcta inclinación del electrodo en el proceso de soldadura.
- Chequear el movimiento del electrodo al avanzar en la soldadura.
- Comprobar la correcta realización de la soldadura visualmente, con la ayuda de la norma AWS D1.5, en el cual se cita lo siguiente:

1. Las soldaduras no deben presentar grietas.
2. Debe existir fusión completa entre capas adyacentes del metal soldado y entre el metal de suelda y el metal base.
3. Los cordones de soldadura están hechos de acuerdo a las normas de aceptación de la norma AWS D1.5.

4. En miembros primarios, las mordeduras no deben tener más de 0.25mm de profundidad cuando la suelda es transversal a los esfuerzos de tensión, bajo cualquier condición de carga.
5. La inspección visual se realiza inmediatamente después de que las sueldas se hayan enfriado a temperatura ambiente.

Cualquier falla durante la inspección visual, se marca al elemento para luego realizar la inspección con ensayos no destructivos. Además para la inspección de la soldadura se debe aplicar lo descrito en la sección 4.2.1.3.

Equipos y útiles

Soldadoras, puente grúa, mordazas ajustables a distintos espesores, electrodos, amoladora, gratas, flexómetro, equipo protector para soldadores.

Personal

Soldadores calificados (2), amoladores (2), ayudantes de soldador (2) y supervisores (2).

4.2.5.1.8 Recubrimiento.

Descripción

Se cubre al elemento terminado con una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Previo a este proceso se realiza una limpieza de las superficies metálicas del elemento mediante la proyección de polvos con arena silíceo seca, y si las superficies contienen suciedades como grasa, se limpia con la ayuda de la acción del vapor.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.

2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.
3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

*4.2.5.1.9 Marcado de piezas.***Descripción**

A los elementos prearmados que forman la viga de rigidez se los marca para que facilite su armado final en el lugar donde se va a montar el puente. Dichas marcas se realizan con pintura en un lugar visible.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

*4.2.5.1.10 Transporte al sitio de almacenaje.***Descripción**

Una vez que el elemento está debidamente marcado, éste con la ayuda de un montacargas, debe ser trasladado a una bodega donde se almacena los diferentes elementos terminados que componen el puente, antes de que éstos sean trasladados en conjunto al sitio donde finalmente se monta la superestructura.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.5.2 Proceso de fabricación de los pendolones.

Para el puente tipo arco existes siete tipos diferentes de pendolones, pero esta diferencia radica únicamente en las dimensiones totales del pendolón más no en las dimensiones de la sección transversal del elemento (figura 4.3). Es por ello que para los pendolones 3, 4, 5, 6, 7, para obtener las medidas necesarias se requieren de la unión de 2 a 3 (en el caso del pendolón 7) almas y patines para constituir el elemento.

Cabe destacar que la unión de las almas y los patines para formar las medidas deseadas se debe principalmente por el Plan de Corte de las planchas de acero (Anexo I), en el cual se optimiza la utilización del material para que el desperdicio del mismo sea el menor posible.

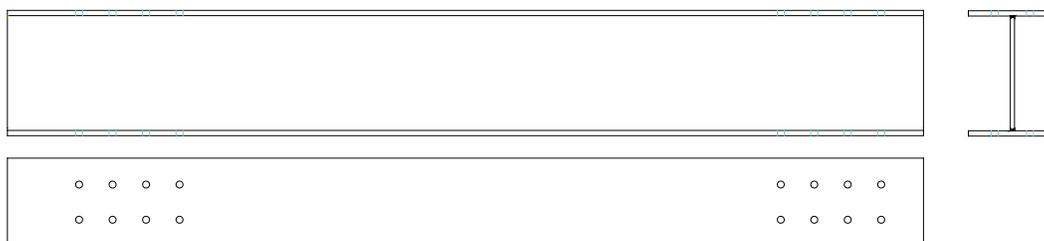


Figura 4.3 Esquema de los pendolones (Véase Planos Anexo VII)

A continuación se presenta el proceso de fabricación de los pendolones:

4.2.5.2.1 Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.

Descripción

Con la ayuda de los planos de taller y de corte se identifican las planchas de acero que se utilizan para la fabricación tanto de los patines como de las almas de

los diferentes pendolones, una vez identificadas las planchas, se transporta con un montacargas desde la bodega de almacenaje temporal hasta el sitio donde las planchas son cortadas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (1).

4.2.5.2.2 Corte.

Descripción

Se coloca la plancha de acero sobre la mesa de corte y de acuerdo al plano de taller, se trazan las dimensiones requeridas sobre la misma. Sobre las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

4.2.5.2.3 Inspección del corte.

Descripción

Consiste en chequear con los respectivos planos de taller, el correcto corte de cada elemento que va hacer parte, tanto del alma como de los patines de los diferentes pendolones. Se chequean tanto las dimensiones finales como el corte en sí, es decir, se pone mucha atención en la calidad del corte.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisores (2).

*4.2.5.2.4 Biselado de las almas y los patines.***Descripción**

Con las planchas de las almas cortadas y verificadas, lo primero es identificar que almas y que lados de las almas requieren ser biselados, ya que como se mencionó al inicio de esta sección los pendolones 3, 4, 5, 6, 7 necesita una unión alma-alma, para esto se utiliza los planos de taller y los WPS respectivos.

A continuación se marcan los lados de las almas que necesitan ser biselados, pues esto es fundamental para el correcto armado de las vigas, estas marcas se las realiza de tal manera que no sean borradas durante el proceso de biselado.

Los supervisores se encargan de comprobar que se tratan de los lugares adecuados para proceder a biselar, pues si se realizan los biseles en los lugares no adecuados se puede desperdiciar el material, realizado esto se procede a biselar las almas.

El proceso de biselado es el siguiente:

1. Colocar con el montacargas el elemento con la parte a biselar sobre la mesa de corte.
2. Colocar las guías para el carrito de corte sobre el sitio adecuado.
3. Dar el ángulo respectivo a la boquilla de corte del carrito, basándose en los respectivos WPS.
4. Biselar.

Para el biselado de los patines en la unión patín-patín para formar los diferentes pendolones, se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente para el biselado de las almas.

Equipos y útiles

Montacargas, equipo de corte de oxipropano, guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, equipo de seguridad para cortadores y pintura para marcar.

Personal

Cortador (1), personal de planta (2) y supervisor (1).

4.2.5.2.5 Inspección de biselado.

Descripción

Se constata el correcto biselado de cada una de los elementos tanto para las almas como para los patines de los pendolones, este proceso consta de dos partes, chequear primero la superficie de corte y segundo, la correcta realización del bisel de acuerdo al WPS respectivo.

Equipos y útiles

Flexómetro, calibrador y equipo de seguridad supervisores.

Personal

Supervisor (1).

4.2.5.2.6 Transporte de los patines al sitio de perforación.

Descripción

Los pendolones por medio de las placas de amarre son unidos tanto al arco como a la viga de rigidez mediante la utilización de pernos, por esta razón se deben trasladar los patines que forman al pendolón desde el sitio de corte hasta el sitio donde se encuentra el taladro, para dicho transporte se utiliza un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

*4.2.5.2.7 Perforación de los patines de los pendolones.***Descripción**

Con la ayuda de los planos de taller se identifican el lugar, la cantidad y las dimensiones de las perforaciones que deben ser realizadas en los diferentes patines del pendolón. El proceso de perforación de los patines es el siguiente:

1. De acuerdo al plano de taller marcas los lugares en donde se debe realizar las diferentes perforaciones.
2. Colocar el patín sobre el taladro de pedestal.
3. Sobre las marcas anteriormente realizadas proceder a la perforación de todos lo agujeros.
4. Retirar el patín ya perforado del taladro, y
5. Repetir estas operaciones para todos los patines de los pendolones.

Equipos y útiles

Taladro de pedestal, brocas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

*4.2.5.2.8 Inspección de las perforaciones.***Descripción**

Chequear la correcta realización de las diferentes perforaciones en los patines de los pendolones, basándose en los respectivos planos de taller.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisor (1).

4.2.5.2.9 *Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.*

Descripción

Una vez realizadas las perforaciones en los diferentes patines, estos deben ser trasladados al sitio donde se procede al armado del pendolón, además se debe transportar las almas que forman el pendolón desde el lugar de corte hasta el lugar donde se arma el elemento, para lo cual se utiliza un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

4.2.5.2.10 *Punteo, soldadura e inspección.*

Descripción

Antes de proceder con el proceso de soldadura, se comprueba que las superficies a soldarse no contengan ningún tipo de discontinuidad, y si existen se consulta con la norma AWS D1.5 apartado 3.2.2, para comprobar si se trata de una discontinuidad significativamente grande, además se comprueba que las superficies a ser soldadas y sus zonas adyacentes estén completamente limpias, pues cualquier imperfección en el material o su superficie conduce a obtener sueldas defectuosas.

Antes de soldar, se puntean las piezas ente si, con lo cual se comprueba que todos los parámetros de armado estén correctos, además se les colocan a estas

uniones con pequeños refuerzos, los cuales se encargan de evitar posibles deformaciones tanto en el alma como en los patines durante la soldadura.

El proceso de punteo, soldadura e inspección es semejante al aplicado en la fabricación de la viga de rigidez (4.2.4.1.7).

Equipos y útiles

Soldadoras, electrodos, puente grúa, mordazas ajustables a distintos espesores, electrodos, amoladora, gratas, flexómetro, equipo protector para soldadores.

Personal

Soldadores calificados (2), amoladores (2), ayudantes de soldador (2) y supervisores (2).

4.2.5.2.11 Recubrimiento.

Descripción

Cada uno de los pendolones terminados, deben tener una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Previo a este proceso se realiza una limpieza de las superficies metálicas del elemento mediante la proyección de polvos con arena silícea seca, y si las superficies contienen suciedades como grasa, se limpia con la ayuda de la acción del vapor.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.
2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.
3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

*4.2.5.2.12 Marcado de piezas.***Descripción**

Para facilitar el armado final en el lugar donde se monta finalmente el puente, se marca a cada uno de los elementos terminados con pintura, dicha marca se lo realiza en lugares donde sean fácilmente visibles.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

*4.2.5.2.13 Transporte al sitio de almacenaje.***Descripción**

Todos los pendolones terminados deben ser almacenados para luego con el resto de elementos ser transportados al lugar donde se monta el puente, para lo cual se utiliza un montacargas para llevar el elemento a una bodega.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.5.3 Proceso de fabricación del arco.

Para la formación del arco se utiliza 8 tramos (figura 4.4) con 4 elementos iguales a cada uno de estos tramos que forman los dos arcos del puente, tal como se lo describe en los respectivos planos (Anexo VII).

Los tramos del arco tienen forma de C, los cuales están compuestos por 4 placas laterales y 2 superiores, todos los tramos tienen la misma sección transversal, diferentes medidas totales, pero un similar proceso constructivo el cual es descrito a continuación:

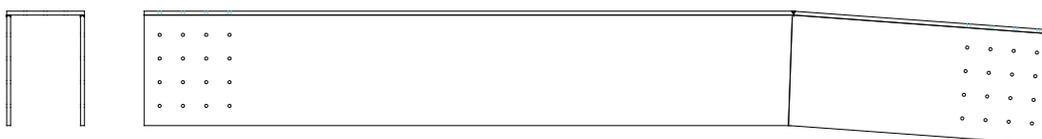


Figura 4.4 Esquema de la forma de cada tramo del arco.
(Véase Planos Anexo VII)

4.2.5.3.1 *Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.*

Descripción

Mediante la utilización de los planos de taller y de corte se identifican las planchas de acero que se utilizan para la fabricación tanto de las placas laterales como las placas superiores del tramo, una vez identificadas las planchas, se transporta con un montacargas desde la bodega de almacenaje temporal hasta el sitio donde las planchas son cortadas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.5.3.2 *Corte.*

Descripción

Se coloca la plancha de acero sobre la mesa de corte y de acuerdo al plano de taller, se trazan las dimensiones requeridas sobre la misma. Sobre las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

4.2.5.3.3 *Inspección del corte.*

Descripción

Consiste en verificar con los respectivos planos de taller, el correcto corte de cada elemento que va hacer parte del tramo del arco. Se chequean tanto las dimensiones finales como el corte en sí.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisores (2).

4.2.5.3.4 *Biselado de las placas laterales y superiores.*

Descripción

Como cada tramo esta compuesto por cuatro pacas laterales (dos a cada lado), y dos superiores, estas deben ser unidos por medio de juntas soldadas, por lo tanto se requiere realizar biseles de acuerdo a los respectivos WPS (Anexo V), lo primero es identificar que lados de las placas requieren ser biseladas.

A continuación se marcan los lados de las placas que necesitan ser biselados, pues esto es fundamental para el correcto armado de cada uno de los tramos, estas marcas se las realiza de tal manera que no sean borradas durante el proceso de biselado.

Los supervisores se encargan de comprobar que se tratan de los lugares adecuados para proceder a biselar, pues si se realizan los biseles en los lugares no adecuados se desperdicia el material.

El proceso de biselado es el siguiente:

1. Colocar con el montacargas el elemento con la parte a biselar sobre la mesa de corte.
2. Colocar las guías para el carrito de corte sobre el sitio adecuado.
3. Dar el ángulo respectivo a la boquilla de corte del carrito, basándose en los respectivos WPS.
4. Biselar.

Equipos y útiles

Montacargas, equipo de corte de oxipropano, guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, equipo de seguridad para cortadores y pintura para marcar.

Personal

Cortador (1), personal de planta (2) y supervisor (1).

4.2.5.3.5 *Inspección de biselado.*

Descripción

Se constata el correcto biselado de cada una de los elementos tanto de las placas laterales como de las superiores del tramo, este proceso consta de dos partes, verificar primero la superficie de corte y segundo, la correcta realización del bisel de acuerdo al WPS respectivo.

Equipos y útiles

Flexómetro, calibrador y equipo de seguridad supervisores.

Personal

Supervisor (1).

4.2.5.3.6 *Transporte de las placas laterales y superiores al sitio de perforación.*

Descripción

Los diferentes tramos del arco están unidos por medio de pernos por lo tanto es necesario la realización de perforaciones, en las placas laterales así como en las superiores, para poder introducir los diferentes pernos, por lo tanto las diferentes placas son trasladadas con un montacargas, desde el lugar de corte hasta el sitio donde se encuentra el taladro para la realización de las perforaciones.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

4.2.5.3.7 *Perforación de las placas.*

Descripción

Mediante la utilización de los planos de taller se identifican el lugar, la cantidad y las dimensiones de las perforaciones que deben ser realizadas en las diferentes placas tanto laterales como superiores.

El proceso de perforación de los patines es el siguiente:

1. De acuerdo al plano de taller marcas los lugares en donde se debe realizar las diferentes perforaciones.
2. Colocar la placa sobre el taladro de pedestal.
3. Sobre las marcas anteriormente realizadas proceder a la perforación de todos lo agujeros.
4. Retirar la placa completamente perforada del taladro, y
5. Repetir estas operaciones para todas las placas de amarre.

Equipos y útiles

Taladro de pedestal, brocas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.5.3.8 *Inspección de las perforaciones.*

Descripción

Chequear la correcta realización de las diferentes perforaciones en los patines de los pendolones, basándose en los respectivos planos de taller.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisor (1).

4.2.5.3.9 *Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.*

Descripción

Una vez realizadas las perforaciones en los diferentes patines, estos deben ser trasladados al sitio donde se procede al armado del pendolón, además se debe transportar las almas que forman el pendolón desde el lugar de corte hasta el lugar donde se arma el elemento, para lo cual se utiliza un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

4.2.5.3.10 *Punteo, soldadura e inspección.*

Descripción

Antes de proceder con el proceso de soldadura, se comprueba que las superficies a soldarse no contengan ningún tipo de discontinuidad, y si existen se consulta con la norma AWS D1.5 apartado 3.2.2, para comprobar si se trata de una discontinuidad significativamente grande, además se comprueba que las superficies a ser soldadas y sus zonas adyacentes estén completamente limpias, pues cualquier imperfección en el material o su superficie conduce a obtener sueldas defectuosas.

Antes de soldar, se puntean las piezas ente si, con lo cual se comprueba que todos los parámetros de armado estén correctos.

Para el proceso de inspección de la soldadura de los tramos del arco se aplica lo establecido en el literal 4.2.1.3.

Equipos y útiles

Soldadoras, electrodos, puente grúa, mordazas ajustables a distintos espesores, electrodos, amoladora, gratas, flexómetro, equipo protector para soldadores.

Personal

Soldadores calificados (2), amoladores (2), ayudantes de soldador (2) y supervisores (2).

4.2.5.3.11 Recubrimiento.

Descripción

Cada uno de los tramos terminados, deben tener una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Previo a este proceso se realiza una limpieza de la superficie metálica del elemento mediante la proyección de polvos con arena silíceo seca.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.
2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.
3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.5.3.12 *Marcado de piezas.*

Descripción

Cada una de los tramos debe poseer una marca que los identifique para facilitar el proceso de armado final del puente.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

4.2.5.3.13 *Transporte al sitio de almacenaje.*

Descripción

Todos los tramos terminados deben ser almacenados para luego con el resto de elementos ser transportados al lugar donde se monta el puente, para lo cual se utiliza un montacargas para llevar el elemento a una bodega.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.6 FABRICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL SECUNDARIO.

4.2.6.1 Proceso de fabricación de las vigas transversales de arco y tablero.

Tanto la fabricación de las vigas transversales del tablero, figura 4.5, como del arco tienen semejantes procesos de fabricación la diferencia entre estas dos

radica en las dimensiones que tienen cada una de ellas, para lo cual se utiliza los planos de taller respectivos de cada viga.

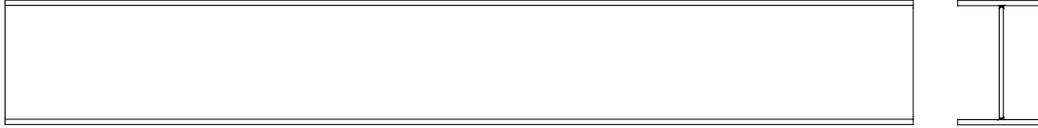


Figura 4.5 Esquema de las vigas transversales (Véase Planos Anexo VII)

En las siguientes secciones se describe el proceso de fabricación de estas vigas:

4.2.6.1.1 Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.

Descripción

Con la ayuda de los planos de taller y de corte se identifican las planchas de acero que se utilizan para la fabricación tanto de los patines como de las almas de las diferentes vigas, una vez identificadas planchas, y con la ayuda de un montacargas se procede a llevar a las mismas desde la bodega temporal hasta el sitio donde van a ser cortadas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (1).

4.2.6.1.2 Corte.

Descripción

Se coloca la plancha de acero sobre la mesa de corte y se rayan las dimensiones requeridas sobre la misma de acuerdo al respectivo plano de taller. Sobre las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

*4.2.6.1.3 Inspección del corte.***Descripción**

Consiste en chequear el correcto corte de cada plancha que va hacer parte tanto del alma como de los patines de las diferentes vigas, esto se realiza basándose en los respectivos planos de taller. Se chequean tanto las dimensiones finales como el corte en sí, es decir, se pone mucha atención en la calidad del corte.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisores (2).

*4.2.6.1.4 Biselado de las almas y los patines.***Descripción**

Con las planchas de las almas cortadas y verificadas, lo primero es identificar que almas y que lados de las almas requieren ser biselados, para esto se utiliza los planos de taller y los WPS respectivos.

A continuación se marcan los lados de las almas que necesitan ser biselados, pues esto es fundamental para el correcto armado de las vigas, estas marcas se las realiza de tal manera que no sean borradas durante el proceso de biselado.

Los supervisores se encargan de comprobar que se tratan de los lugares adecuados para proceder a biselar, pues si se realizan los biseles en los lugares no adecuados se echa a perder el material y por ende a incrementar gastos.

Realizado esto se procede a biselar las almas.

El proceso de biselado es el siguiente:

1. Colocar con el montacargas el elemento con la parte a biselar sobre la mesa de corte.
2. Colocar las guías para el carrito de corte sobre el sitio adecuado.
3. Dar el ángulo respectivo a la boquilla de corte del carrito, basándose en los respectivos WPS.
4. Biselar.

Para el biselado de los patines que van a formar las vigas, se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente para el biselado de las almas de la viga de transversal.

Equipos y útiles

Montacargas, equipo de corte de oxipropano, guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, equipo de seguridad para cortadores y pintura para marcar.

Personal

Cortador (1), personal de planta (2) y supervisor (1).

4.2.6.1.5 Inspección de biselado.

Descripción

Se constata el correcto biselado de cada una de las planchas tanto para las almas como para los patines de la viga, este proceso consta de dos partes, checar primero la superficie de corte y segundo, la correcta realización del bisel de acuerdo al WPS respectivo.

Equipos y útiles

Flexómetro, calibrador y equipo de seguridad supervisores.

Personal

Supervisor.

*4.2.6.1.6 Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.***Descripción**

Una vez verificada la correcta realización de los biseles tanto de los patines como de las almas, con el montacargas se las traslada hasta la zona en donde se procede a armar las vigas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

*4.2.6.1.7 Punteo, soldadura e inspección.***Descripción**

Durante este proceso se forma el primer módulo de las vigas, para lo cual, se trabaja con las piezas de las almas y de los patines que corresponda a dicho módulo.

Antes de proceder con el proceso de soldadura, se comprueba que las superficies a soldarse no contengan ningún tipo de discontinuidad, y si existen se consulta con la norma AWS D1.5 apartado 3.2.2, para comprobar si se trata de una discontinuidad significativamente grande, además se comprueba que las superficies a ser soldadas y sus zonas adyacentes estén completamente limpias, pues cualquier imperfección en el material o su superficie conduce a obtener sueldas defectuosas.

Antes de soldar, se puntean las piezas ente si, con lo cual se comprueba que todos los parámetros de armado estén correctos, además se les colocan a estas uniones con pequeños refuerzos, los cuales se encargan de evitar posibles deformaciones tanto en el alma como en los patines durante la soldadura.

El proceso de punteo, soldadura e inspección se semejante al aplicado en la fabricación de la viga de rigidez (4.2.4.1.7).

Equipos y útiles

Soldadoras, electrodos, puente grúa, mordazas ajustables a distintos espesores, electrodos, amoladora, gratas, flexómetro, equipo protector para soldadores.

Personal

Soldadores calificados (2), amoladores (2), ayudantes de soldador (2) y supervisores (2).

4.2.6.1.8 Recubrimiento.

Descripción

Cada viga terminada debe tener una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Previo a este proceso se realiza una limpieza de las superficies metálicas del elemento mediante la proyección de polvos con arena silícea seca, y si las superficies contienen suciedades como grasa, se limpia con la ayuda de la acción del vapor.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.
2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.

3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.6.1.9 Marcado de piezas.

Descripción

Con la finalidad de que se facilite el armado final del puente a cada una de las piezas terminadas se las marca con pintura en un lugar que sea fácil de visualizar.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

4.2.6.1.10 Transporte al sitio de almacenaje.

Descripción

Con la ayuda de un montacargas el elemento terminado debe ser trasladado a una bodega donde se almacena los diferentes elementos terminados que componen el puente, antes de que éstos sean trasladados en conjunto al sitio donde finalmente se monta la superestructura.

Equipo y útiles.

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.6.2 Proceso de fabricación de las vigas longitudinales del tablero.

Para la construcción del puente se utilizan tres tipos de vigas longitudinales (figura 4.6), diferenciadas entre si por la longitud de las vigas, más no por su sección transversal, dos de estos tipos de vigas tienen las mismas dimensiones pero la diferencia radica en que una de ellas, para obtener las dimensiones requeridas se debe soldar dos piezas para formar tanto el alma como el patín, esto se debe al plan de corte (Anexo I) en el cual se trata de optimizar la utilización del material. A continuación se detalla el proceso de fabricación.

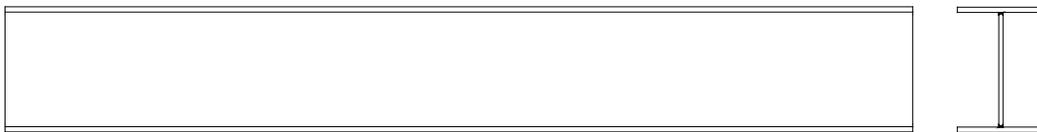


Figura 4.6 Esquema de las vigas longitudinales (Véase Planos Anexo VII)

4.2.6.2.1 *Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.*

Descripción

Con la ayuda de los planos de taller y de corte se identifican las planchas de acero que se utilizan para la fabricación tanto de los patines como de las almas de las diferentes vigas longitudinales, una vez identificadas las planchas, se transporta con un montacargas desde la bodega de almacenaje temporal hasta el sitio donde las planchas son cortadas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (1).

4.2.6.2.2 *Corte.*

Descripción

Se coloca la plancha de acero sobre la mesa de corte y de acuerdo al plano de taller, se trazan las dimensiones requeridas sobre la misma. Sobre las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

4.2.6.2.3 *Inspección del corte.*

Descripción

Consiste en verificar con los respectivos planos de taller, el correcto corte de cada elemento que va hacer parte, tanto del alma como de los patines de las vigas longitudinales, se verifican tanto las dimensiones finales como el corte en sí.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisores (2).

4.2.6.2.4 *Biselado de las almas y los patines.*

Descripción

Con las planchas de las almas cortadas y verificadas, lo primero es identificar que lados de las almas requieren ser biselados, para esto se utiliza los planos de taller y los WPS respectivos.

A continuación se marcan los lados de las almas que necesitan ser biselados, pues esto es fundamental para el correcto armado de las vigas, estas marcas se las realiza de tal manera que no sean borradas durante el proceso de biselado.

Los supervisores se encargan de comprobar que se tratan de los lugares adecuados para proceder a biselar. El proceso de biselado es el siguiente:

1. Colocar con el montacargas el elemento con la parte a biselar sobre la mesa de corte.
2. Colocar las guías para el carrito de corte sobre el sitio adecuado.
3. Dar el ángulo respectivo a la boquilla de corte del carrito, basándose en los respectivos WPS.
4. Biselar.

Para el biselado de los patines (los que requieran) de la viga longitudinal, se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente para el biselado de las almas.

Equipos y útiles

Montacargas, equipo de corte de oxipropano, guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, equipo de seguridad para cortadores y pintura para marcar.

Personal

Cortador (1), personal de planta (2) y supervisor (1).

4.2.6.2.5 *Inspección de biselado.*

Descripción

Se constata el correcto biselado de cada una de los elementos tanto para las almas como para los patines de las vigas longitudinales, este proceso consta de dos partes, verificar primero la superficie de corte y segundo, verificar que las dimensiones del biselado sean las correctas de acuerdo a los WPS respectivos.

Equipos y útiles

Flexómetro, calibrador y equipo de seguridad supervisores.

Personal

Supervisor (1).

4.2.6.2.6 *Transporte de las almas y patines al sitio de punteo.*

Descripción

Las almas y los patines que constituyen las vigas transversales, deben ser trasladadas al sitio donde se procede al armado del elemento, por medio de soldadura, para lo cual se utiliza un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

4.2.6.2.7 *Punteo, soldadura e inspección.*

Descripción

Antes de soldar, se puntean las piezas ente si, con lo cual se comprueba que todos los parámetros de armado estén correctos, además se les colocan a estas

uniones con pequeños refuerzos, los cuales se encargan de evitar posibles deformaciones tanto en el alma como en los patines durante la soldadura.

El proceso de punteo, soldadura e inspección se semejante al aplicado en la fabricación de la viga de rigidez (4.2.4.1.7).

Equipos y útiles

Soldadoras, electrodos, puente grúa, mordazas ajustables a distintos espesores, electrodos, amoladora, gratas, flexómetro, equipo protector para soldadores.

Personal

Soldadores calificados (2), amoladores (2), ayudantes de soldador (2) y supervisores (2).

4.2.6.2.8 Recubrimiento.

Descripción

Cada una de las vigas transversales terminadas, deben tener una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente, previo a este proceso se realiza una limpieza de las superficies metálicas del elemento para evitar que partículas que puedan iniciar corrosión queden incrustadas en el material.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.
2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.
3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

*4.2.6.2.9 Marcado de piezas.***Descripción**

Con la finalidad de facilitar el armado final del puente a cada una de las vigas se les coloca marcas con pintura, dichas marcas se lo realizan en lugares donde sean fácilmente visibles.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

*4.2.6.2.10 Transporte al sitio de almacenaje.***Descripción**

Todas las vigas terminadas deben ser almacenadas para luego con el resto de elementos ser transportados al lugar donde finalmente se monta el puente, para lo cual se utiliza un montacargas para llevar el elemento a una bodega.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.6.3 Proceso de fabricación de los arriostramientos.

Para la construcción del puente se requiere de dos tipos de arriostramientos (figura 4.7), el primero para el arco y el segundo para el tablero.

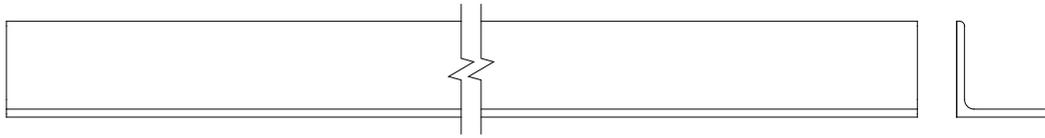


Figura 4.7 Esquema de los arriostramientos (Véase Planos Anexo VII)

A continuación se detallan el proceso de construcción.

4.2.6.3.1 *Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.*

Descripción

Para la fabricación de los arriostramientos, se utilizan perfiles en L de 180x180x15, los cuales son transportados desde la bodega de almacenaje temporal hacia el sitio de corte con la ayuda de un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas, equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.6.3.2 *Corte.*

Descripción

El proceso de corte de los perfiles en L se los realiza mediante corte semiautomático con una sierra alternativa, el procedimiento de corte de los arriostramientos es el siguiente:

- Rayar en los perfiles las dimensiones necesarias del arriostramiento, basándose en el respectivo plano de taller.
- Con el equipo de corte semiautomático de sierra alternativa, se cortan los perfiles por las marcas anteriormente realizadas.
- Repetir este procedimiento para todos los arriostramientos que se necesitan para el puente.

Equipos y útiles

Sierra de corte semiautomática y equipo protector para operarios.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

*4.2.6.3.3 Transporte al sitio de perforación.***Descripción**

Los arriostramientos del arco, por medio de un montacargas son trasladados desde el sitio de corte hasta el lugar donde se encuentra el taladro de pedestal en donde se realizan las perforaciones las cuales permiten unir por medio de pernos los arriostramientos al arco. Para los arriostramientos del tablero no se necesita realizar perforaciones ya que estos van unidos las vigas por medio de soldadura.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

*4.2.6.3.4 Perforación de los perfiles.***Descripción**

Con la ayuda de los planos de taller se identifican el lugar, la cantidad y las dimensiones de las perforaciones que deben ser realizadas en los diferentes arriostramientos.

Equipos y útiles

Taladro de pedestal, brocas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.6.3.5 *Inspección de las perforaciones.*

Descripción

Verificar la correcta realización de las diferentes perforaciones en los arriostramientos del arco, basándose en los respectivos planos de taller.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisor (1).

4.2.6.3.6 *Recubrimiento.*

Descripción

Cada arriostramiento debe tener una capa de pintura anticorrosiva, esto para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.6.3.7 *Marcado de piezas.*

Descripción

Con la finalidad de que se facilite el armado final del puente a cada uno de los arriostramientos se les marca con pintura en un lugar que sea fácil de visualizar.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

4.2.6.3.8 Transporte al sitio de almacenaje.**Descripción**

Con la ayuda de un montacargas el arriostramiento debe ser trasladado a una bodega donde se almacena los diferentes elementos terminados que componen el puente, antes de que éstos sean trasladados en conjunto al sitio donde finalmente se monta la superestructura.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.6.4 Proceso de fabricación de las placas de amarre.

En esta sección se detalla el proceso de fabricación en general de todas las placas de amarre que son: placas unión arco-pendolón, placa unión pendolón-viga de rigidez, las placas que unen los diferentes tramos del arco y placas unión viga transversal arco-arriostramientos, además de las placas soporte del pendolón y las placas que permiten la unión del arco con la placa amarre del pendolón (figura 4.8).

Todas las placas antes mencionadas tienen un semejante proceso de fabricación con pequeñas excepciones, pero todas tienen diferentes formas y medidas para lo cual se debe trabajar con sus respectivos planos de taller.

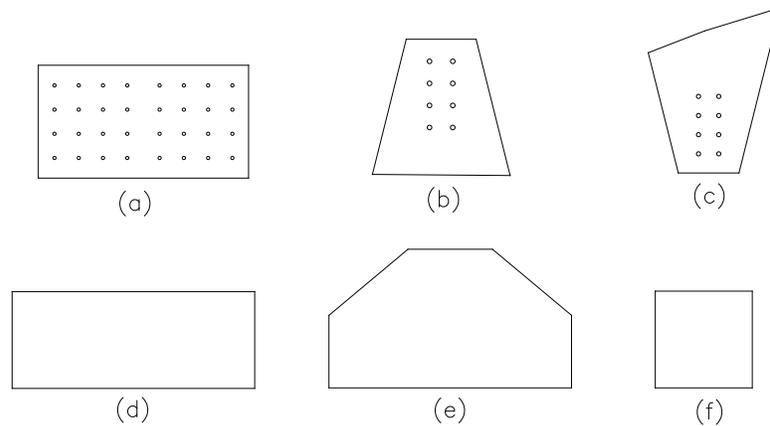


Figura 4.8 Placas de amarre: (a) unión arco-arco, (b) unión pendolón-viga de rigidez, (c) unión pendolón-arco, (d) soporte del pendolón, (e) unión arriostramientos, (f) unión arco-placa de amarre pendolón. (Véase Planos Anexo VII)

4.2.6.4.1 *Transporte al sitio de corte desde el almacenaje temporal.*

Descripción

Mediante la utilización de los planos de taller respectivos y del plan de corte se identifican las planchas de acero que se utiliza en la elaboración de estas placas, con un montacargas se traslada las planchas de acero desde la bodega temporal hasta la zona donde son cortadas.

Equipos útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario del montacargas (1) y personal de planta (1).

4.2.6.4.2 *Corte.*

Descripción

Se ubica a la pancha de acero sobre la mesa de corte, sobre esta se marcan las dimensiones por las cuales está constituida esta placa de acuerdo al respectivo plano de taller. Sobre las marcas se colocan las guías adecuadas para que corra el carrito de corte (tortuga), y se procede con el corte.

Equipos y útiles

Equipo y carrito de corte de oxipropano, regletas guías para el carrito de corte, tanques de oxígeno y propano, mesa de corte, chispero y equipo protector para operario.

Personal

Cortador (1) y personal de planta (1).

*4.2.6.4.3 Inspección del corte.***Descripción**

Consiste en verificar el correcto corte de cada una de las placas, esta verificación se lo realiza basándose en los respectivos planos de taller, se verifican que las dimensiones de las diferentes placas sean las correctas de acuerdo a los planos de construcción.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal.

Supervisores (2).

*4.2.6.4.4 Transporte de las placas al sitio de perforación.***Descripción.**

Como se mencionó anteriormente existen placas que son unidas por medio de pernos y por ende necesitan ser perforadas las cuales son: placa unión arriostramiento-arco, placa unión arriostramiento-viga de rigidez y placa unión de los tramos del arco. Las placas anteriormente mencionadas son trasladadas desde el sitio donde se las corto hasta el lugar donde se realizan las perforaciones, para dicho transporte se utiliza un montacargas.

Equipos y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Operario montacargas (1) y Personal de planta (1).

*4.2.6.4.5 Perforación de las placas de amarre.***Descripción**

Con la ayuda de los planos de taller se identifican el lugar, la cantidad y las dimensiones de las perforaciones que deben ser realizadas en las diferentes placas. El proceso de perforación de las placas es el siguiente:

1. De acuerdo al plano de taller marcas los lugares en donde se realizan las diferentes perforaciones.
2. Colocar la placa sobre el taladro de pedestal.
3. Sobre las marcas anteriormente realizadas proceder a la perforación de todos lo agujeros.
4. Retirar la placa ya perforada del taladro, y
5. Repetir estas operaciones para todas las placas.

Equipos y útiles

Taladro de pedestal, brocas y equipo de seguridad para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

*4.2.6.4.6 Inspección de las perforaciones.***Descripción**

Chequear la correcta realización de las diferentes perforaciones en las placas de amarre, basándose en los respectivos planos de taller.

Equipos y útiles

Flexómetro y calibrador.

Personal

Supervisor (1).

*4.2.6.4.7 Recubrimiento.***Descripción**

Cada una de las placas terminadas deben tener una capa de pintura anticorrosiva, para evitar la corrosión del material mientras el elemento es transportado al lugar final del montaje del puente.

Previo a este proceso se realiza una limpieza de las superficies metálicas del elemento mediante la proyección de polvos con arena silícea seca, para evitar que partículas corrosivas se queden en el material y se inicie la corrosión.

El proceso de recubrimiento superficial es el siguiente:

1. Limpiar las superficies metálicas antes de pintarlas.
2. Con el compresor y el soplete se da un recubrimiento superficial con pintura anticorrosiva a todo el elemento.
3. Se deja secar.

Equipos y útiles

Soplete, pintura, compresor y equipo de protección para operarios.

Personal

Personal de planta (2).

4.2.6.4.8 *Marcado de piezas.*

Descripción

Una vez pintada cada placa, ésta debe ser marcada para facilitar el ensamble final del puente.

Equipos y útiles

Pintura y brocha fina.

Personal

Personal de planta (1).

4.2.6.4.9 *Transporte al sitio de almacenaje.*

Descripción

Con un montacargas todas las placas terminadas deben ser trasladadas a una bodega donde se almacena los diferentes elementos terminados que componen el puente, antes de que éstos sean trasladados en conjunto al sitio donde finalmente se monta el puente.

Equipo y útiles

Montacargas, cadenas y equipo de seguridad para el personal.

Personal

Operario de montacargas (1) y personal de planta (2).

4.2.7 ALMACENAJE FINAL.

Descripción

Todos los elementos que conforman en puente y que fueron construidos en el taller deben ser almacenados en un lugar adecuado, para que sean transportados al sitio donde se monta el puente

Equipo y útiles

Hojas de registro.

Personal

Bodeguero (1)

4.2.8 TRANSPORTE A OBRA.**Descripción.**

Bajo esta partida el Contratista efectúa todo el trabajo requerido para el transporte de todos los elementos que componen la superestructura del puente; desde el taller de fabricación, hasta la obra.

Lista de materiales.

El Contratista antes de transportar la estructura a la obra, verifica que todos sus elementos correspondan en dimensiones, peso, cantidad, identificación y descripción a las descritas por el fabricante en el respectivo listado de materiales que conforman la superestructura total del puente, la estructura del puente está bajo responsabilidad del Contratista, hasta la entrega final de la Obra.

Transporte.

El medio de transporte a utilizarse es el terrestre. Previamente el Contratista debe hacer todos los arreglos necesarios para el embalaje, donde se debe tomar las precauciones para un adecuado embarque y desembarque, de tal manera de asegurar que los diferentes elementos de la estructura lleguen en buenas condiciones y completas a la obra.

El Contratista antes del traslado de las estructuras, debe adquirir las pólizas de Seguro contra todo riesgo, por un monto equivalente al costo total de la estructura, vigente por el período de traslado hasta la obra, incondicional y de

ejecución automática, expedida por una compañía de Seguros reconocida por la Superintendencia de Bancos y Seguros.

Para el transporte, el Contratista debe obtener previamente las autorizaciones y permisos correspondientes, seleccionando los vehículos de tal manera que garanticen un traslado óptimo de las estructuras y con la anticipación necesaria a la ejecución de los trabajos, siendo de su responsabilidad hacer un previo reconocimiento de los caminos y tomar las precauciones del caso.

Los vehículos de transporte deben ser tales que los elementos de la estructura se acomoden en la plataforma, de tal modo que no se produzcan volados, cuñas, apoyos forzados etc., que sometan a las estructuras a esfuerzos que deterioren todo o parte de algún elemento.

Almacenamiento en obra.

Para el almacenamiento de la estructura en obra, el Contratista debe preparar un terreno cercado designándose áreas de depósito, áreas libres de acarreo y maniobras. Los elementos menores se depositan en recintos cerrados y seguros.

El piso del almacén debe ser tratado debidamente a fin de garantizar un adecuado acomodo y conservación de las estructuras, evitando entre otras consideraciones que las aguas superficiales alcancen a las estructuras. Los elementos de las estructuras de acero, deben almacenarse sobre rodamientos en el terreno, que lo liberen de estar en contacto con el suelo y deben ser mantenidas limpias y secas. Las vigas principales deben ser colocadas en forma recta y derecha con sus debidos soportes.

El Contratista debe ser responsable por los daños y pérdidas que puedan ocurrir a los elementos de las estructuras antes de la entrega final de la obra.

4.3 MONTAJE DEL PUENTE TIPO ARCO.

4.3.1 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.

A continuación se da una descripción detallada de todos los procedimientos en el montaje del puente tipo arco, así como también la cantidad de personal, equipo, materiales, y otros rubros que se deben tomar en cuenta durante el armado del puente.

Previo al inicio del montaje de los elementos estructurales que constituyen el puente, es importante contar con una señalización preventiva adecuada que permita informar sobre los trabajos que se realizan en el lugar de levantamiento del puente para de esta manera evitar accidentes. (Ver anexo # V)

4.3.1.1 Reconocimiento de la obra civil.

Se debe realizar una inspección detallada previa al lanzamiento del puente sobre las cimentaciones en las cuales se sostendrá el mismo. Se debe verificar que se cumplan todos los requerimientos establecidos previamente por el diseñador de la obra civil, para que en caso de no cumplir con ello, se tomen los correctivos necesarios.

Esta inspección se realiza visualmente, sirviéndose de los planos de montaje como guía para la comprobación de la obra civil. Los equipos que generalmente se usan en la verificación son el teodolito, flexómetro, o visualmente. El personal requerido para la inspección es el jefe de obra y el encargado de la construcción de la obra civil.

4.3.1.2 Puesta a punto de la superficie.

El área sobre la cual el puente se montara debe estar en buenas condiciones es decir perfectamente alisada, compactada, limpia, libre de basura y con un buen

sistema de drenaje. Para que se puedan hacer las comprobaciones de camber o alineación con respecto a dicha superficie.

Para cumplir con este objetivo se necesitan equipos y maquinarias como palas mecánicas, volquetas, aplanadoras, teodolito las cuales serán operadas por un especialista en cada una de estas maquinas, y además con 3 obreros que ayuden a agilizar este proceso.

4.3.1.3 Armado de la Obra Falsa.

La obra falsa es armada en el cauce del río en el cual se construirá el puente arco, esta estructura previa tiene el objetivo de servir de apoyo y guía para el armado final del puente tipo arco. Para este fin se debe utilizar los planos de la obra falsa como una guía de armado, pues en estos se especifican los materiales de la obra y los detalles de fabricación.

La obra falsa consta de los siguientes pasos:

1. Preparar la superficie donde se levantan los basamentos de concreto de las torres. Si es necesario se debe desviar el cauce del río si este impide o molesta en la construcción del basamento.
2. Construir el basamento, tomando como guía los planos de la obra civil de las mismas.
3. Cortar todos los elementos constitutivos de la estructura.
4. Ensamblar sobre los basamentos las estructuras según los procesos de soldadura indicados en los planos constructivos.
5. Comprobar el alineamiento de las torres que permita el lanzamiento posterior del puente.

El equipo requerido en el armado de la obra falsa consta de un equipo de soldadura, equipo de corte oxiacetilénica, grúas, montacargas y un teodolito para alineación.

Este equipo debe ser manejado por profesionales calificados como son dos soldadores, dos ayudantes de soldadura, dos operarios del equipo de corte, y personal de supervisión de la obra.

4.3.1.4 Inspección de la obra falsa.

Para una correcta inspección del armado de la obra falsa se deben utilizar los planos de montaje y contar con detalles sobre sus especificaciones técnicas. Este trabajo debe ser realizado por un personal de supervisión especializado acompañados del jefe de obra.

La revisión debe ser minuciosa y se debe comprobar que cumpla con todos los requisitos de fabricación y seguridad, para que en el caso de no cumplir con lo establecido se proceda a realizar los cambios correspondientes.

4.3.1.5 Desembarque y recepción de módulos de la superestructura.

Para el desembarque y recepción de los módulos que conforman el puente se debe contar con equipo especial para este fin, como grúas, cadenas y plataformas de desembarque, el jefe de la obra tiene que encargarse de la recepción y verificación del estado de las partes que conforman la estructura.

El desembarque se lo debe hacer con mucho cuidado para que los módulos no sufran daños en su forma o diseño.

4.3.1.6 Almacenaje de los módulos.

Luego de haber recibido los módulos que conforman la estructura del puente, estos deben ser almacenados de una manera correcta es decir en una ubicación libre de malezas, limpia y seca, y preferentemente cerca del lugar donde se montara el puente.

Además, este procedimiento debe mantener el orden preestablecido en el taller de preensamblado para permitir mayor facilidad en el momento de la movilización de los módulos al lugar de montaje.

Es importante mencionar que el lugar de almacenamiento debe estar junto al lugar del desembarque y cerca al lugar de ensamble del puente, con el fin de reducir costos de transporte y tiempo.

El almacenaje se lo realizara usando grúas y montacargas, para lo cual se necesitará un operador de grúa y montacargas y 2 obreros de apoyo.

4.3.1.7 Inspección de las partes del puente.

Previo al montaje del puente es necesario realizar una inspección exhaustiva del estado de todos los elementos que conforman el puente, pues durante la transportación de los mismos estos pueden haber recibido algún daño que podría afectar su funcionamiento estructural.

Es también necesario que se verifiquen las dimensiones de los miembros de la estructura con respecto a los planos de taller y montaje. En esta inspección se necesita utilizar el flexómetro, calibrador, escalímetro; los cuales deben ser manejados por el jefe de obra y los supervisores.

4.3.1.8 Transporte al sitio de ensamble.

Todos los elementos que conforman la estructura del puente deben transportarse cuidadosamente al lugar de levantamiento del puente manteniendo el orden preestablecido de instalación.

Para ello se necesitará de una grúa y su operario así como de personal de apoyo para el descenso de cada uno de los miembros de la estructura.

4.3.1.9 Acople de los elementos del puente.

El procedimiento de armado del puente inicia con el ensamble de un par de módulos. La unión de los módulos de la estructura se la realiza mediante el uso de arriostramientos los cuales deben ser empernados entre sí mediante el uso de las placas de amarre.

Luego de terminar con el acople de la subestructura, se procede a verificar las distancias existentes entre los módulos y se comprueba que los arriostramientos estén correctamente ubicados de acuerdo al orden establecido de montaje.

Este mismo procedimiento se lo realiza con los módulos restantes, para luego ensamblarlos uno a continuación de otro hasta completar la estructura total del puente, tomando como guía el orden de ensamble que se les dio antes de iniciar el montaje.

Los módulos se acoplan unos con otros mediante el uso de binchas, guardando una separación correcta entre módulos que permita el posterior proceso de soldadura para su unión final.

Todos los módulos deben ser ensamblados de acuerdo a lo mostrado en los planos de montaje, además se deben usar marcas en los elementos y módulos con el objetivo de saber la correspondiente posición de cada uno de ellos.

El equipo que se necesita en el acople de módulos está compuesto por grúas, cuñas, soldadoras, tacos de madera. Los cuales tienen que ser operados por personal con experiencia en el montaje de puentes y con la ayuda de obreros para la ubicación de los miembros estructurales.

4.3.1.10 Alineación correcta (Camber).

La alineación o camber debe ser comprobada durante todo el proceso de montaje de la estructura, usando cuñas de madera que permitan obtener uniformidad en cada uno de los módulos y un correcto camber.

Para obtener el camber adecuado generalmente se utiliza puentes grúas para levantar los módulos y poder ubicar las cuñas y tacos de madera que permitan alinear la estructura, la comprobación del camber se la realiza mediante el uso de un nivel.

Usualmente el jefe de obra es el encargado de comprobar el camber, además se requiere de obreros para movilizar los módulos hasta alcanzar el estado requerido.

4.3.1.11 Soldadura de los módulos.

Después del ensamblado previo del puente y con un correcto camber, se procede a la unión de los módulos del puente mediante un adecuado procedimiento de soldadura.

Antes de iniciar la soldadura se requiere que las juntas a unir estén preparadas correctamente es decir alisadas, limpias de defectos y que las juntas tengan las especificaciones adecuadas según las normas AASHTO y AWS D1.5.

Los WPS de las soldaduras de campo se las realiza en base a la norma AWS D1.5. (Ver Anexo #6). En los WPS se especifican datos sobre el proceso de soldadura a utilizarse, tipos de juntas, tipo de electrodos, así como rangos de voltaje y amperaje que deben tenerse durante la unión de los miembros de la estructura.

El proceso de soldadura es el siguiente:

- Preparación de las superficies y bordes de las juntas a soldarse en campo.
- Secuencia de soldeo en campo:
 1. Soldar un pase entre los patines
 2. Soldar el alma completamente
 3. Completar la suelda entre patines
 4. Completar la unión patín-alma

La unión por soldadura de la estructura metálica es realizada por soldadores calificados, los cuales previamente fueron sometidos a pruebas bajo normas establecidas.

Los electrodos deben tener un tratamiento correcto de mantenimiento y deben ser almacenados en lugares limpios y secos, además, de realizar pruebas de la calidad de los mismos.

Para este proceso se debe contar con equipos de soldadura, material de aporte (electrodos), fuente de energía (motogenerador), también se debe contar con la presencia de ayudantes de los soldadores calificados.

4.3.1.12 Lanzamiento del puente.

Una vez armado el puente se realiza el lanzamiento del mismo, este procedimiento consiste en ubicar un extremo del puente sobre rieles que ayudaran al desplazamiento de la estructura sobre el río. El puente es halado con la ayuda de un malacate de acción manual. Por seguridad el extremo final del puente debe estar anclado, por ejemplo a una grúa que avance conjuntamente con el puente, de esta manera se evita la posibilidad de un accidente en caso de que el puente se descarrile.

Una vez que el puente alcanza su posición final sobre la obra falsa inicial, el mismo es izado con la ayuda de dos pórticos temporales que deben ubicarse en cada orilla del río, en ese instante parte de la obra falsa es retirada y otra se

queda para servir de guía y apoyo del puente, luego con la ayuda de los pórticos el puente se coloca sobre la obra falsa restante.

El personal requerido es el operador del malacate y operador de la grúa así como una cuadrilla de obreros quienes se encargaran del deslizamiento del puente sobre los trenes de rodaje o rieles.

4.3.1.13 Supervisión del montaje.

Se debe verificar el asentamiento correcto del puente, para ello el jefe de obra tiene que controlar todo el proceso de montaje del puente arco, es decir; un correcto alineamiento y camber de la estructura, además debe supervisar que se cumplan con las normas establecidas y comparar con los planos de montaje.

Para ello el jefe de obra utilizará un teodolito para establecer el correcto posicionamiento del puente sobre sus cimientos, además controlara los detalles específicos que en los planos se indican.

4.3.1.14 Armado de la capa de rodadura.

Finalmente se procede a colocar la capa de rodadura sobre el puente, para ello se establecen los siguientes pasos:

1. Colocación del encofrado para la capa de rodadura.
2. Armado del sistema de hierros de la capa de rodadura, usando el plano de la capa de rodadura.
3. Ubicar el sistema de drenaje del puente.
4. Colocación de los postes guardavías sobre el puente.
5. Colocación del concreto, se lo puede hacer mediante fundición o con material prefabricado.

4.3.1.15 Pintura de Protección.

La pintura anticorrosiva es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersión, (dependiendo del funcionamiento de la planta de trabajo y de la geometría de la estructura).

La pintura de protección tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados, esmaltes y lustres coloridos. La pintura anticorrosiva generalmente se presenta de color rojo ladrillo o naranja rojizo, aunque también se encuentran en color gris y en negro.

El color rojizo, (encontrado comúnmente en vigas) toma su pigmentación del óxido de hierro que es empleado como componente en su elaboración. En algunos lugares, a esta película anticorrosiva, se la ha llamado 'minio' cuando su función es, principalmente la de evitar la degradación del hierro.

Se deberá realizar lo siguiente para la aplicación de la pintura:

1. Arenado al metal blanco tipo SSPC-SP5. Alternativamente podrá utilizarse el Arenado con escoria o Granallado. La limpieza deberá dejar todas las superficies con una textura de adherencia y uniforme no inferior a 0.025 y 0.038 milímetros (1 y 1 ½ milésimas de pulgada).
2. Una vez terminado el arenado se procederá al pintado el mismo día en que se realizó la limpieza. Si las superficies tratadas se oxidan o están contaminadas con materias extrañas antes de realizar la pintura, se deberán volver a limpiar bajo responsabilidad del Contratista.
3. Para el proceso de pintura se utilizarán sistemas Airless. El Contratista deberá previamente verificar que el equipo se encuentre totalmente operativo y eficiente (mangueras, bombas, boquillas). Solamente se podrá utilizar brocha o rodillo para el pintado de retoques, repasos y resanes.

4. Previa limpieza final con aire, se inicia con la aplicación de la primera capa de pintura monocomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 3.0/4.0 mils. La aplicación deberá hacerse con equipo aprobado por el Supervisor.
5. Para cada elemento que recibió la primera capa y dentro de los 6 horas posteriores como mínimo, se aplicará la segunda capa de pintura monocomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 3.0/4.0 mils.
6. Para cada elemento que recibió la segunda capa y dentro de los 6 horas posteriores, se aplicará la tercera capa de pintura superficial monocomponente o bicomponente con un espesor de la película protectora seca igual a 3.0/4.0 mils.
7. Posteriormente a la colocación de cada capa de pintura, el Contratista deberá controlar y verificar conjuntamente con el Supervisor el espesor de pintura colocado con instrumentos adecuados (calibrador de espesores).

Además de lo indicado anteriormente, todas las pinturas se deben aplicar de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del proveedor de pintura, el cual tiene que coordinar y asesorar al Contratista antes y durante los procesos de limpieza y pintado. La calidad de la pintura debe ser tal que garantice una duración de 20 años después de su aplicación a la estructura metálica.

4.4 PERSONAL ENCARGADO DEL MONTAJE.

En el proceso de montaje es necesario contar con un personal calificado y de experiencia, que sepa cumplir con todas las obligaciones laborales para las cuales fueron contratados.

A continuación se detalla el perfil requerido para cada una de las tareas que se requieren en el montaje del puente en arco, además de cada una de las obligaciones que deben cumplir en el campo de trabajo.

4.4.1 JEFE DE OBRA EN CAMPO.

El jefe de obra es el encargado de la supervisión de todo el procedimiento de montaje, es la persona que debe hacer cumplir todas las especificaciones técnicas preestablecidas y entregar el puente en los plazos pactados dentro del contrato.

El perfil de la persona de este cargo es el siguiente:

- Debe tener dotes de mando para poder guiar al resto trabajadores a la consecución de la meta, cuidando que se cumplan los tiempos establecidos y realizando un montaje estructural de calidad; por lo que debe seleccionar un personal de trabajo altamente calificado y de experiencia, de manera que todos tengan en claro las obligaciones que tienen que cumplir.
- Debe contar con experiencia en trabajos de campo, conocer sobre equipos y materiales necesarios para realizar el montaje de la estructura.
- Dominar las normas y procedimientos para trabajos en construcción de puentes (AASHTO y AWS).
- Conocer sobre el diseño de la superestructura y obra falsa, para de ser necesario solucionar problemas que pudieren presentarse.
- Controlar el proceso de montaje en todas sus etapas, contando con la ayuda de supervisores para cumplir con este objetivo.
- Debe tener control en lo referente a existencia de partes, equipos e insumos para un mejor desarrollo del proceso.
- Debe tener un contacto permanente con el personal de trabajo para tener una mejor información del desempeño de los mismos en el caso que sea requerido.

Las obligaciones que debe cumplir son:

- Verificar el correcto alineamiento entre módulos y el camber del puente a medida que este sea ensamblado.

- Controlar el correcto armado e instalación en el lugar respectivo de la obra falsa.
- Verificar el correcto emplazamiento de la estructura después de haber finalizado el lanzamiento de la misma.
- Controlar el estado en que se encuentra la capa de pintura con la que provino del taller, además de las capas restantes una vez terminado el montaje del puente.
- Es el responsable de la colocación de la capa de rodadura sobre el puente, también de la colocación de un sistema de drenaje funcional.
- Controlar que todas las pruebas de inspección se las realicen correctamente cumpliendo con estándares establecidos con anterioridad.

4.4.2 SOLDADORES CALIFICADOS.

Es el personal encargado de la unión mediante procedimientos de soldadura de los módulos en campo. Debido a la importancia que tienen estas uniones este personal debe ser seleccionado mediante el correspondiente proceso de calificación (WPQ), según lo que manda la norma AWS D1.5 en el apartado C de su quinto capítulo referente a la calificación de soldadores, o en el apartado C del capítulo Quinto de la norma AWS D1.1.

Las uniones consideradas críticas durante el montaje del puente son las siguientes:

- Junta alma-alma
- Junta alma-patín
- Junta patín-patín
- Juntas entre cubreplacas.

4.4.3 SOLDADORES NO CALIFICADOS.

Generalmente este grupo de soldadores lo conforman personas que no cumplieron con las características requeridas en el WPQ, pero que tienen condiciones suficientes para realizar trabajos de soldadura en juntas no críticas.

Los soldadores no calificados tienen la responsabilidad de unir toda junta que dentro del diseño sea no crítica, las juntas no críticas en la estructura son:

- Placas de alojamientos de pernos
- Placas de unión de arcos.
- Demás juntas que son soldadas.

4.4.4 CORTADORES.

Dentro del trabajo de campo se utiliza un proceso de corte por oxiacetileno, por lo que es necesario personal de experiencia que maneje este tipo de trabajo.

Las personas que integran este grupo de trabajo son seleccionadas bajo pruebas de calificación, su trabajo es el de suministrar elementos estructurales con dimensiones y especificaciones correctas, para de esta forma mantener un ensamble correcto durante todas las etapas de conformación del puente.

4.4.5 ARMADORES.

Es un grupo de personal no calificado, el cual tiene como responsabilidad el proceso de punteo, es decir juntar los módulos a ensamblar con ayuda de pequeños puntos de soldadura para que posteriormente personal calificado culmine con la unión de partes con el proceso adecuado.

4.4.6 AYUDANTES DE SOLDADURA.

Es personal de asistencia de los soldadores calificados, generalmente son traídos por los propios soldadores.

Pero también se puede contratar a cualquier persona que previa algunas pruebas demuestre capacidad para trabajar en campo.

4.4.7 PERSONAL DE CAMPO.

Durante el proceso de montaje del puente tipo arco se requiere contar con un contingente humano que realice distintas actividades durante las etapas del mismo.

La selección de dicho personal queda a cargo del jefe de obra en campo y dentro de esta categoría de personal se tiene:

- Operario de grúa y ayudantes
- Personal encargado de preparar la superficie y mantener la debida limpieza en el lugar destinado a ensamblar la estructura.
- Personal de asistencia en el armado de la obra falsa, previo al lanzamiento del puente.
- Personal encargado del recubrimiento superficial que se realiza después del lanzamiento de la estructura.
- Personal encargado de la instalación de la capa de rodadura, ubicación de guardavías y sistema de drenaje.
- Personal que realice pruebas de funcionalidad y carga una vez terminado el montaje de la estructura.

4.4.8 BODEGUERO.

El bodeguero se encarga de suministrar y controlar el equipo, proveer materiales necesarios para el trabajo de campo. Además debe mantener un registro de todos los insumos que se han utilizado durante el proceso.

4.4.9 SUPERVISORES.

Tienen la responsabilidad de verificar y controlar que todos los procesos sean realizados conforme a lo estipulado en el diseño de los mismos.

En su trabajo se ayudan con hojas de ruta y de operación de campo, las principales responsabilidades se mencionan a continuación:

- Verificar la correcta preparación de las juntas de los elementos de la estructura que deban soldarse durante la obra.
- Controlar que se cumplan con los procedimientos de soldadura previamente establecidos en los WPS respectivos.
- Además deben mantener un control continuo sobre las habilidades de todos los soldadores mediante inspección visual mientras se realizan las soldaduras.

4.5 MATERIAL EMPLEADO EN EL ARMADO DEL PUENTE.

4.5.1 MATERIAL DE LA ESTRUCTURA.

El material de la estructura es cada uno de los módulos que conforman la misma y que además han sido trasladados desde la planta de fabricación en Quito hasta el lugar de montaje del puente.

Las características y propiedades del material base que conforman los elementos de la estructura se describen en el anexo # III.

4.5.2 MATERIAL DE APORTE.

Como material de aporte durante el proceso se utiliza electrodos consumibles tipo AWS E7010 y AWS E6010, según la norma AWS A5.1 (Specification for Covered Carbon Steel Arc Welding Electrodes) o AWS A5.5 (Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes), debido a que estos cumplen con los requerimientos de la norma AASHTO, según la norma AWS D1.5, literal 4.5.1 para el trabajo de soldadura en campo.

Este material de aporte debe mantenerse protegido del medio ambiente y su manejo debe ser cuidadoso, con el fin de que se encuentren en perfecto estado en el momento de su utilización.

4.5.3 PINTURA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL.

Una vez terminado el montaje del puente se deben aplicar dos nuevas capas de pintura sobre la estructura, el detalle del proceso de pintado tanto en campo como en planta se detalla en la norma AASHTO, sección 13, división II.

Estas especificaciones se refieren a la protección de las estructuras metálicas con pinturas de larga vida bajo el sistema de pinturas de "poliuretano" aplicadas en 3 capas, e incluye la preparación de la superficie de metal para la apropiada aplicación de la pintura. La primera y segunda capa es una pintura monocomponente a base de "poliuretano", con propiedades anticorrosivas e inhibidoras de óxido. La tercera capa superficial (Esmalte de acabado) puede ser de dos tipos:

- Pintura monocomponente de poliuretanos alifáticos semi-brillante con propiedades excelentes de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión y corrosión, acabado de color con buena resistencia química.
- Pintura bicomponente de poliuretanos acrílicos - alifáticos con propiedades de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión y corrosión, resistencia a los agentes químicos y gran retención de color y brillo.

4.5.3.1 Características físicas y químicas de las pinturas

Las características más importantes de las pinturas de poliuretano son las siguientes:

- Curado en condiciones de alta humedad.
- Anticorrosivo e Inhibidor de óxido.
- Resistente a la corrosión en ambientes marinos y severos.
- Puede ser aplicado sobre superficies con arenado o limpieza mecánica.
- Excelente retención de color y brillo, típico de uretanos alifáticos.
- Puede ser aplicado con equipo Airless, equipo convencional e inclusive con brocha.

4.5.3.2 Descripción de la Composición de Cada Capa.

Primera Capa.

La pintura es monocomponente, y actuará reaccionando con la humedad del aire. Esta pintura puede ser un anticorrosivo con contenido de Zinc y Oxido de Hierro Micaceo ó también pinturas anticorrosivas con contenido de polvo de aluminio.

Segunda Capa.

La pintura es monocomponente. Esta pintura puede ser un anticorrosivo con contenido de Oxido de Hierro Micaceo ó también pinturas anticorrosivas con contenido de polvo de aluminio.

Tercera capa.

1. Pintura Monocomponente: La pintura es un poliuretano alifático semi-brillante monocomponente, que no necesita de catalizadores ni de mezclas. Con gran retención de color y brillo, con excelentes propiedades de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión, corrosión y agentes químicos.
2. Pintura Bicomponente: La pintura es un poliuretano acrílico – alifático bicomponente, con gran retención de color y brillo, con excelentes propiedades de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión, corrosión y agentes químicos.

4.5.4 MATERIAL CAPA DE RODADURA.

Para realizar el encofrado que requiere el puente se necesita tablas de madera de espesor de ½ pulgada, las cuales se colocarán rodeando la estructura metálica del puente formando una caja en la que se albergará los hierros para la capa de rodadura en sí.

Además, la capa de rodadura está constituida por una mezcla de cemento, arena, ripio y acelerador de fraguado, que de preferencia cuente con una resistencia $f'c=280$ kilogramos por centímetro cuadrado.

4.5.5 MATERIAL PARA DRENAJE.

Este sistema estructural debe contar con un sistema de drenaje eficaz, el cual se está constituido de tubos PVC de 8cm de diámetro interno, estos son ubicados a lo largo del puente y a medida que avance el armado de los hierros de la capa de rodadura.

4.5.6 MATERIAL DE GUARDAVÍAS.

Luego de haber finalizado la colocación de la capa de rodadura, es necesario ofrecer la debida seguridad en el puente para lo cual se ubican bordes y vallas de protección, estos son fabricados en planta y luego se trasladan al lugar de montaje para su colocación.

4.5.7 MATERIAL OBRA FALSA.

El material de cada uno de los módulos de la obra falsa está compuesto por tubería de acero A36 de diámetros de 4, 6 y 10 pulgadas.

4.6 EQUIPOS.

4.6.1 EQUIPO DE SOLDADURA.

Todos los procesos de soldadura en este proyecto incluso los realizados en campo son realizados con soldadura tipo SMAW, siendo este proceso un requerimiento de diseño para el presente trabajo. (Ver figura 4.9)

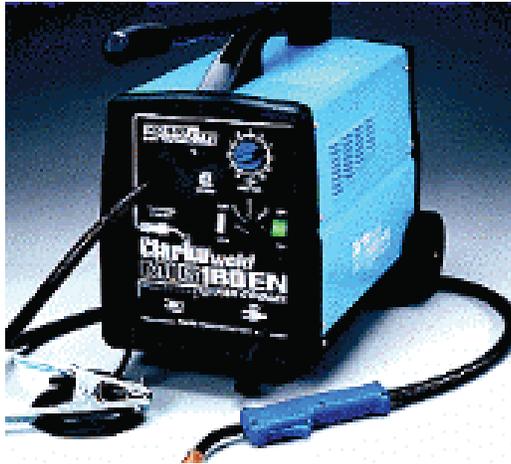


Figura 4.9 Equipo de Soldadura en campo

Las soldaduras que se realizan en campo son las siguientes:

- Soldadura de penetración completa para empalmes de ranura.
- Soldadura tipo filete, sin penetración completa.
- Proceso de punteo.

Las características que requiere el equipo de soldadura para trabajo son las siguientes:

- Soldadoras para suelda tipo SMAW.
- Trabajar con corriente continua DC+.
- Intensidad de corriente entre 60 y 150 amperios.
- Trabajar con un voltaje promedio de 25 voltios.

4.6.2 FUENTE DE ENERGÍA.

Como se va a trabajar en campo y no se dispone de suministro de energía eléctrica, se debe contar con una fuente de energía apropiada que permita el funcionamiento de todos los equipos que se utilizan durante este proceso, por ejemplo equipos de soldadura y amoladoras.

Además de ser necesario se debe dotar de energía destinada a la iluminación del lugar por el tiempo que dure el trabajo en campo.

La fuente de energía se trata de un motogenerador, el cual debe poder suplir las necesidades de corriente eléctrica para las soldadoras que se ocuparan en campo.

4.6.3 EQUIPO DE RECUBRIMIENTO Y PINTADO.

Según lo enunciado en la norma AASHTO, sección 13, división II, se puede realizar el proceso de pintado de superficies metálicas con la ayuda de brochas, spray, rodillos u alguna combinación de los mismos como se observa en la figura 4.10.



Figura 4.10 Materiales y Accesorios de pintura.

4.6.4 EQUIPO DE CORTE.

Equipo de corte manual de oxiacetileno. (ver figura 4.11)

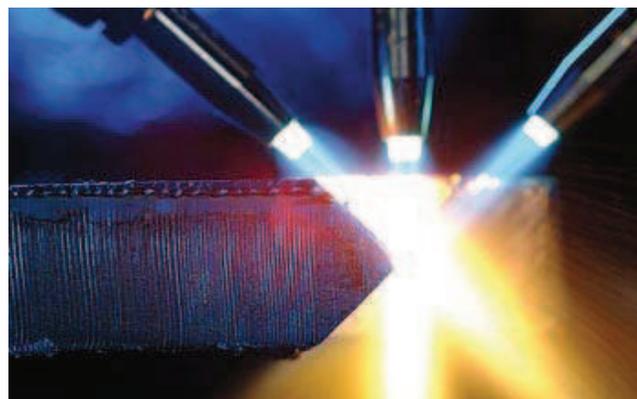


Figura 4.11 Equipo de Corte manual.

4.6.5 EQUIPO DE LANZAMIENTO

Para proceder con el lanzamiento del puente, se requiere del uso de un instrumento que permita el avance controlado de todo el sistema estructural, por lo que se trabaja con un malacate manual como se muestra en la figura 4.12.



Figura 4.12 Malacate.

4.6.6 EQUIPO DE SEGURIDAD PARA AVANCE DEL PUENTE

Mientras se arrastra la estructura hasta ubicarlo sobre el río el puente debe tener la debida protección a fin de que ante un imprevisto avance descontrolado de la estructura, y evitar que caiga al río. Por lo cual, se utiliza en la práctica un tráiler de gran peso simulando un ancla.

4.6.7 OTROS EQUIPOS.

Durante el proceso de montaje, se requiere de ciertos equipos, que en forma indirecta o temporal, son necesarios para el ensamble de la estructura. A continuación se menciona una lista de los principales equipos que se usaran en este proyecto:

- Equipo para resecado de electrodos
- Equipo para eliminar capas de metal manualmente
- Equipo para proceso de limpieza de superficies metálicas

- Pórticos para asentar el puente sobre la obra civil
- Mezcladora de hormigón
- Vibrador de hormigón
- Herramientas de mano (palas, combos, piquetas, alicates, etc.)

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA EL PUENTE TIPO.

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capitulo se procede a realizar un estudio detallado de los costos unitarios requeridos en la fabricación y montaje de un puente tipo arco, dentro del proceso de fabricación y montaje de un puente, el estudio de costos tiene una gran importancia ya que de esta forma se puede obtener una guía del presupuesto para la construcción y montaje de estructuras metálicas.

Para el análisis de costos unitarios es necesario usar información y metodología del ministerio de transporte y obras publicas debido a que es el mayor contratista del Ecuador

5.2 CONCEPTO DE COSTO.

Costo es el sacrificio, o esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo. Los objetivos son aquellos de tipo operativos, como por ejemplo: pagar los sueldos al personal de producción, comprar materiales, fabricar un producto, venderlo, prestar un servicio, obtener fondos para financiarnos, administrar la empresa, etc.

Si no se logra el objetivo deseado, se tiene una pérdida.

La mercadería que se deteriora por contaminación y queda inutilizada, es una pérdida; porque, a pesar del esfuerzo económico no tiene un objetivo determinado.

También es necesario precisar algunos conceptos que se utilizan para definir y caracterizar aspectos relacionados con el tema que estamos analizando. Por ejemplo: Desembolso, Amortizaciones e Inversión.

El **costo** es fundamentalmente un concepto económico, que influye en el resultado de la empresa.

El **desembolso** es un concepto de tipo financiero, que forma parte del manejo de dinero. Su incidencia está relacionada con los movimientos (ingresos y egresos) de caja o tesorería.

Hay bienes que se compran y que se utilizan en el sistema productivo, pero que no se incorporan al producto como insumo, sino que se utilizan durante un tiempo para ayudar en su elaboración. Por ejemplo: maquinarias, equipos, instalaciones, bienes de uso, etc.

A estos bienes se les practica lo que se denomina **amortización** o **depreciación**, por un importe que está relacionado con su vida útil, el desgaste, la obsolescencia técnica, etc.; y se carga dicho importe en forma proporcional al producto. Esto constituye un costo, aunque el desembolso se hizo en el pasado.

La compra de una máquina o de una herramienta de trabajo generalmente demanda un fuerte desembolso inicial que, si es tenido en cuenta en ese momento para calcular los costos produciría una fuerte distorsión en los mismos.

El método de la amortización evita ese problema, porque distribuye el gasto inicial a lo largo de todo el período de vida útil del equipo.

En la práctica la amortización es el dinero que se reserva para la renovación de la máquina cuando se agote su vida útil.

La **inversión** es el costo que se encuentra a la espera de la actividad empresarial que permitirá con el transcurso del tiempo, conseguir el objetivo deseado.

Las inversiones en Equipos, Instalaciones, Muebles y Útiles, etc.; tendrán su incidencia en los costos mediante el cálculo de las depreciaciones que se realicen a lo largo de su vida útil.

5.3 TIPOS DE COSTOS.

Es necesario clasificar los costos de acuerdo a categorías o grupos, de manera tal que posean ciertas características comunes para poder realizar los cálculos, el análisis y presentar la información que puede ser utilizada para la toma de decisiones.

5.3.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FUNCIÓN QUE CUMPLEN

5.3.1.1 Costos de producción.

Son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación. Por ejemplo:

- Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo
- Sueldos y cargas sociales del personal de producción.
- Depreciaciones del equipo productivo.
- Costo de los Servicios Públicos que intervienen en el proceso productivo.
- Costo de envases y embalajes.
- Costos de almacenamiento, depósito y expedición.

5.3.1.2 Costo de comercialización

Es el costo que posibilita el proceso de venta de los bienes o servicios a los clientes. Por ejemplo:

- Sueldos y cargas sociales del personal del área comercial.

- Comisiones sobre ventas.
- Fletes, hasta el lugar de destino de la mercadería.
- Seguros por el transporte de mercadería.
- Promoción y Publicidad.
- Servicios técnicos y garantías de post-ventas.

5.3.1.3 Costo de administración.

Son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio. Por ejemplo:

- Sueldos y cargas sociales del personal del área administrativa y general de la empresa
- Honorarios pagados por servicios profesionales.
- Servicios Públicos correspondientes al área administrativa.
- Alquiler de oficina.
- Papelería e insumos propios de la administración.

5.3.1.4 Costo de financiación.

Es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo:

- Intereses pagados por préstamos.
- Comisiones y otros gastos bancarios.
- Impuestos derivados de las transacciones financieras.

5.3.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU GRADO DE VARIABILIDAD.

Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones. Está vinculado con las variaciones o no de los costos, según los niveles de actividad.

5.3.2.1 Costos fijos.

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. Por ejemplo:

- Alquileres
- Amortizaciones o depreciaciones
- Seguros
- Impuestos fijos
- Servicios Públicos (luz, teléfono, agua, etc.)
- Sueldo y cargas sociales de encargados, supervisores, gerentes, etc.

5.3.2.2 Costos variables.

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender". Por ejemplo:

- Mano de obra directa (a destajo, por producción o por tanto).
- Materias Primas directas.
- Materiales e Insumos directos.
- Impuestos específicos.
- Envases, Embalajes y etiquetas.
- Comisiones sobre ventas.

5.3.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ASIGNACIÓN.

5.3.3.1 Costos directos.

Son aquellos costos que se asigna directamente a una unidad de producción. Por lo general se asimilan a los costos variables.

5.3.3.2 Costos indirectos.

Son aquellos que no se pueden asignar directamente a un producto o servicio, sino que se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos.

5.3.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU COMPORTAMIENTO.

5.3.4.1 Costo variable unitario.

Es el costo que se asigna directamente a cada unidad de producto. Comprende la unidad de cada materia prima o materiales utilizados para fabricar una unidad de producto terminado, así como la unidad de mano de obra directa, la unidad de envases y embalajes, la unidad de comisión por ventas, etc.

5.3.4.2 Costo variable total.

Es el costo que resulta de multiplicar el costo variable unitario por la cantidad de productos fabricados o servicios vendidos en un período determinado; sea éste mensual, anual o cualquier otra periodicidad.

La fórmula del costo variable total es la siguiente:

$$\text{Costo Variable Total} = \text{Costo Variable Unitario} \times \text{Cantidad}$$

Para el análisis de los costos variables, se parte de los valores unitarios para llegar a los valores totales. En los costos fijos el proceso es inverso, se parte de los costos fijos totales para llegar a los costos fijos unitarios.

5.3.4.3 Costo fijo total.

Es la suma de todos los costos fijos de la empresa.

5.3.4.4 Costo fijo unitario.

Es el costo fijo total dividido por la cantidad de productos fabricados o servicios brindados.

Costo fijo Unitario = Costo Fijo Total / Cantidad

5.3.4.5 Costo total.

Es la suma del Costo Variable más el Costo Fijo.

Se puede expresar en Valores Unitarios o en Valores Totales.

Costo Total unitario = Costo Variable unitario + Costo Fijo unitario

Costo Total = Costo Variable Total + Costo Fijo Total

5.4 DESARROLLO DE COSTOS UNITARIOS

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se tomo como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante. La forma o el método para realizar esa determinación son diferentes según sea el objeto que se persiga con ella.

Cuando se trata únicamente de determinar si el costo de una obra guarda la debida relación con los beneficios que de ella se espera obtener, o bien si las disponibilidades existentes bastan para su ejecución, es suficiente hacer un presupuesto aproximado, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precios unitarios que no estén muy detallados.

Por el contrario, este presupuesto aproximado no basta cuando el estudio se hace como base para financiar la obra, o cuando el constructor la estudia al preparar su proposición, entonces hay que detallar mucho en las unidades de medida y

precios unitarios, tomando en cuenta para estos últimos no sólo el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales en que se haya de realizar la obra.

Esto obliga a penetrar en todos los detalles y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes. Por eso el concepto de presupuesto puede definirse como un vector de valores independientes unos de otros.

En general, varían tanto las circunstancias de una construcción a otra, aunque se trate de trabajos de la misma naturaleza, que es muy difícil aplicar a obras diferentes un mismo precio que esté expresado total o parcialmente en dinero, puesto que se llega a resultados inconvenientes y, a veces, completamente perjudiciales para quien la construye.

Para realizar el análisis de precios unitarios es preciso recordar que los costos de cada uno de los renglones de precios son seleccionados de entre una colección de matrices de costos, listado de precios de materiales y tabulador de mano obra.

5.4.1 RENGLONES DE COSTOS

Es una práctica general en el área de la construcción (civil, eléctrica y mecánica) definir estos costos de la forma siguiente:

5.4.1.1 Renglón de los Equipos

Son los equipos a utilizar en la obra para poder ser realizada; palas, martillos, picos, carretillas, destornilladores, llaves de diversos tipos, máquinas varias, vehículos y camiones diversos, etc.

Estos equipos por efecto de su uso continuo se van deteriorando y comúnmente se le aplican factores de depreciación por uso para poder recuperar el costo de haberlo dedicado a cada obra en particular.

5.4.1.2 Renglón de la Mano de Obra

Es el costo asociado al valor del esfuerzo que hace el trabajador para realizar una tarea. En el sector de la construcción está regido por el Tabulador de La Convención Colectiva de la Cámara de la Construcción.

En Ecuador este costo está influenciado fuertemente por una serie de disposiciones legales que inciden en el valor final del mismo. Especialmente importante a la hora de considerar es el relacionado a las prestaciones sociales establecidas en la Ley Orgánica del Trabajo y su Reglamento.

5.4.1.3 Renglón de los Materiales

Este describe el costo del material a utilizar (cemento, cabilla; entre otros), el implemento a instalar (ventanas, puertas, cerraduras; entre otros), o el equipo a ser incorporado a una obra (aires acondicionados, lámparas de alumbrado; entre otros) en la obra para llevar a cabo su construcción.

Aquí se considera el factor de desperdicio que refleja en material que por efectos prácticos no se pueden incorporar completamente a la obra (ejemplos de estos es: trozos de cabilla desechados, arena y piedra picada desechada, etc.).

5.4.1.4 Renglón Transporte

Es el costo que se depende de los gastos de movilización de equipos, materiales, y personal a los distintos lugares en los que se llevara a cabo los procesos constructivos.

Generalmente este rubro depende del peso de los elementos y materiales que se requiere trasladar, es por ello que existen valores tabulados con precios establecidos dependiendo del volumen y distancia a transportar.

5.4.1.5 Renglón de los Gastos Administrativos

Si se considera por un instante los diferentes tipos de factores productivos que utiliza una empresa para obtener el bien que fábrica. Algunos de estos factores los compra en el mercado cuando los necesita y los incorpora totalmente al producto. El costo de estos factores es simplemente el precio que se ha pagado por ellos en el mercado.

Estos factores pueden ser interpretados como el estimado de costos administrativos y deben cubrir cualquier gasto que se necesite realizar. Ejemplo de esto son los gastos de papelería, pago de sueldos y servicios en las oficinas de una empresa.

5.4.1.6 Renglón de la Utilidad

Esta describe la ganancia esperada por quien realiza la actividad de la construcción para asegurar su continuidad en el negocio.

A continuación se presenta el cálculo para el presupuesto para la fabricación y montaje de un puente tipo arco, este trabajo se lo realizo en base al personal, equipos, y materiales que se detallaron dentro del capítulo IV.

Los rubros que se tomaron en cuenta para el siguiente trabajo son:

- Fabricación de elementos estructurales.
- Excavación y Relleno de cimientos.
- Infraestructura.
- Armado de la Obra Falsa.
- Superestructura.
- Asfaltado y señalización.

En las siguientes tablas se desarrollan los costos unitarios de fabricación y montaje para el puente arco tipo.

Tabla 5.1 Formato de análisis de costos unitarios

Rubro:	Unidad:
Código:	Rendimiento:

EQUIPOS:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA $C=(A*B)$	COSTO UNITARIO $D=(C/R)$	%
PARCIAL: (M)				0,00	0,00

MANO DE OBRA:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA $C=(A*B)$	COSTO UNITARIO $D=(C/R)$	%
PARCIAL: (N)				0,00	0,00

MATERIALES:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA $C=(A*B)$	COSTO UNITARIO $D=(C/R)$	%
PARCIAL: (O)				0,00	0,00

TRANSPORTE:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA $C=(A*B)$	COSTO UNITARIO $D=(C/R)$	%
PARCIAL: (P)				0,00	0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS			$Q=M+N+O+P$		0,00
COSTOS INDIRECTOS			R=GASTOS	5%(Q)	0,00
			S=UTILIDADES	10%(Q+R)	0,00
			T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	0,00
			U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	0,00

PRECIO UNITARIO TOTAL	0,00
-----------------------	------

VALOR PROPUESTO	0,00
-----------------	------

5.5.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Tabla 5.5 Fabricación de elementos estructurales.

Rubro: Fabricación de elementos estructurales	Unidad: Kg
Código: R-02	Rendimiento "R": 520,25 (Kg/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Motosoldadora 450 Amp	2	8	16	0,0308	2,1337
Soldadora Estacionaria de 250 Amp	2	6	12	0,0231	1,6003
Equipo de Oxicorte semiautomático	1	6	6	0,0115	0,8001
Montacargas	1	25	25	0,0481	3,3340
Compresor	1	11,2	11,2	0,0215	1,4936
Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,0010	0,0667
PARCIAL: (M)				0,1359	9,4284

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Soldador ASME	2	2,04	4,08	0,0078	0,5441
Armador	2	1,93	3,86	0,0074	0,5148
Ayudante de soldadura	3	1,93	5,79	0,0111	0,7721
Pintor	2	1,93	3,86	0,0074	0,5148
PARCIAL: (N)				0,0338	2,3458

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO C=(A*B)	%
Acero estructural	Kg	1,05	1,03	1,0815	75,0340
Disco de Corte	U	0,0025	5	0,0125	0,8672
Disco de desbaste	U	0,0025	8	0,02	1,3876
Pintura	Gl	0,001	13,64	0,01364	0,9463
Electrodos	kg	0,03	4	0,12	8,3255
Oxígeno	kg	0,024	1	0,024	1,6651
PARCIAL: (O)				1,27	88,2258

..!

Tabla 5.5 Fabricación de elementos estructurales (continuación).

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO C=(A*B)	%
X	X	X	X	X	X
PARCIAL: (P)				0,00	0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS			Q=M+N+O+P	1,4413	100,00
COSTOS INDIRECTOS		R=GASTOS	5%(Q)	0,07	
		S=UTILIDADES	10%(Q+R)	0,15	
		T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	0,08	
		U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	0,05	
PRECIO UNITARIO TOTAL				1,80	
VALOR PROPUESTO				1,80	

Tabla 5.6 Excavación y relleno de cimientos

Rubro: Excavación y Relleno de cimientos	Unidad: m3
Código: R-02	Rendimiento "R": 10.33 (m3/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Excavadora	1	20	20	1,9361	19,6165
Aplanadora	1	20	20	1,9361	19,6165
Herramienta Menor	1	1	1	0,0968	0,9808
Volqueta	2	13	26	2,5169	25,5014
PARCIAL: (M)				6,4860	65,7151

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Operador Excavadora	1	2,04	2,04	0,1975	2,0009
Operador Volqueta	2	2,37	4,74	0,4589	4,6491
Operador Aplanadora	1	2,04	2,04	0,1975	2,0009
Jefe de Obra	1	2,04	2,04	0,1975	2,0009
Ayudante	2	1,93	3,86	0,3737	3,7860
PARCIAL: (N)				1,4250	14,4377

..!

Tabla 5.6 Excavación y relleno de cimientos (continuación).

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO $C=(A*B)$	%
x	x	x	x	x	x
PARCIAL: (O)				0,00	0,00

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO $C=(A*B)$	%
Escombros	m3	0,58	3,36	1,9589	19,8472
PARCIAL: (P)				1,9589	19,8472

TOTAL COSTOS DIRECTOS	$Q=M+N+O+P$	9,8698	100,00
-----------------------	-------------	--------	--------

COSTOS INDIRECTOS			
R=GASTOS	5%(Q)	0,49	
S=UTILIDADES	10%(Q+R)	1,04	
T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	0,57	
U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	0,36	

PRECIO UNITARIO TOTAL	12,33
VALOR PROPUESTO	12,35

Tabla 5.7 Infraestructura

Rubro: Infraestructura	Unidad: m3
Código: R-03	Rendimiento "R": 2,13 (m3/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA $C=(A*B)$	COSTO UNITARIO $D=(C/R)$	%
Concreteira (Camión)	2	2,5	5	2,3474	0,9373
Compactador Manual	1	8,4	8,4	3,9437	1,5747
herramienta menor	1	0,5	0,5	0,2347	0,0937
Compresor+Martillo	1	11,2	11,2	5,2582	2,0996
PARCIAL: (M)				11,78	4,7053

..!

Tabla 5.7 Infraestructura (continuación)

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Jefe de campo	1	2,04	2,04	0,9577	0,3824
Op. Concretera	1	2,04	2,04	0,9577	0,3824
Op. Compactador	1	1,97	1,97	0,9249	0,3693
Op. Compresor martillo	1	1,97	1,97	0,9249	0,3693
Ayudante	2	1,93	3,86	1,8122	0,7236
PARCIAL: (N)				5,5775	2,2271

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO C=(A*B)	%
Hormigón Estructural	m3	1	150	150,0000	59,8942
Hormigón ciclópeo	m3	0,71	90	63,9000	25,5149
Acero A42S 12mm	kg	20	0,75	15,0000	5,9894
Material Filtrante	Glb	0,2	0,2	0,0400	0,0160
Tubo PVC	ml	0,7	0,2	0,1400	0,0559
PARCIAL: (O)				229,0800	91,47

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO C=(A*B)	%
Acero A42S 12mm	kg	5	0,1	0,5000	0,1996
Hormigón	m3	1	3,5	3,5000	1,3975
PARCIAL: (P)				4,00	1,5972

TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q=M+N+O+P	250,4415	100,00
-----------------------	-----------	----------	--------

COSTOS INDIRECTOS	R=GASTOS	5%(Q)	12,52
	S=UTILIDADES	10%(Q+R)	26,30
	T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	14,46
	U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	9,11

PRECIO UNITARIO TOTAL	312,83
VALOR PROPUESTO	313,00

Tabla5.8 Armado de la obra falsa

Rubro: Armado de la Obra Falsa	Unidad: Kg
Código: R-04	Rendimiento "R": 800 (Kg/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Soldadora de 250 Amp	2	6	12	0,0150	0,0373
Andamios	1	0,8	0,8	0,0010	0,0025
Herramienta menor	1	1	1	0,0013	0,0031
PARCIAL: (M)				0,0173	0,0429

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Soldador	2	2,04	4,08	0,0051	0,0127
Ayudante soldadura	2	1,93	3,86	0,0048	0,0120
Obreros	4	1,93	7,72	0,0097	0,0240
Jefe de Obra	1	2,04	2,04	0,0026	0,0063
PARCIAL: (N)				0,0221	0,0550

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO C=(A*B)	%
Torres De Acero A588	Kg	2	20	40	99,523
Electrodos	Kg	0,03	4	0,1200	0,299
Disco de desbaste	U	0,0025	8	0,0200	0,050
Disco de Corte	U	0,0025	5	0,0125	0,031
PARCIAL: (O)				40,1525	99,902

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO C=(A*B)	%
X	X	X	X	X	X
PARCIAL: (P)				0,00	0,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q=M+N+O+P	40,1919	100,00
-----------------------	-----------	---------	--------

COSTOS INDIRECTOS			
R=GASTOS	5%(Q)	2,01	
S=UTILIDADES	10%(Q+R)	4,22	
T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	2,32	
U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	1,46	

PRECIO UNITARIO TOTAL	50,20
VALOR PROPUESTO	51,00

Tabla 5.9 Superestructura

Rubro: Superestructura	Unidad: Kg
Código: R-05	Rendimiento "R": 891.86 (Kg/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Soldadora 250 Amp.	4	6	24	0,0269	0,004
Malacate 5 Ton de tracción	1	20	20	0,0224	0,004
Pórticos de izaje con tecles de 2 ton	2	11	22	0,0247	0,004
rodillos de desplazamiento	1	12	12	0,0135	0,002
gatas hidráulicas de 20 ton	4	8	32	0,0359	0,006
torres modulares de montaje	2	3	6	0,0067	0,001
montacargas de 4 ton	2	25	50	0,0561	0,009
PARCIAL: (M)				0,1861	0,031

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Soldador ASME	4	2,04	8,16	0,0091	0,002
Armador	2	1,93	3,86	0,0043	0,001
Ayudante Soldador	4	1,93	7,72	0,0087	0,001
Operador Montacargas	1	2,04	2,04	0,0023	0,000
Jefe de Obra	1	2,04	2,04	0,0023	0,000
Obreros	15	1,93	28,95	0,0325	0,005
PARCIAL: (N)				0,0592	0,010

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO C=(A*B)	%
electrodos	kg	0,03	4	0,12	0,020
Pernos A325	kg	300	0,01	3	0,492
vinchas de fijación	U	30	0,2	6	0,985
PARCIAL: (O)				9,12	1,497

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO C=(A*B)	%
general	Km	3000	0,2	600	98,463
PARCIAL: (P)				600,00	98,463

..!

Tabla 5.9 Superestructura (continuación).

TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q=M+N+O+P	609,3653	100,00
COSTOS INDIRECTOS	R=GASTOS	5%(Q)	30,47
	S=UTILIDADES	10%(Q+R)	63,98
	T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	35,19
	U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	22,17
PRECIO UNITARIO TOTAL		761,18	
VALOR PROPUESTO		762,00	

Tabla 5.10 Asfaltado y Señalización

Rubro: Asfaltado y señalización	Unidad: m2
Código: R-06	Rendimiento "R": 85 (m2/h)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Compactadora	1	5,6	5,6	0,0659	0,0423
Asfaltadora (camión)	1	6	6	0,0706	0,0454
Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,0059	0,0038
Concretera de 2 sacos	1	2,24	2,24	0,0264	0,0169
PARCIAL: (M)				0,1687	0,1084

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	JORNAL/HORA (B)	COSTO HORA C=(A*B)	COSTO UNITARIO D=(C/R)	%
Op. Concretera	1	2,04	2,04	0,024	0,0154
Op. Asfaltadora	1	2,04	2,04	0,024	0,0154
Op. Compactadora	1	2,04	2,04	0,024	0,0154
Maestro	1	1,93	1,93	0,0227	0,0146
Ayudantes	2	1,93	3,86	0,0454	0,0292
PARCIAL: (N)				0,14	0,0900

..!

Tabla 5.10 Asfaltado y Señalización (continuación).

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	CONSUMO C=(A*B)	%
Hormigón Estructural	m3	1	75	75	48,1854
Capa Asfáltica	m	110	0,5	55	35,3360
Señalización	Glb	2	10	20	12,8494
Pintura	lt	0,5	3,4	1,7	1,0922
tubos PVC	ml	0,7	0,2	0,14	0,0899
PARCIAL: (O)				151,84	97,5529

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNIDAD COSTO (B)	COSTO C=(A*B)	%
Hormigón	m3	1	3,5	3,5	2,2487
PARCIAL: (P)				3,5	2,2487

TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q=M+N+O+P	155,6488	100,00
-----------------------	-----------	----------	--------

COSTOS INDIRECTOS			
R=GASTOS	5%(Q)	7,78	
S=UTILIDADES	10%(Q+R)	16,34	
T=FISCALIZACIÓN	5%(Q+R+S)	8,99	
U=IMPUESTOS	3%(Q+R+S+T)	5,66	

PRECIO UNITARIO TOTAL	194,43
VALOR PROPUESTO	195,00

5.5.2 CRONOGRAMA VALORADO

INVERSIÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Tiempo en Semanas																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Descripción																					
Fabricación de elementos estructurales	Kg	312151,61	1,80	561872,90	70234,11	70234,11	70234,11	70234,11	70234,1	70234,11	70234,11	70234,11									
Excavación y Relleno de cimientos	m3	320	12,35	3952								3952									
Infraestructura	m3	320	313,00	100160									50080	50080							
Armado de la Obra Falsa	Kg	100	51,00	5100											5100						
Superestructura	Kg	320	762,00	243840											48768	48768	48768	48768	48768		
Asfaltado y señalización	m2	850	195,00	165750																82875	82875
			Total	1080674,90	70234,11	70234,11	70234,11	70234,11	70234,1	70234,11	70234,11	74186,11	50080	98848	53868	48768	48768	48768	82875	82875	82875
Avance Parcial en %					6,499	6,499	6,499	6,499	6,499	6,499	6,499	6,865	4,634	9,147	4,985	4,513	4,513	4,513	7,669	7,669	
Inversión Acumulada					70234,11	140468,2	210702,3	280936,4	351171	421404,7	491638,8	565824,9	615904,9	714752,9	768621	817389	866157	914925	997800	1080674,9	
Avance Acumulado %					6,499	12,998	19,497	25,996	32,495	38,995	45,494	52,358	56,993	66,139	71,124	75,637	80,150	84,662	92,331	100,000	

5.6 COSTO FINAL DEL PUENTE TIPO ARCO

Luego del análisis de costos unitarios para la fabricación y montaje de puentes tipo arco, detallado en las tablas anteriores, el costo final de este proceso es de **1080674,9 USD.**

Los valores antes indicados pueden ser susceptibles de cambios debido a que dependen de diferentes variables como:

- Recursos humanos y de equipos que la empresa constructora posea.
- Eficiencia del personal que esté a cargo de la fabricación y montaje del puente tipo arco.
- Condiciones geográficas del puente, como:
 1. Localización
 2. Accesibilidad
 3. Clima
 4. Etc.
- Proveedores de la materia prima que se requiere para la construcción del puente.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- El objetivo del presente trabajo es el de desarrollar un procedimiento eficaz de fabricación y montaje de un puente tipo arco, y se ha tomado como ejemplo particular el “Puente Gallina” ubicado en la Provincia de Los Ríos, Cantón Buena Fe, sobre el río Quevedo sector Gallina, con una luz de 100 metros. Para cumplir con dicho objetivo de este trabajo se ha desarrollado un sistema que cuenta con una amplia gama de procesos necesarios para una exitosa realización del puente.
- El proceso de fabricación de los diferentes elementos que conforman el puente arco tienen un cierto grado de complejidad, debido a que para la realización de éste proceso se debe relacionar algunos factores como la optimización del material, facilidad de armado de los elementos, facilidad de transporte, almacenaje, facilidad del montaje final de los elementos del puente.
- Muchos de los elementos que forman el puente, están compuestos por varias partes, que mediante juntas soldadas para formar el elemento final, las dimensiones de dichas partes dependen en gran medida del plan de corte que se realiza a las planchas de acero, en la cual se trata de obtener el menor desperdicio posible lo que conlleva a un ahorro del costo final del puente.
- Para la realización de los diferentes procesos para la fabricación y montaje del puente como por ejemplo el almacenamiento de los materiales, inspección de materiales, recubrimientos superficiales, soldadura, inspección del corte, inspección de la soldadura, transporte, etc. es fundamental regirse a las especificaciones proporcionadas por los institutos y asociaciones de

normalización pertinentes como la AISC, AWS, ASTM, AASHTO, las cuales nos permitirán una correcta realización de dichos procesos y por ende la seguridad de que el puente cumpla con normalidad con las funciones para las cuales fue construido.

- Dentro del área de fabricación, se detalla los diseños y especificaciones de los elementos que constituyen la estructura del puente, así como la forma de las juntas a soldar basados en las normas AWS D1.5. Además se cuenta con la descripción del proceso de armado y punteo en los elementos que lo requieran. También se especifica el tipo de proceso que se emplea en la perforación de los elementos metálicos.
- Para el proceso de montaje, se trabaja dentro de las normas AASHTO para la construcción de la obra falsa que servirá de apoyo en el montaje del puente, según la norma se establece el proceso que se requiere para el lanzamiento del puente y los procesos de verificación del ensamblaje del mismo.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Este trabajo es una guía práctica que busca servir de apoyo para desarrollar los diferentes tipos de procesos constructivos tanto en campo como en lugar de trabajo en el que se levantara la estructura metálica, por lo que es recomendable la utilización del mismo como guía para la construcción de puentes con otras luces.
- Con este trabajo se busca aumentar la eficiencia de trabajo en la planta de producción como también en el lugar de montaje, ya que simplifica el desarrollo de los procesos disminuyendo el tiempo que se necesita en trabajos de esta índole.
- Es de vital importancia cumplir con los requerimientos que establecen las diferentes normas para asegurar la correcta realización de todos los procesos

involucrados en la fabricación y montaje del puente y evitarnos futuros problemas con el mismo.

- Muchos de los procesos constructivos y de montaje son de vital importancia para que la obra no falle, es por esta razón que para la realización de estos procesos el personal debe ser el idóneo para el trabajo a realizar, es por eso que la persona encargada de la contratación de la mano de obra debe asegurarse que el personal sea el adecuado.
- Se requiere que los electrodos que se utilizaran en el proceso de soldadura, se encuentren perfectamente guardados a una temperatura adecuada que no degrade el estado de los mismos, estos tienen que estar alejados de lugares húmedos pues esto provoca cordones de soldadura defectuosos lo cual conlleva gastos innecesarios que afectan el costo final de la obra.
- El análisis de costos del proyecto busca ser una guía sobre posibles gastos que se tendrán en la elaboración de un trabajo de esta magnitud, vale indicar que es una aproximación que depende del estado económico del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. McCORMAC Jack; Diseño de Estructuras Metálicas; Alfaomega; México; 1991.
2. BROCKENBROUGH Roger; Diseño de Estructuras de Acero; McGraw-Hill México; 1997; Tomo 1
3. BROCKENBROUGH Roger; Diseño de Estructuras de Acero; McGraw-Hill México; 1997; Tomo 3.
4. BRESLER Boris; Diseño de Estructuras de Acero; Limusa; México; 1997.
5. BOWLES Joseph; Diseño de Acero Estructural; Limusa; México; 1997.
6. INEN; Código de Dibujo Técnico; Quito; 1989.
7. JAIME Vargas; Guía de los Fundamentos de Dibujo Industrial; Quito; 1999.
8. HARRY MOORE; Materiales y Procesos de Fabricación, Limusa, México, 1987.
9. AISC; Manual of Steel Construcction; novena edición.
10. Norma de la Asociación Americana de Funciones de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO).
11. Norma de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).
12. BORIS; LIN T; SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Editorial Limusa, México, 1997, 2º Edición.
13. GARCIA Héctor; Inspección de Soldadura, AWS.
14. CORONEL, UQUILLAS; Diseño de un Puente Tipo Arco para una luz de 100 metros; Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico; Quito; 2001.

INTERNET

- http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_La_Vicaria
- <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3284/5/53977-5.pdf>
- http://www.ingeciber.com/download/robot/conferencia_2006/3_puente_scw.pdf

- <http://www.miliarium.com/monografias/Puentes/TiposPuentes.asp>
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%204/EL%20ARCO.htm>
- <http://www.mipagina.cantv.net/constjomaga/PUENTES/PUENTES.HTM>
- http://www.network-arch.com/download/hennings_calculo_carbon_2006.pdf
- http://caminos.udc.es/info/asignaturas/622/contenido_publico/recursos/P2_03_puentes_arco.pdf

ANEXOS

ANEXO I
EJEMPLOS DE PUENTES TIPO ARCO



NEW RIVER GORGE BRIDGE

LOCATION: Fayetteville, West Virginia

TYPE: Trussed deck arch, 40 panels, 36 at 40± to 43± ft

SPAN: 1,700 ft RISE: 353 ft RISE/SPAN = 1:4.8

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 4

HINGES: 2 CROWN DEPTH: 34 ft DEPTH/SPAN = 1:50

AVERAGE DEAD LOAD:	LB PER FT
Deck slab and surfacing of roadway	8,600
Railings and parapets	1,480
Floor steel for roadway	3,560
Arch trusses	11,180
Arch bracing.....	1,010
Arch bents and bracing	2,870
TOTAL	28,700

SPECIFICATION FOR LIVE LOADING: H520-44

EQUIVALENT LIVE + IMPACT LOADING PER ARCH FOR FULLY LOADED

STRUCTURE: 1,126 lb per ft

TYPES OF STEEL IN STRUCTURE:

Arch A588

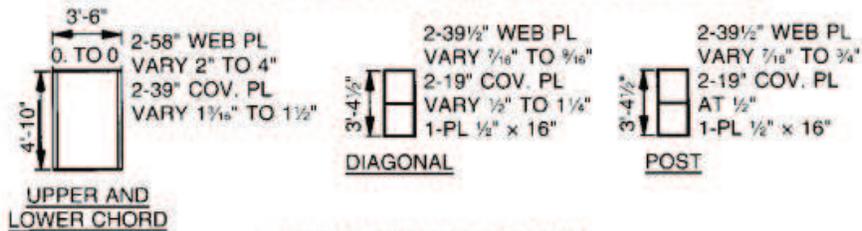
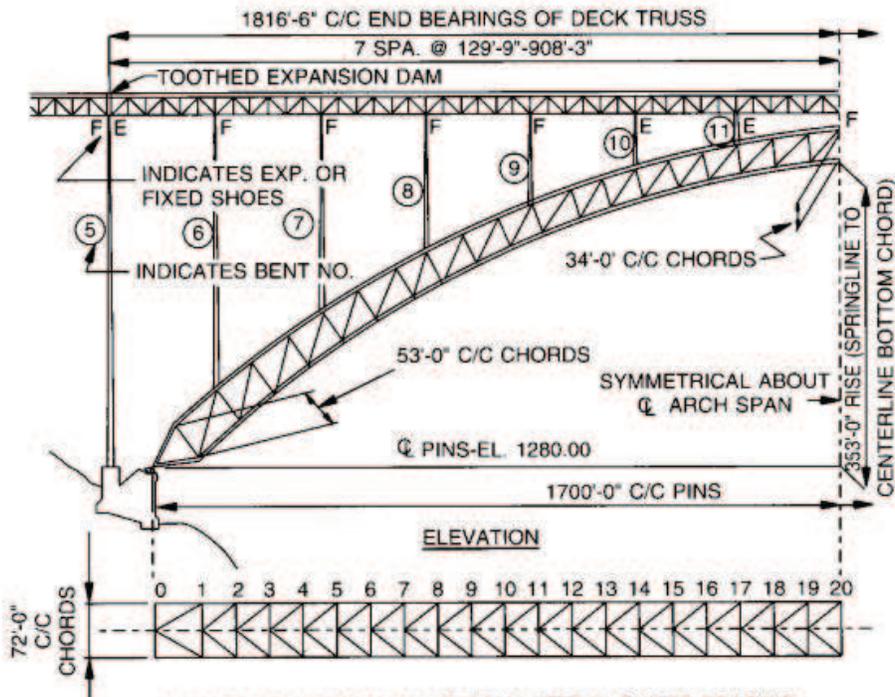
Floor system A588

OWNER: State of West Virginia

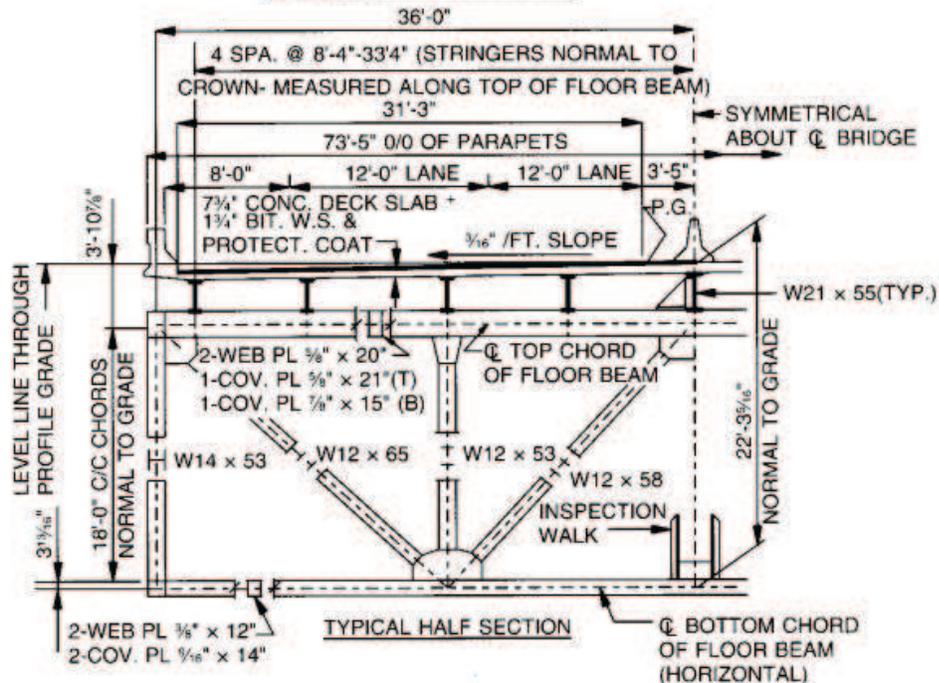
ENGINEER: Michael Baker, Jr., Inc.

FABRICATOR/ERECTOR: American Bridge Division, U.S. Steel Corporation

DATE OF COMPLETION: October, 1977



TYPICAL ARCH RIB MEMBERS





FREMONT BRIDGE

LOCATION: Portland, Oregon

TYPE: Half-through, tied, solid ribbed arch, 28 panels at 44.83 ft

SPAN: 1,255 ft RISE: 341 ft RISE/SPAN = 1:3.7

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 4 each upper and lower roadways

HINGES: 2 DEPTH: 4 ft DEPTH/SPAN = 1:314

AVERAGE DEAD LOAD:	LB PER FT
Decks and surfacing	10,970
Railings and Parapets	1,280
Floor steel for roadway	4,000
Floor bracing	765
Arch ribs	2,960
Arch bracing	1,410
Arch hangers or columns and bracing	1,250
Arch tie girders	4,200
TOTAL	26,835

SPECIFICATION FOR LIVE LOADING: AASHTO HS20-44

EQUIVALENT LIVE + IMPACT LOADING FOR ARCH FOR FULLY LOADED
STRUCTURE: 2,510 lb per ft

TYPES OF STEEL IN STRUCTURE:

Arch ribs and tie girders	A514, A588, A441, A36
Floor system	A588, A441, A36

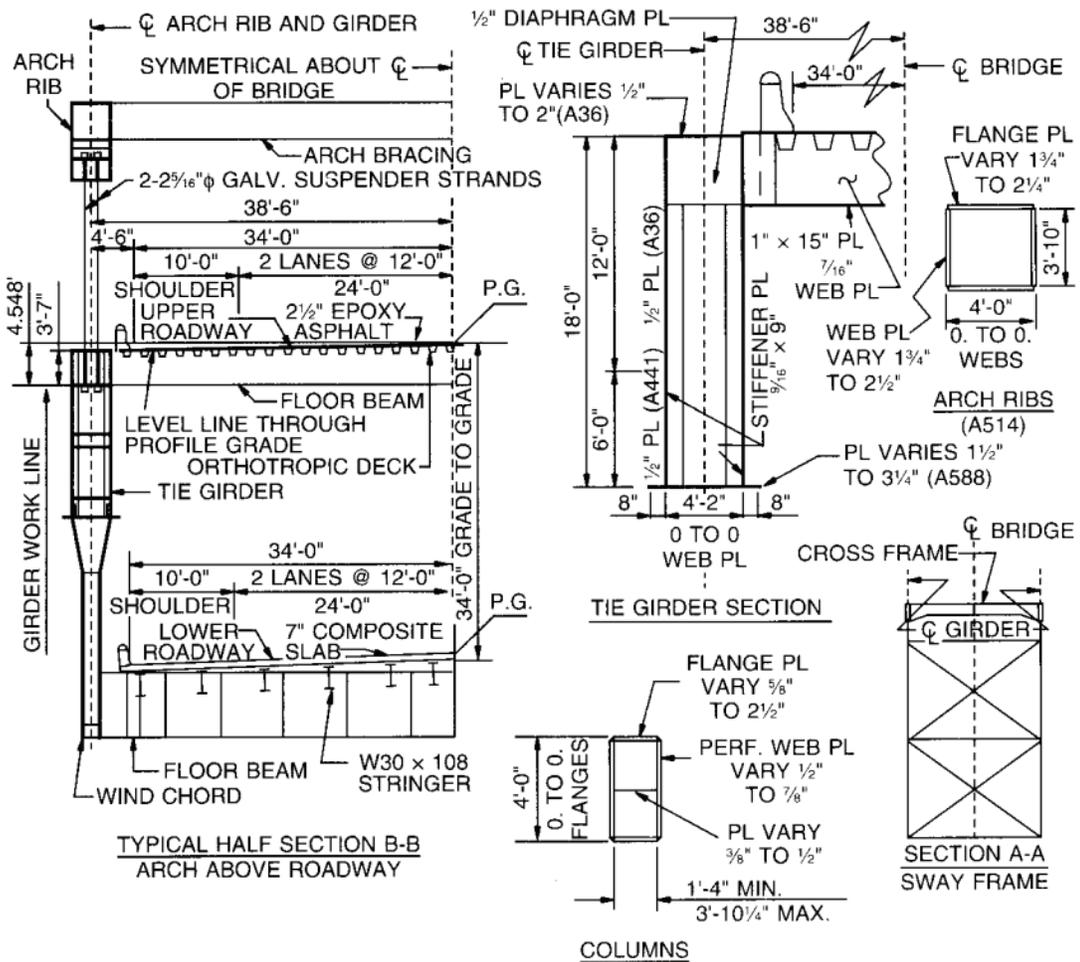
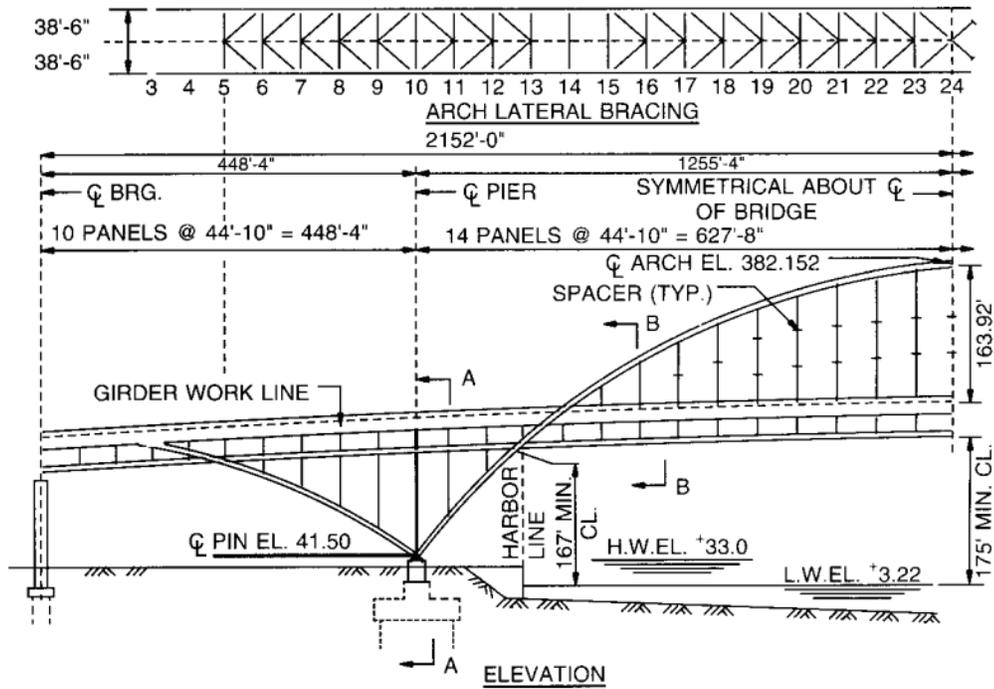
OWNER: State of Oregon, Department of Transportation

ENGINEER: Parson, Brinckerhoff, Quade & Douglas

FABRICATOR: American Bridge Division, U.S. Steel Corp.

ERECTOR: Murphy Pacific Corporation

DATE OF COMPLETION: 1973





ROOSEVELT LAKE BRIDGE

LOCATION: Roosevelt, Arizona, SR 188

TYPE: Half through, solid rib arch, 16 panels at 50 ft

SPAN: 1,080 ft RISE: 230 ft RISE/SPAN = 1:4.7

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 2

HINGES: 0 CROWN DEPTH: 8 ft DEPTH/SPAN = 1:135

AVERAGE DEAD LOAD:	LB PER FT
Deck slab, and surfacing of roadway	4,020
Railings and parapets	800
Floor steel for roadway	1,140
Floor bracing	190
Arch ribs	4,220
Arch bracing	790
Arch hangers	80
TOTAL.....	11,240

SPECIFICATION FOR LIVE LOADING: HS20-44

EQUIVALENT LIVE IMPACT LOADING PER ARCH FOR FULLY LOADED STRUCTURE:

971 lb per ft

TYPES OF STEEL IN STRUCTURE:

Arch ribs and ties	A572
Hanger floorbeams and stringers	A572
All others	A36

OWNER: Arizona Department of Transportation

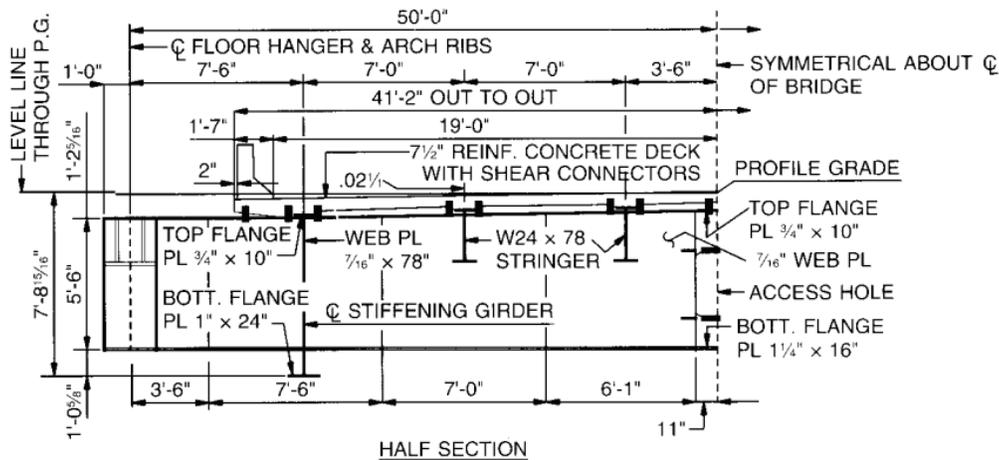
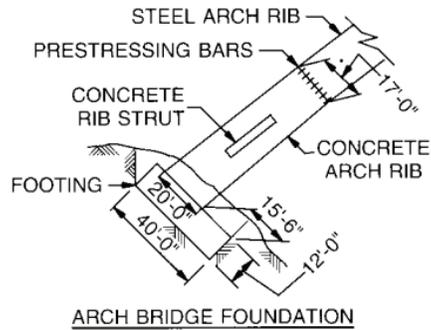
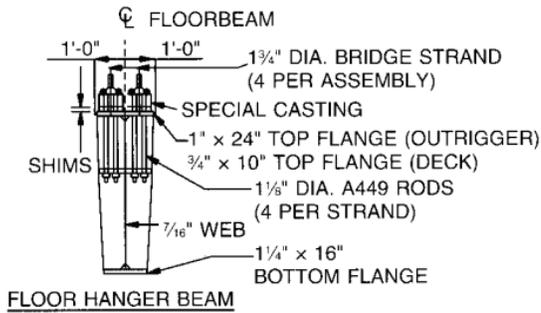
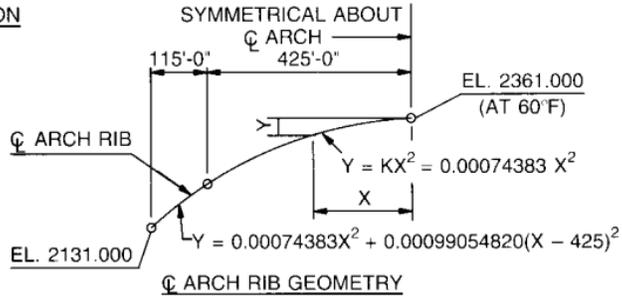
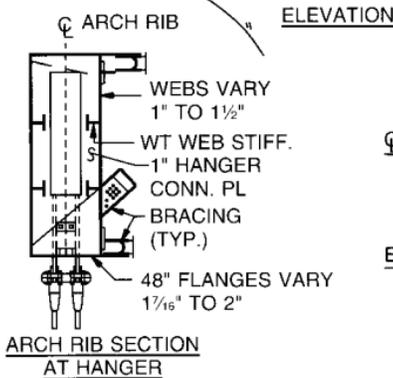
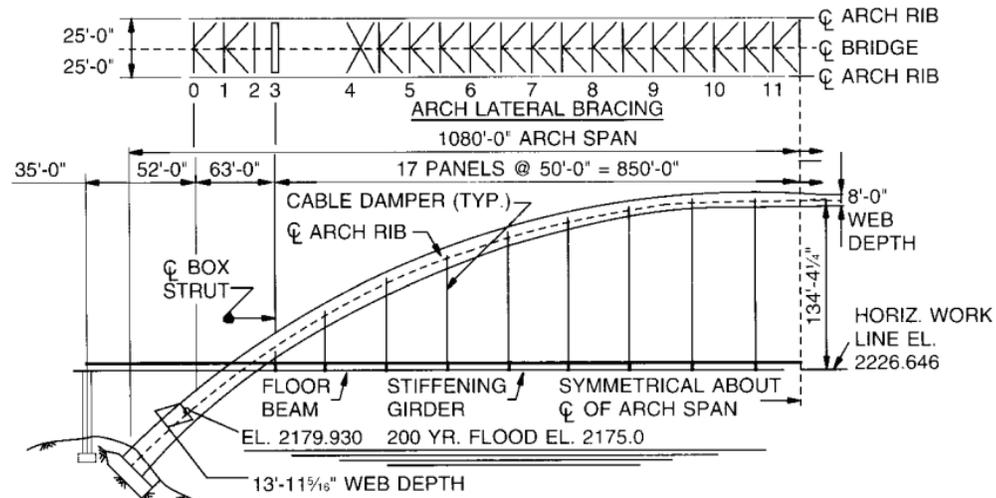
ENGINEER: Howard Needles Tammen and Bergendoff

CONTRACTOR: Edward Kraemer & Sons, Inc.

FABRICATOR: Pittsburgh DesMoines Steel Co. /Schuff Steel

ERECTOR: John F. Beasley Construction Co.

DATE OF COMPLETION: October 23, 1991 Public Opening





FORT PITT BRIDGE

LOCATION: Pittsburgh, Pennsylvania, over the Monongahela River

TYPE: Solid-ribbed, tied, through arch, 30 panels at 25 ft

SPAN: 750 ft RISE: 122.2 ft RISE/SPAN = 1:6.2

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 4, each level of double deck

HINGES: 2 DEPTH: 5.4 ft DEPTH/SPAN = 1:139

AVERAGE DEAD LOAD: LB PER FT

Deck slab and surfacing for roadways, slabs for sidewalks, railings and parapets, on both decks	16,100
Floor steel for roadway and sidewalks, on both decks	4,860
Floor bracing (truss bracing)	480
Arch ribs	5,480
Arch bracing	1,116
Arch ties (trusses)	8,424
Miscellaneous—utilities, excess, etc.	400
TOTAL	36,860

SPECIFICATION LIVE LOADING: HS20-S16-44

EQUIVALENT LIVE + IMPACT LOADING ON EACH ARCH FOR FULLY LOADED STRUCTURE: 2,500 lb per ft

TYPES OF STEEL IN STRUCTURE:

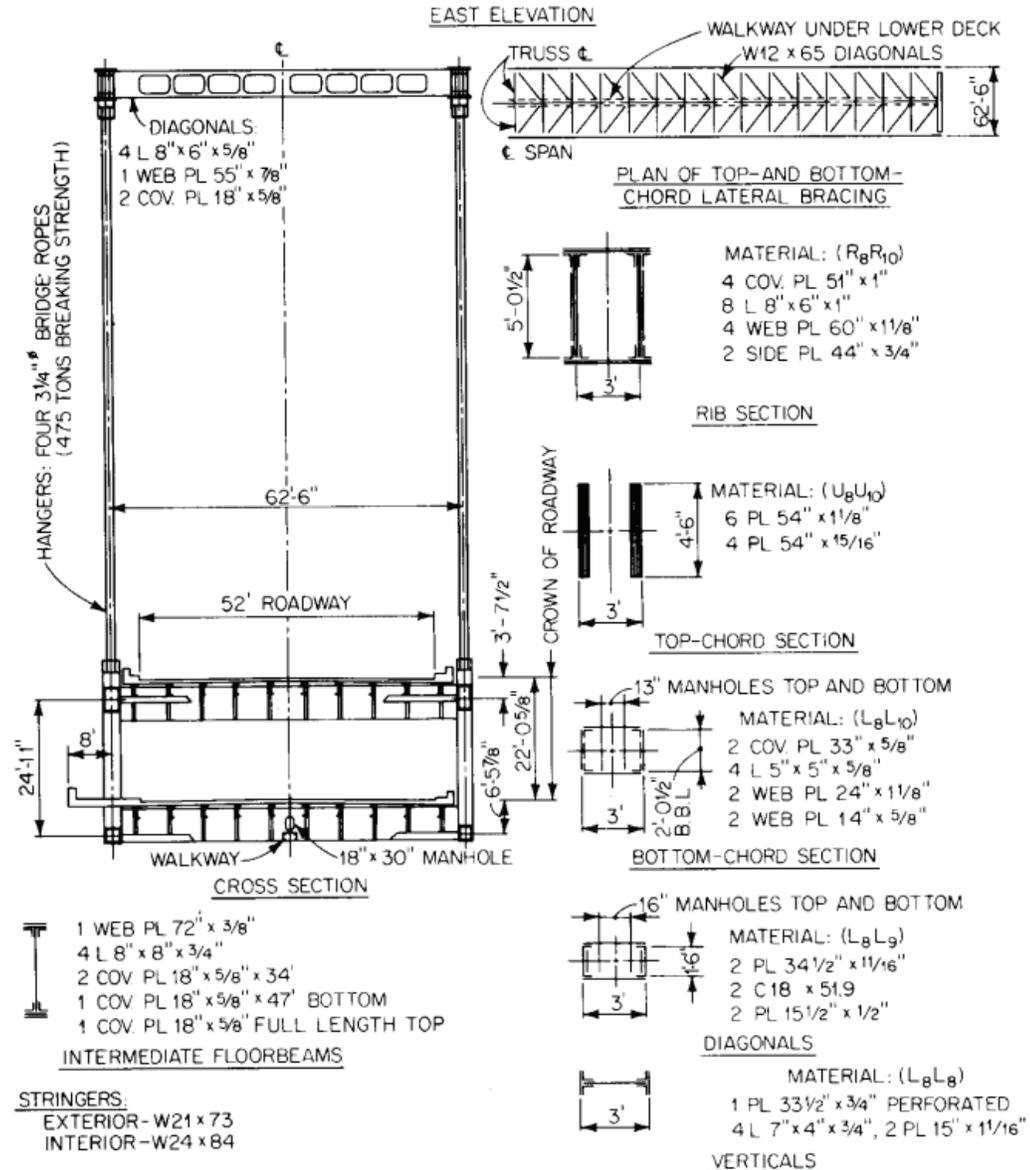
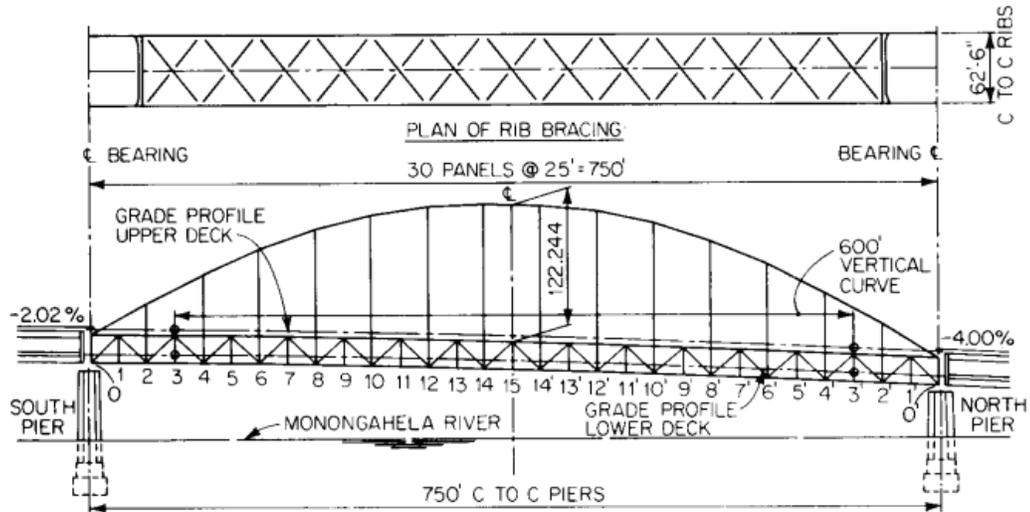
Arch ribs and trussed ties	A242 64
	A7 36
Floor system	A242 90
	A7 10

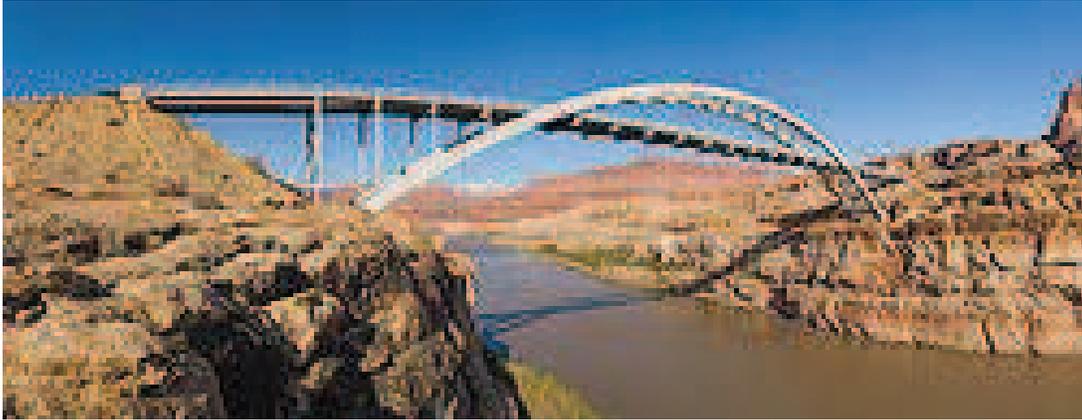
OWNER: Pennsylvania Department of Highways

ENGINEER: Richardson, Gordon and Associates

FABRICATOR: American Bridge Division, U.S. Steel Corp.

DATE OF COMPLETION: 1957





COLORADO RIVER ARCH BRIDGE

LOCATION: Utah State Route 95 over Colorado River, near Garfield-San Juan county line

TYPE: Half-through, solid-ribbed arch, 21 panels, 19 at 27.5 ft

SPAN: 550 ft RISE: 90 ft RISE/SPAN = 1:6.1

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 2

HINGES: 0 DEPTH: 7 ft DEPTH/SPAN = 1:79

AVERAGE DEAD LOAD:	LB PER FT
Deck slab and surfacing for roadway	2,804
Railings and parapets	605
Floor steel for roadway	615
Floor bracing	60
Arch ribs	2,200
Arch bracing	370
Arch hangers and bracing	61
TOTAL	6,715

SPECIFICATION LIVE LOADING: HS20-44

EQUIVALENT LIVE + IMPACT LOADING ONE EACH ARCH FOR FULLY LOADED

STRUCTURE: 952 lb per ft

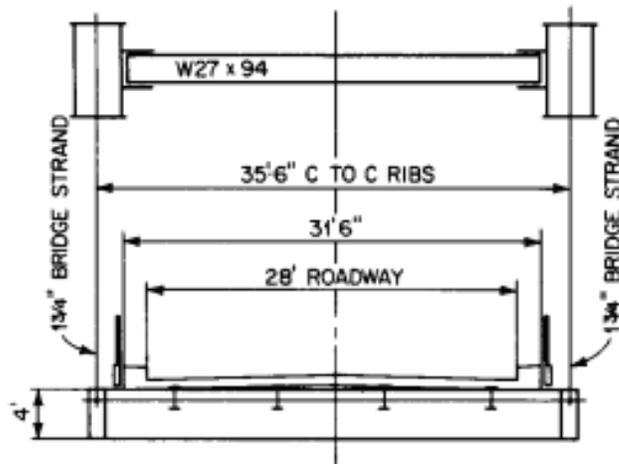
STEEL IN THIS STRUCTURE: A36, except arch hangers, which are bridge strand.

OWNER: State of Utah

ENGINEER: Structures Division, Utah Department of Transportation

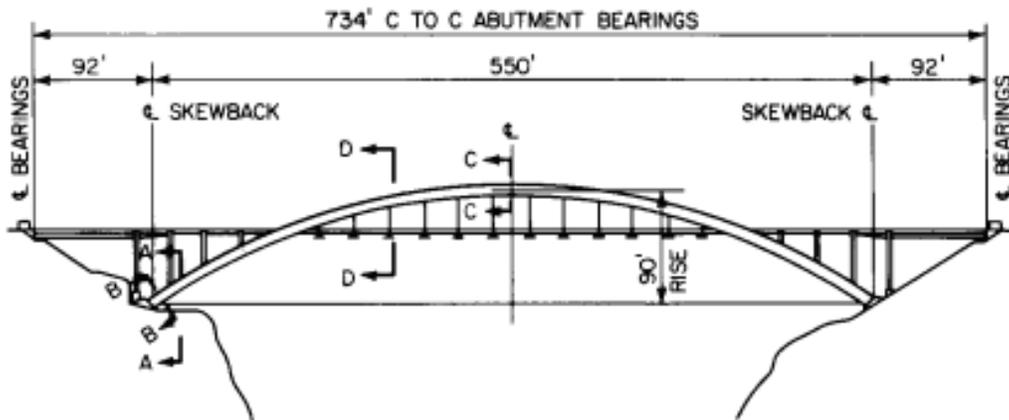
FABRICATOR: Western Steel Co., Salt Lake City, Utah

DATE OF COMPLETION: Nov. 18, 1966

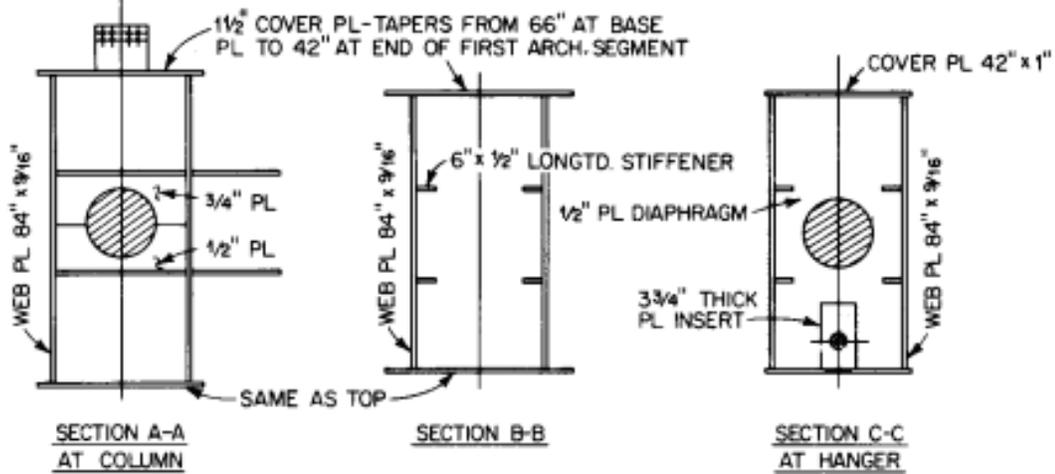


SECTION D-D

ALL SHOP WORK WELDED
 ALL FIELD CONNECTIONS: 7/8" HIGH-STRENGTH BOLTS



ELEVATION





LEAVENWORTH CENTENNIAL BRIDGE

LOCATION: Leavenworth, Kansas, over Missouri River

TYPE: Tied, through, solid-ribbed arch, 13 panels at 32.3 ft

SPAN: 420 ft RISE: 80 ft RISE/SPAN = 1:5.2

NO. OF LANES OF TRAFFIC: 2

HINGES: 0 DEPTH: 2.8 ft DEPTH/SPAN = 1:150

AVERAGE DEAD LOAD:	LB PER FT
Deck slab and surfacing for roadway	2,710
Railings and parapets (aluminum)	32
Floor steel for roadway	820
Floor steel for sidewalks	202
Floor bracing	116
Arch ribs	986
Arch bracing	420
Arch hangers and bracing	200
Arch ties	1,104
Miscellaneous—utilities, excess, etc.	110
TOTAL	6,700

SPECIFICATION LOADING: H20-S16-44

EQUIVALENT LIVE + IMPACT LOADING ON EACH ARCH FOR FULLY LOADED

STRUCTURE: 885 lb per ft

TYPES OF STEEL IN STRUCTURE:

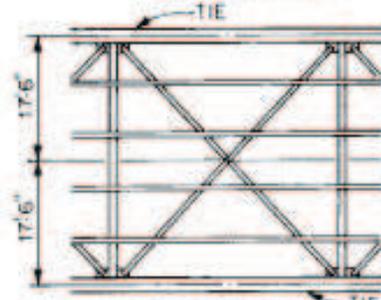
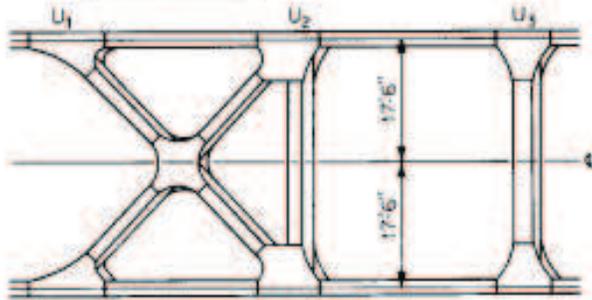
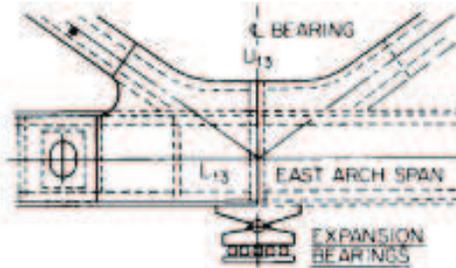
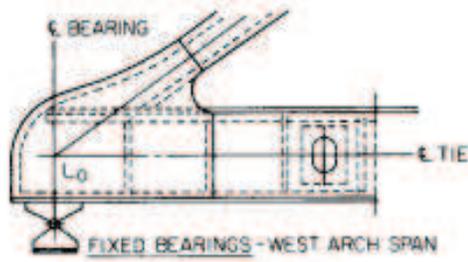
Arch	A7	25
		A242
		75
Ties	A242	
Floor system and bracing	A7	
Hangers	A7	

OWNER: Kansas Department of Transportation and Missouri Highway and Transportation Department

ENGINEER: Howard, Needles, Tammen & Bergendoff

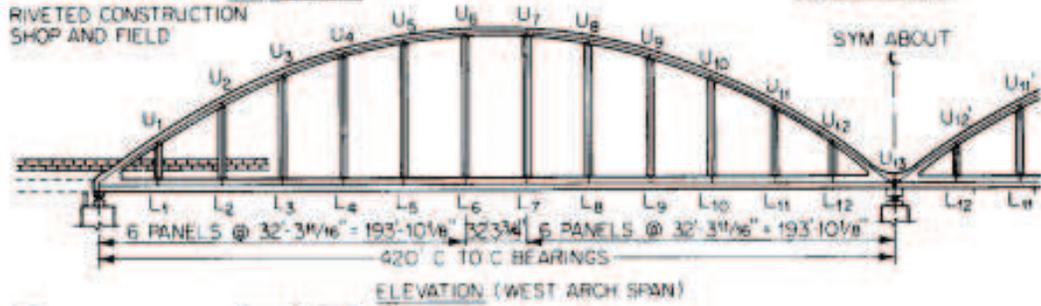
FABRICATOR: American Bridge Division, U.S. Steel Corp.

DATE OF COMPLETION: April, 1955

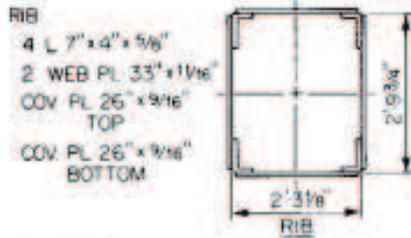


RIB BRACING
RIVETED CONSTRUCTION
SHOP AND FIELD

FLOOR SYSTEM



ELEVATION (WEST ARCH SPAN)



ARCH GEOMETRY

35' C TO C RIBS AND TIES

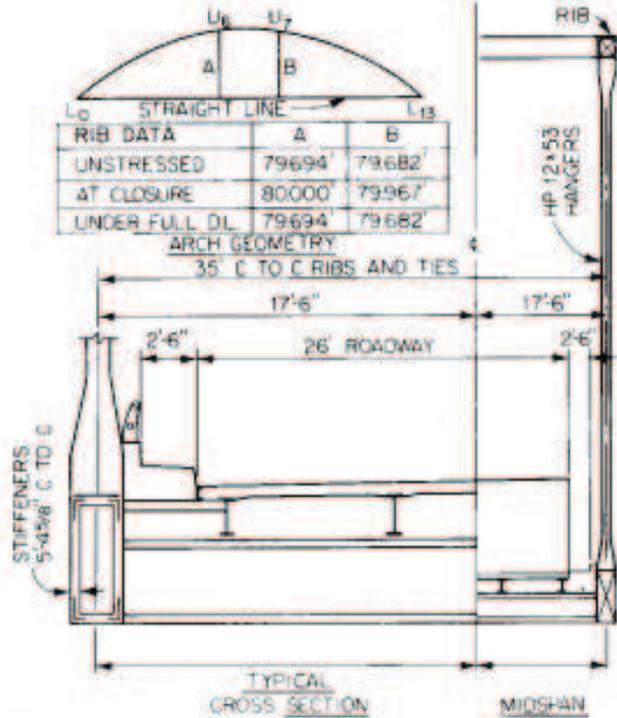
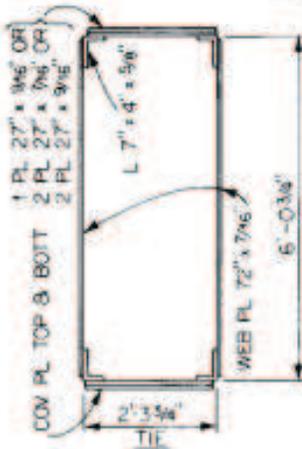
17'-6" 17'-6"

2'-6" 26' ROADWAY 2'-6"

STIFFENERS 5'-4 5/8" C TO C

HP 12x53 HANGERS

RIB DATA	A	B
UNSTRESSED	79694	79682
AT CLOSURE	80000	79967
UNDER FULL DL	79694	79682



ANEXO II
PLAN DE CORTE DE LAS PLANCHAS

Nomenclatura para alguno de los elementos:

A.1.V.L.1 = Alma 1 de la viga longitudinal 1.

P.1.V.L.1 = Patín 1 de la viga longitudinal 1.

A.2.V.L.1 = Alma 2 de la viga longitudinal 1.

P.2.V.L.1 = Patín 2 de la viga longitudinal 1.

A.V.L.2 = Alma de la viga longitudinal 2.

P.V.L.2 = Patín de la viga longitudinal 2.

A.1.V.L.3 = Alma 1 de la viga longitudinal 3.

P.1.V.L.3 = Patín 1 de la viga longitudinal 3.

A.2.V.L.3 = Alma 2 de la viga longitudinal 3.

P.2.V.L.3 = Patín 2 de la viga longitudinal 3.

A.P.1 = Alma del pendolón 1.

P.P.1 = Patín del pendolón 1.

A.P.2 = Alma del pendolón 2.

P.P.2 = Patín del pendolón 2.

A.1.P.2 = Alma 1 del pendolón 2.

P.1.P.2 = Patín 1 del pendolón 2.

A.2.P.2 = Alma 2 del pendolón 2.

P.2.P.2 = Patín 2 del pendolón 2.

A.1.P.3 = Alma 1 del pendolón 3.

P.1.P.3 = Patín 1 del pendolón 3.

A.2.P.3 = Alma 2 del pendolón 3.

P.2.P.3 = Patín 2 del pendolón 3.

A.1.P.4 = Alma 1 del pendolón 4.

P.1.P.4 = Patín 1 del pendolón 4.

A.2.P.4 = Alma 2 del pendolón 4.

P.2.P.4 = Patín 2 del pendolón 4.

A.1.P.5 = Alma 1 del pendolón 5.

P.1.P.5 = Patín 1 del pendolón 5.

A.2.P.5 = Alma 2 del pendolón 5.

P.2.P.5 = Patín 2 del pendolón 5.

A.P.6 = Alma 1 del pendolón 6.

P.1.P.6 = Patín 1 del pendolón 6.

P.2.P.6 = Patín 2 del pendolón 6.

A.1.V.T.A = Alma 1 de la viga transversal arco.

P.1.V.T.A = Patín 1 de la viga transversal arco.

A.2.V.T.A = Alma 2 de la viga transversal arco.

P.2.V.T.A = Patín 2 de la viga transversal arco.

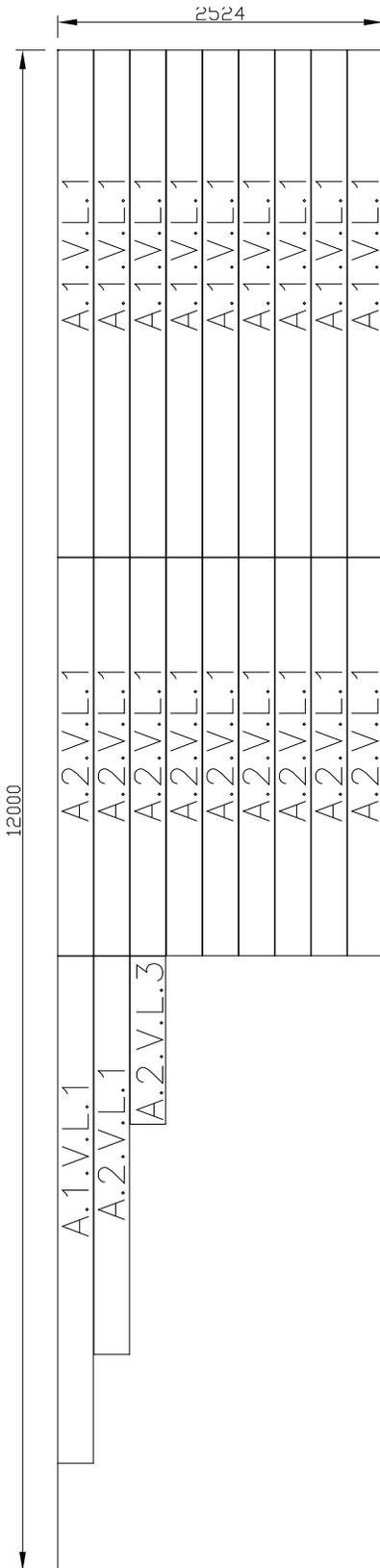
A.1.V.T = Alma 1 de la viga transversal.

P.1.V.T = Patín 1 de la viga transversal.

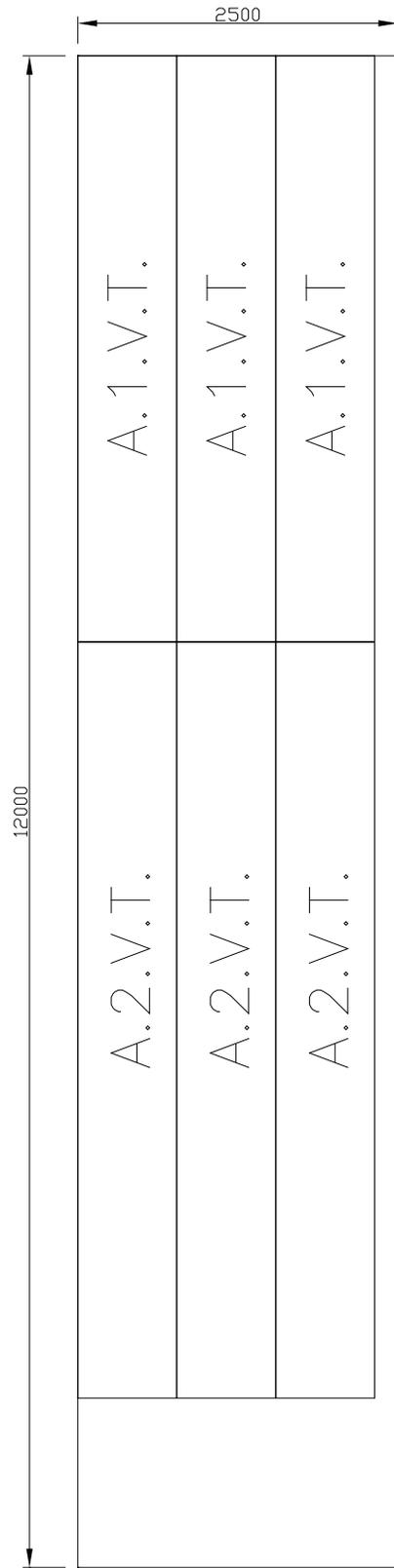
A.2.V.T = Alma 2 de la viga transversal.

P.2.V.T = Patín 2 de la viga transversal.

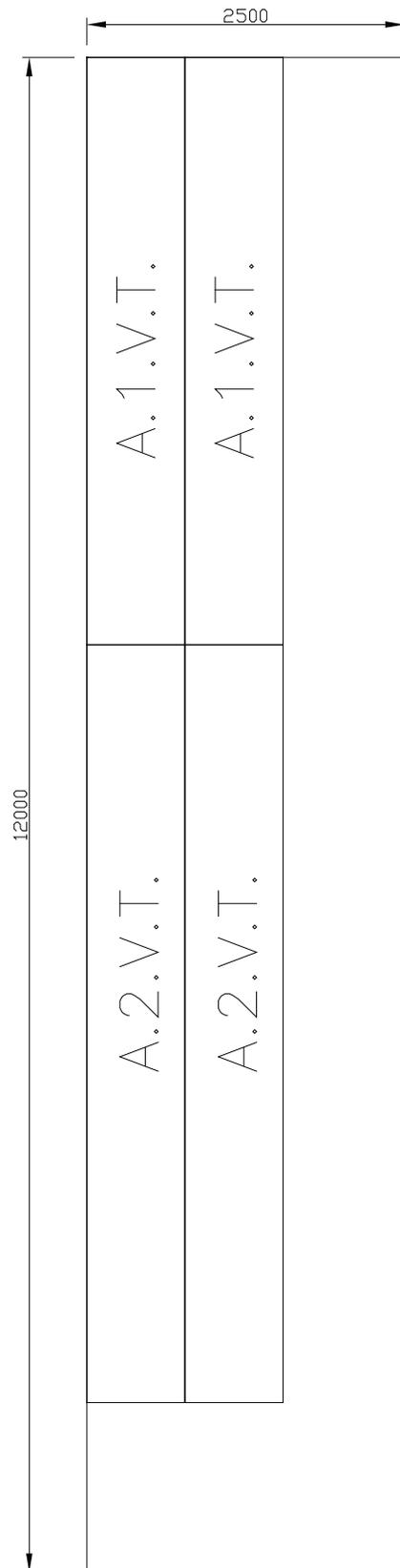
Plancha # 5 (espesor 8mm)



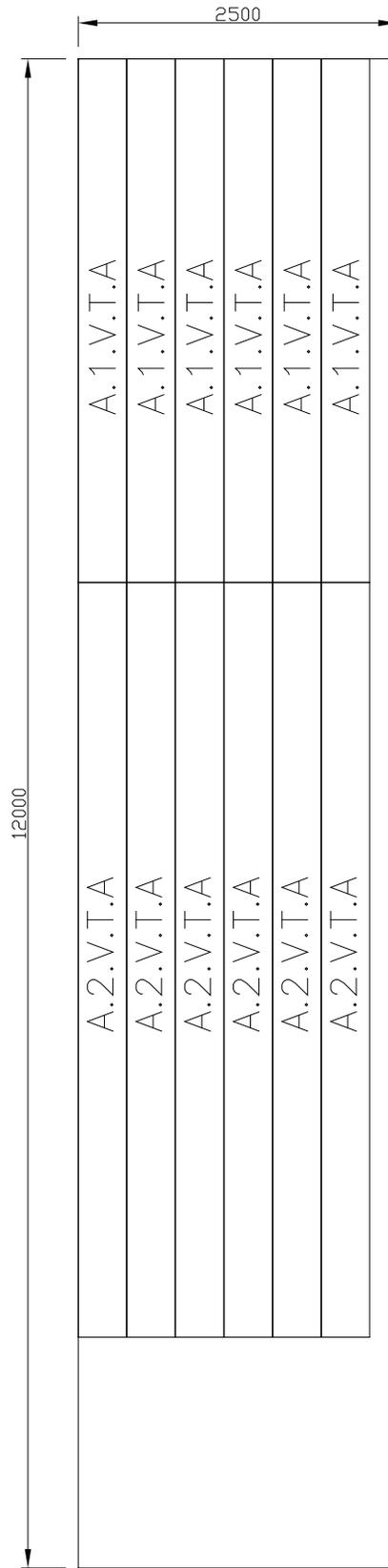
Plancha # 6-9 (espesor 10mm)



Plancha # 10 (espesor 10mm)



Plancha # 11-12 (espesor 10mm)



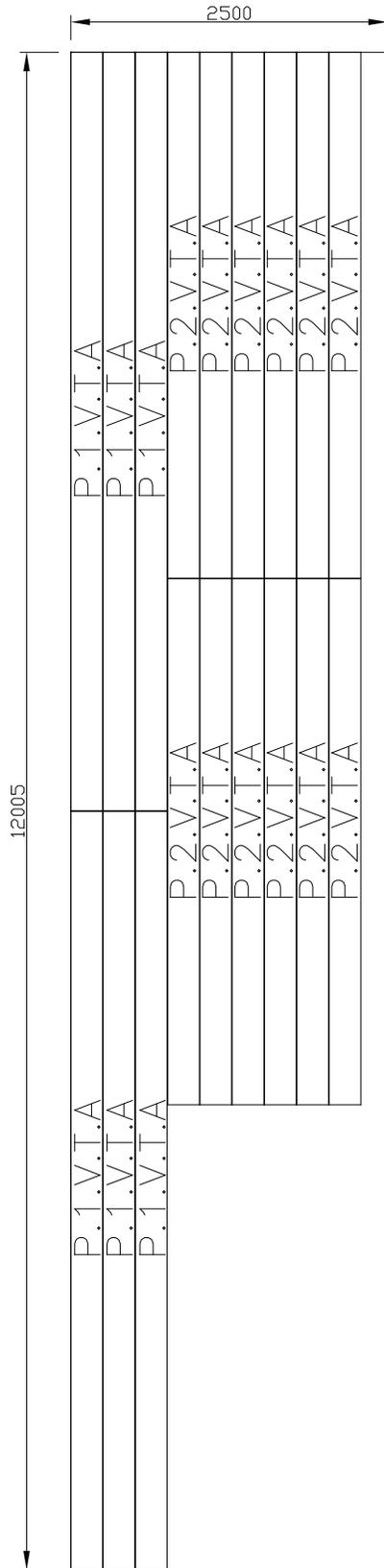
Plancha # 19 (espesor 12mm)

12000		2500	
A.3.P.7	A.2.P.3	A.1.P.4	A.P.6
A.3.P.7	A.2.P.3	A.1.P.4	A.P.6
A.3.P.7	A.2.P.3	P.2.V.T.A	A.P.6
A.3.P.7	A.2.P.3	P.2.V.T.A	A.P.6
		A.1.P.4	A.1.P.4
		A.1.P.4	A.1.P.4
		P.2.V.T.A	P.2.V.T.A
		P.2.V.T.A	P.2.V.T.A

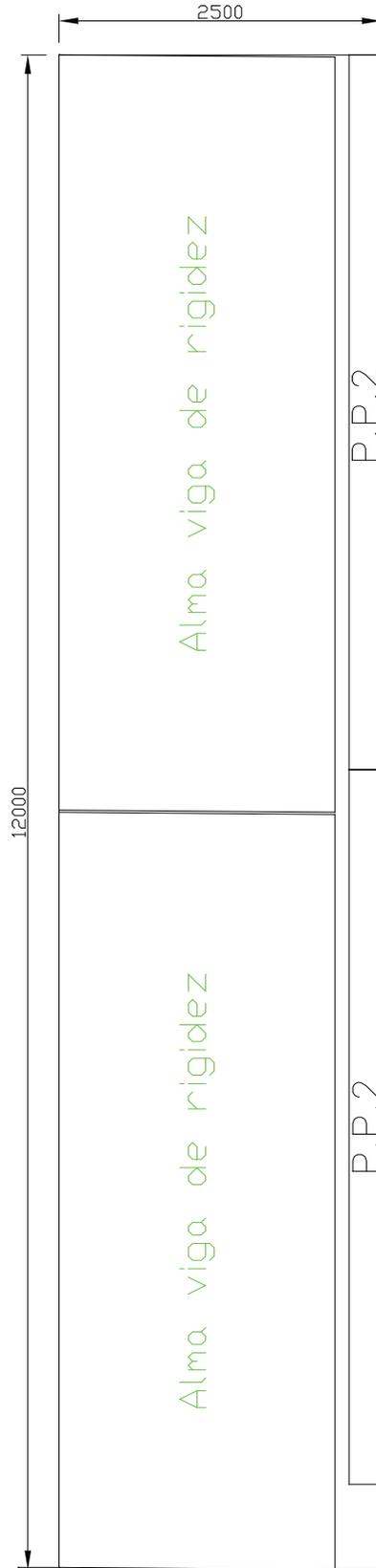
Plancha # 20 (espesor 12mm)

12005		2500	
A.2.P.4	A.2.P.4	A.1.P.7	A.2.P.4
A.2.P.4	A.2.P.4	A.1.P.7	A.2.P.4
A.1.P.5	A.1.P.5	A.1.P.7	A.1.P.5
A.1.P.5	A.1.P.5	A.1.P.7	A.1.P.5
A.1.P.7	A.1.P.7	A.1.P.7	A.1.P.7
A.1.P.7	A.1.P.7	A.1.P.7	A.1.P.7
	P.2.V.T.A		P.2.V.T.A
	P.2.V.T.A		P.2.V.T.A

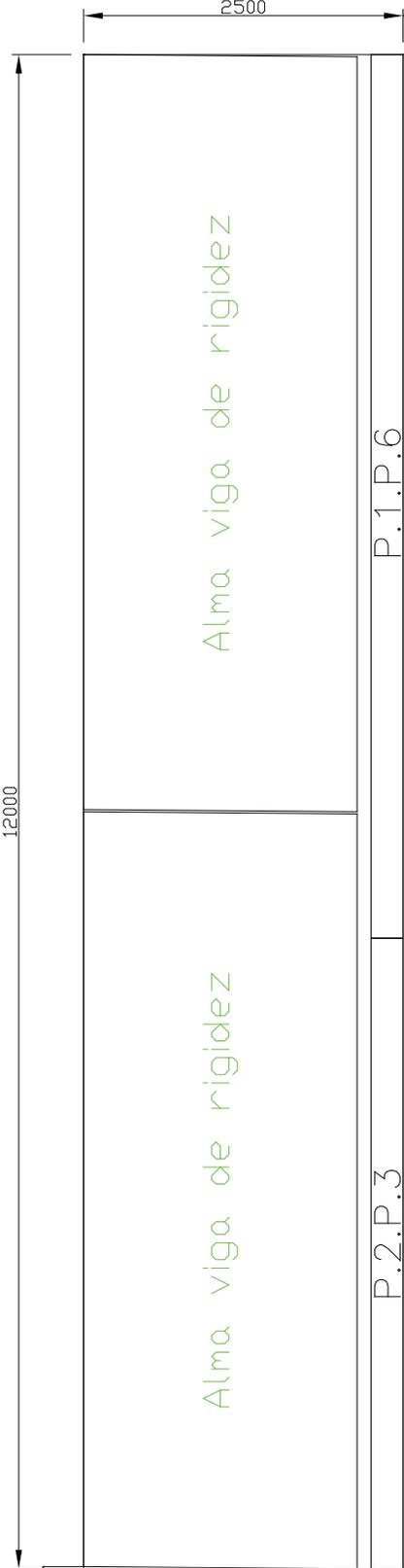
Plancha # 23 (espesor 12mm)



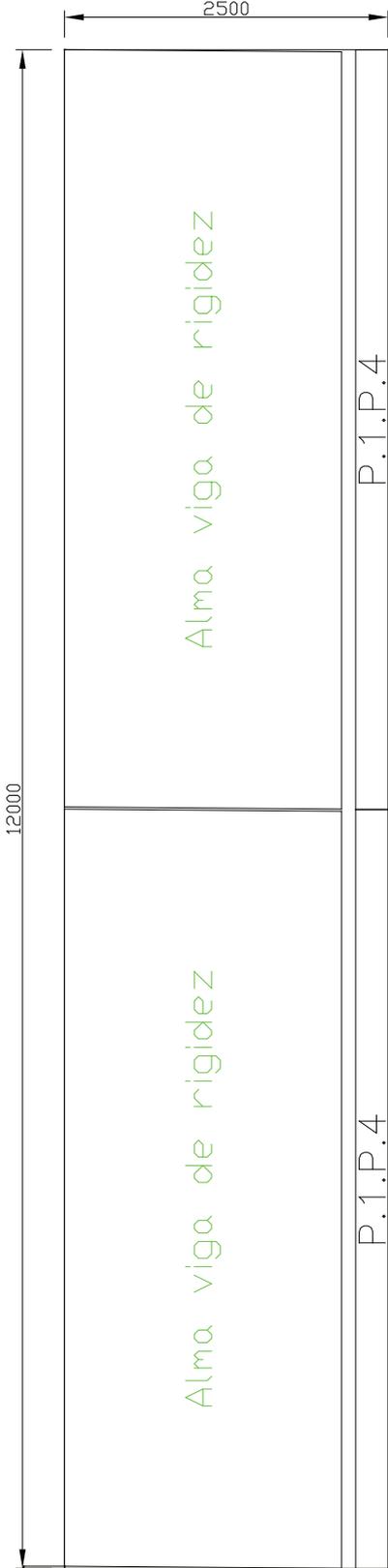
Plancha # 24-27 (espesor 15mm)



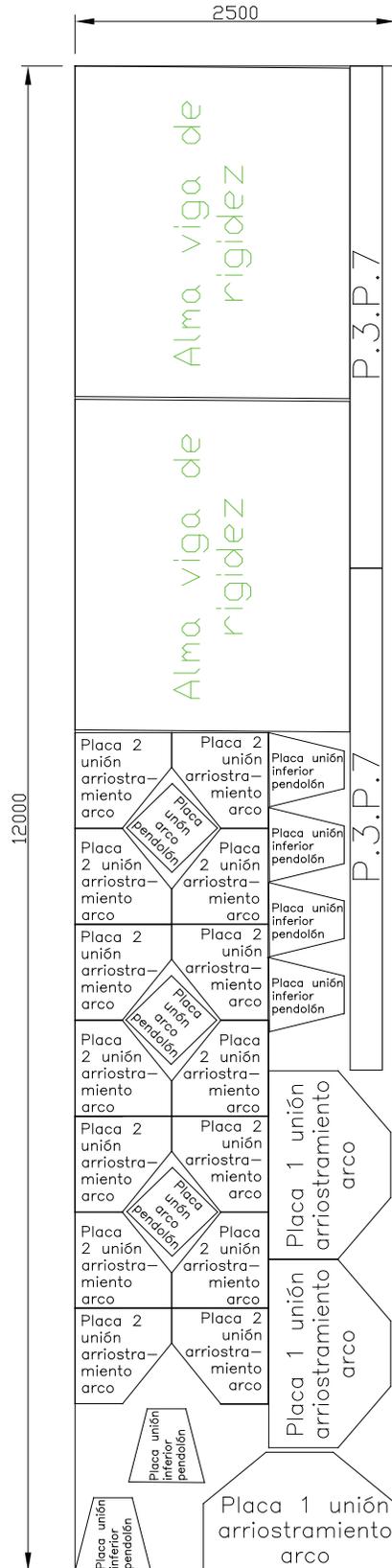
Plancha # 28-35 (espesor 15mm)



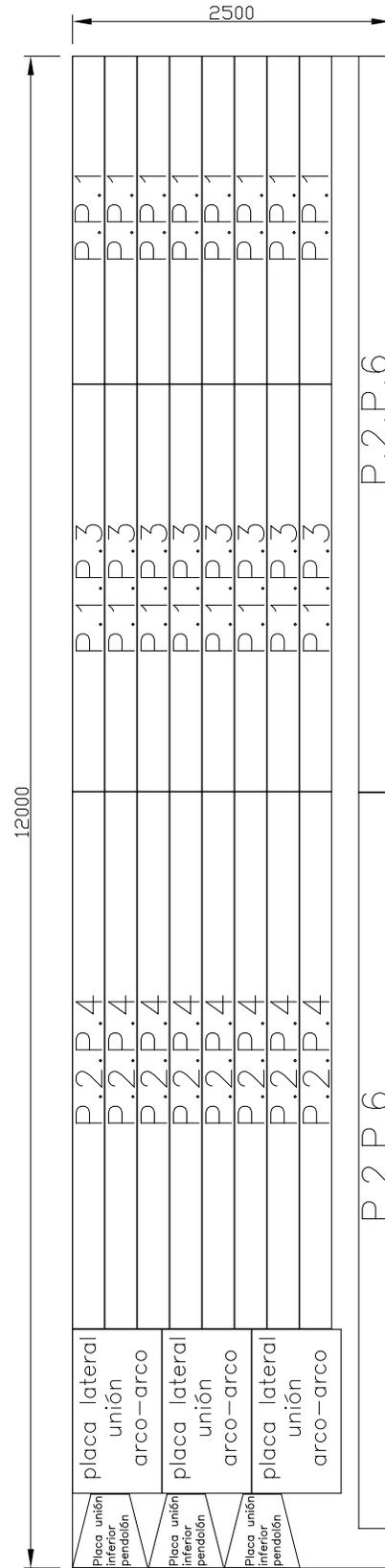
Plancha # 36-39 (espesor 15mm)



Plancha # 40 (espesor 15mm)



Plancha # 41 (espesor 15mm)



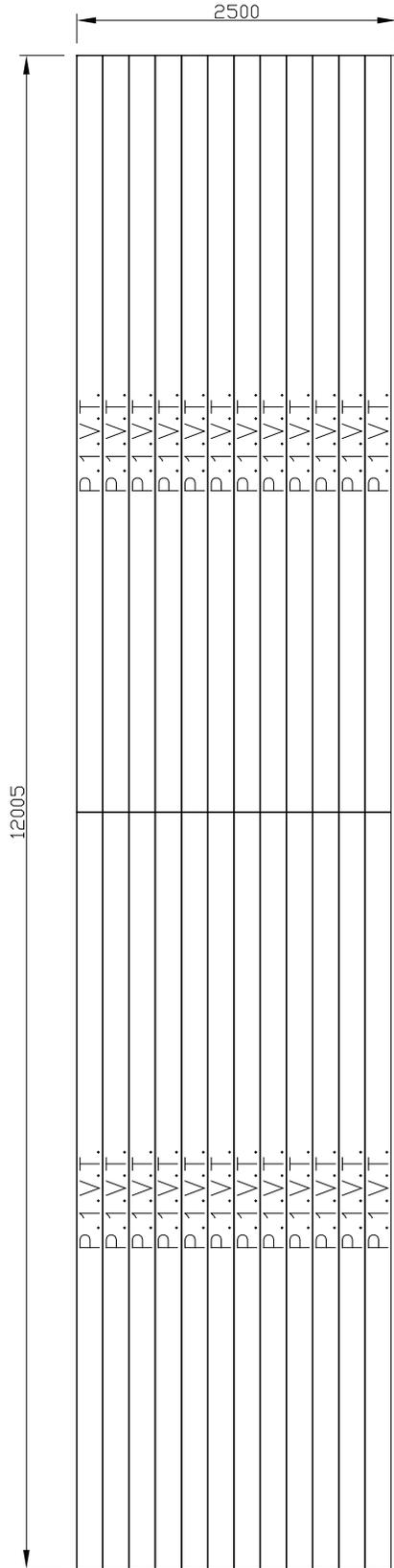
Plancha # 42 (espesor 15mm)

2500	
12000	
P.2.P.5	P.1.P.5
P.2.P.6	P.2.P.6

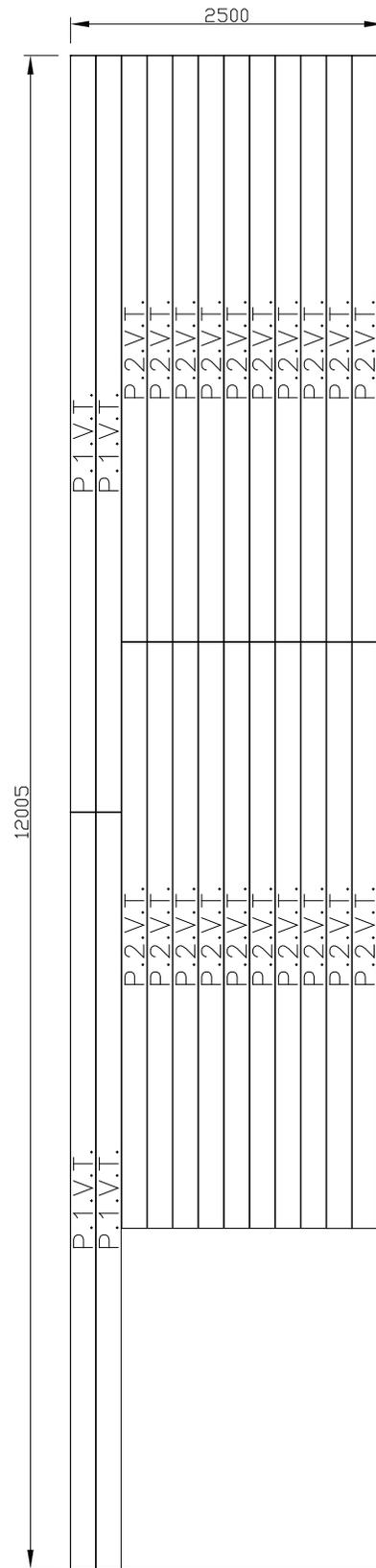
Plancha # 43 (espesor 15mm)

2500		
12015		
placa lateral unión arco-arco	P.2.P.7	P.1.P.7
P.3.P.7	P.3.P.7	P.3.P.7

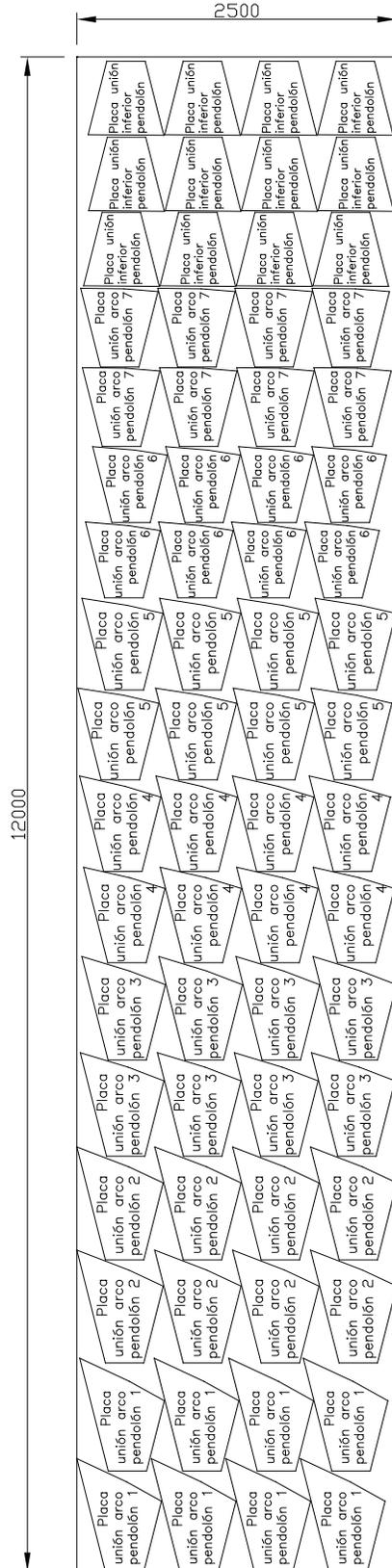
Plancha # 44 (espesor 15mm)



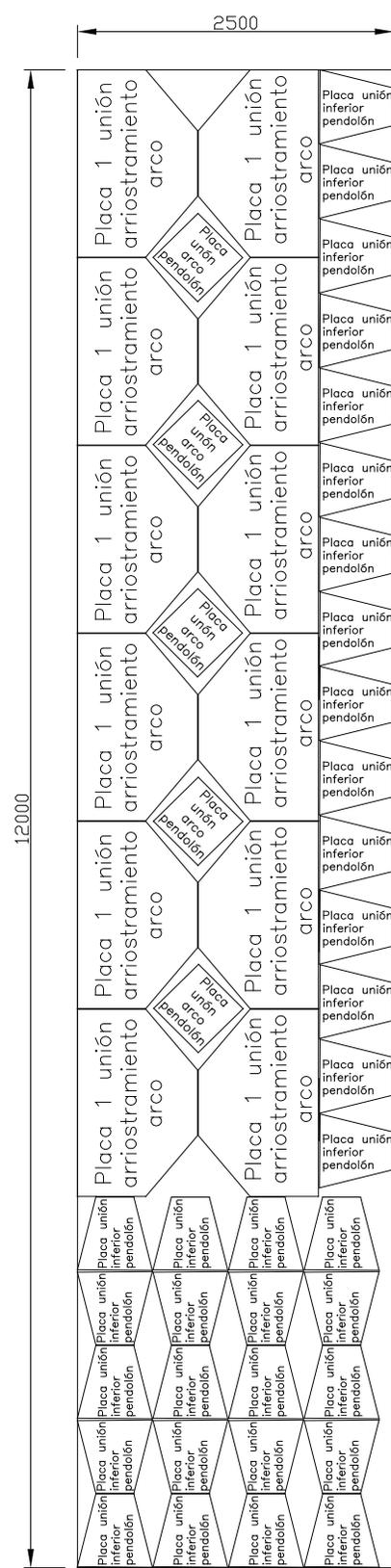
Plancha # 45 (espesor 15mm)



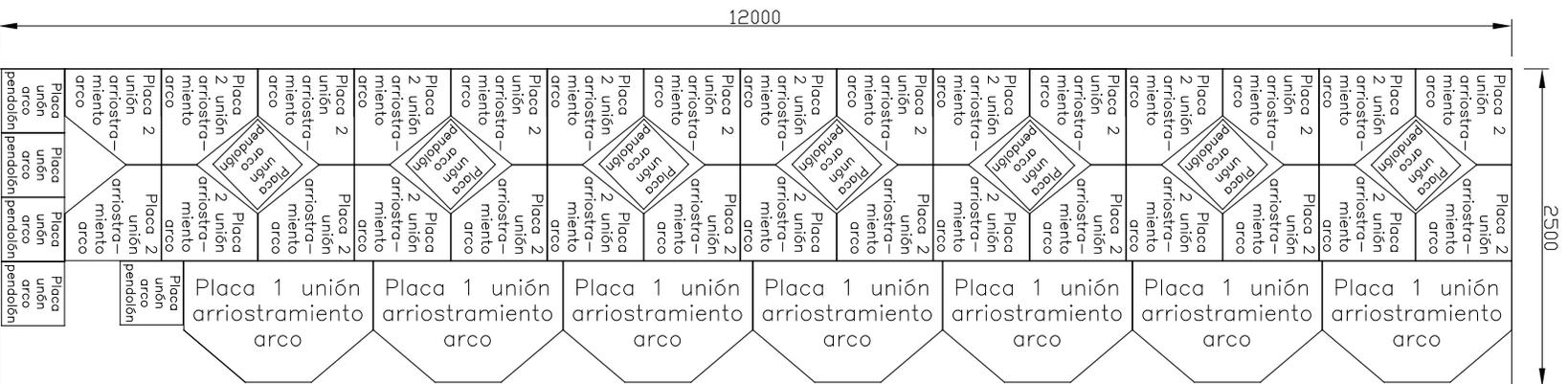
Plancha # 50 (espesor 15mm)



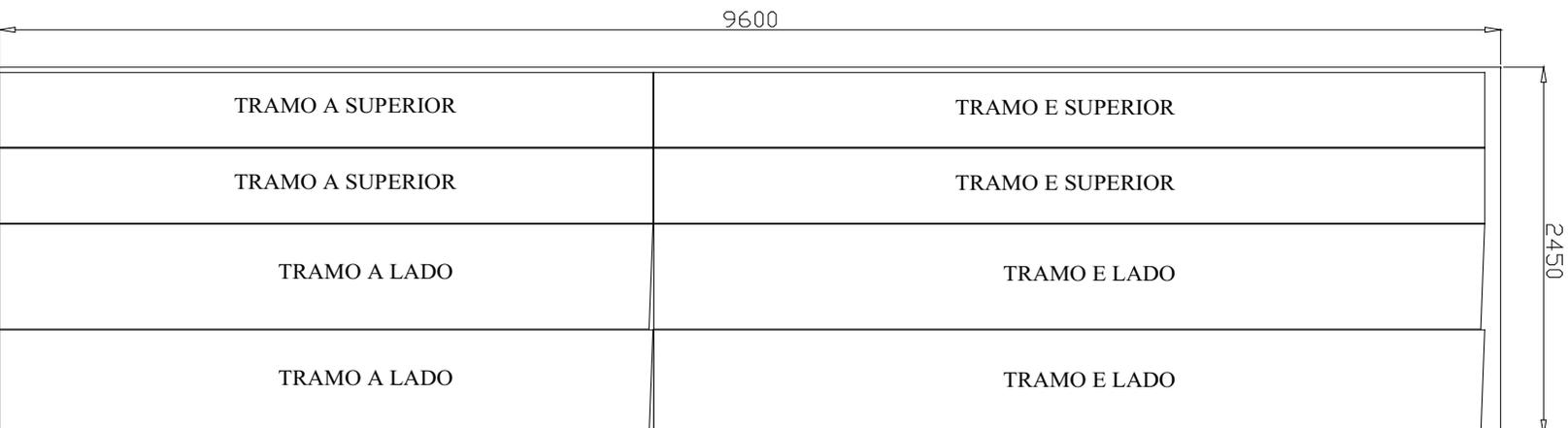
Plancha # 51 (espesor 15mm)

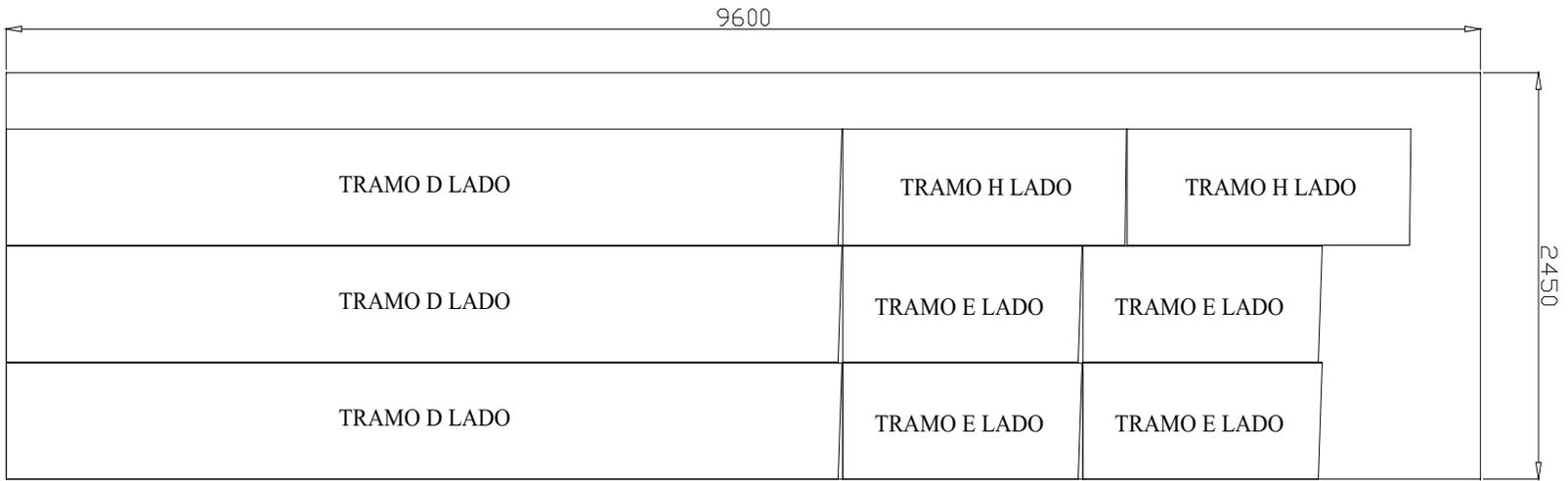


Plancha # 52 (espesor 15mm)

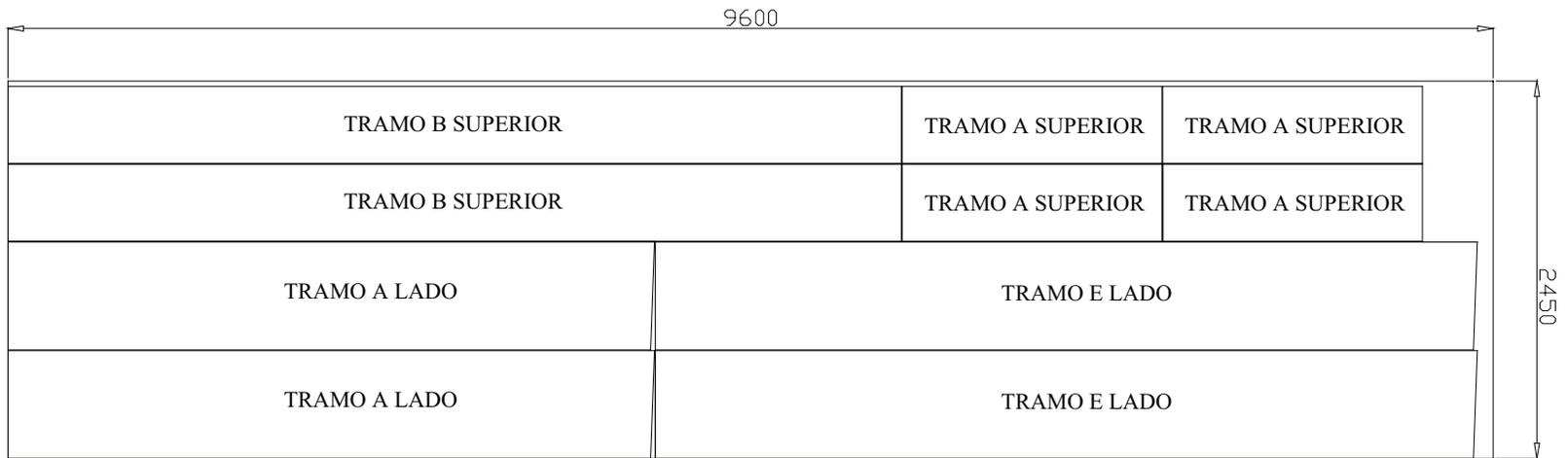


Plancha # 53-54 (espesor 25mm)

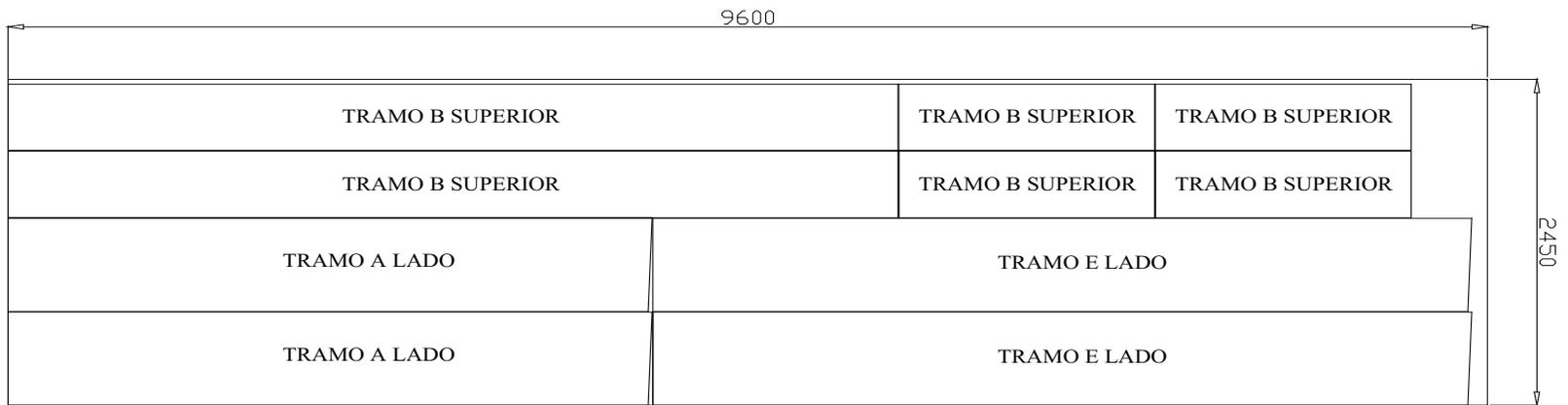




Plancha # 55-56 (espesor 25mm)



Plancha # 57 (espesor 25mm)



Plancha # 58 (espesor 25mm)



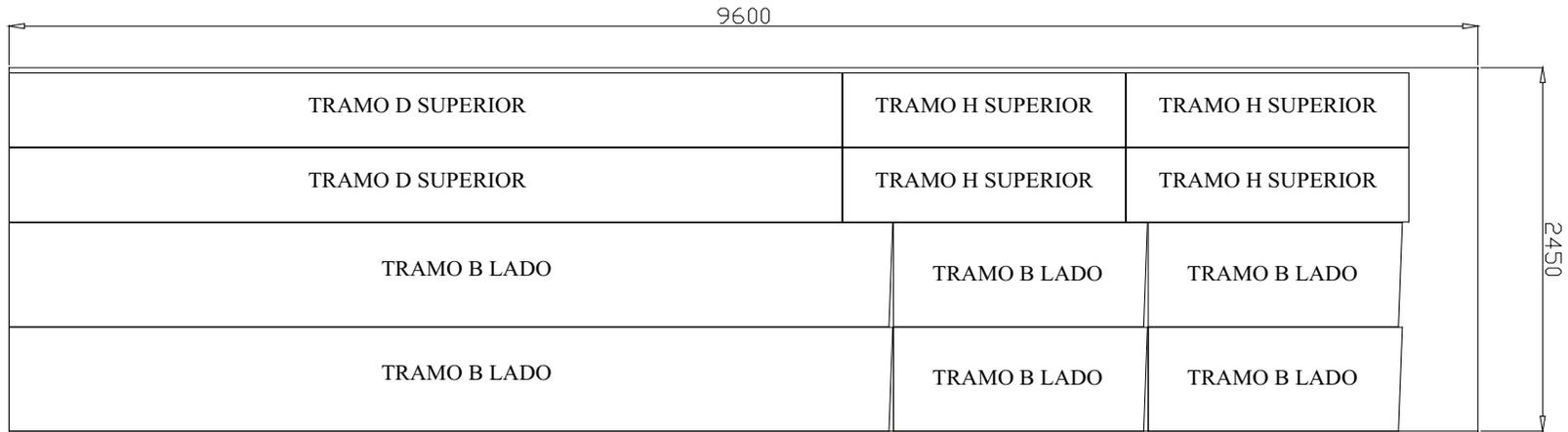
Plancha # 59 (espesor 25mm)



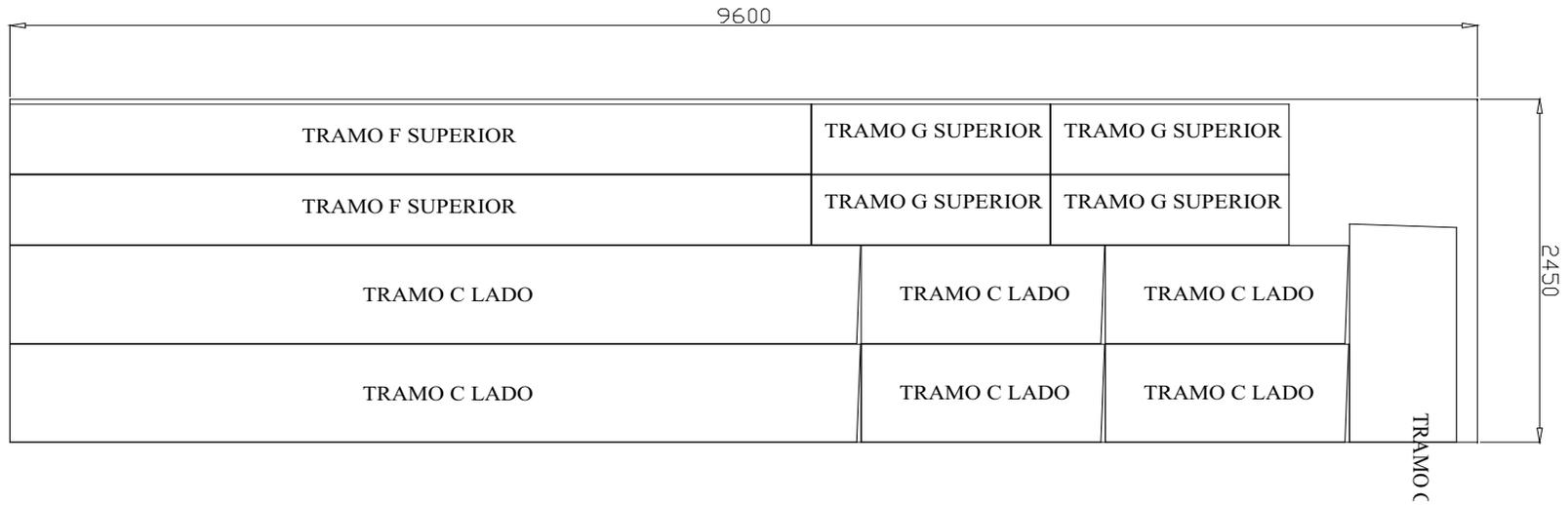
Plancha # 60 (espesor 25mm)



Plancha # 61 (espesor 25mm)



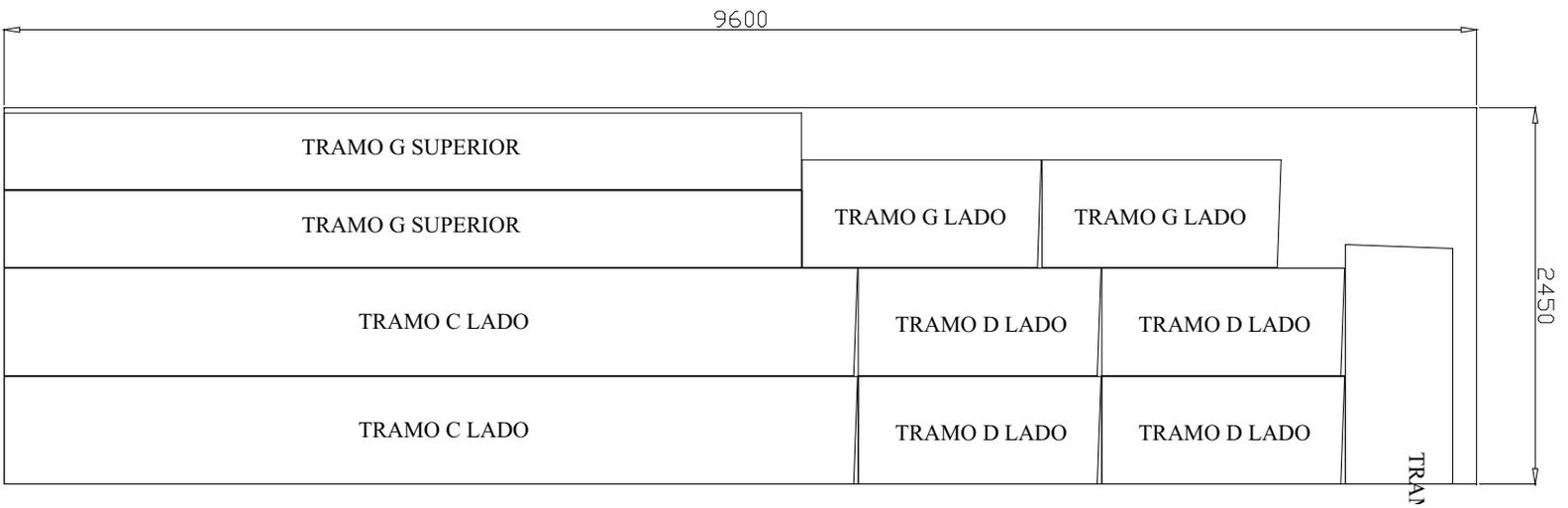
Plancha # 62 (espesor 25mm)



Plancha # 63 (espesor 25mm)



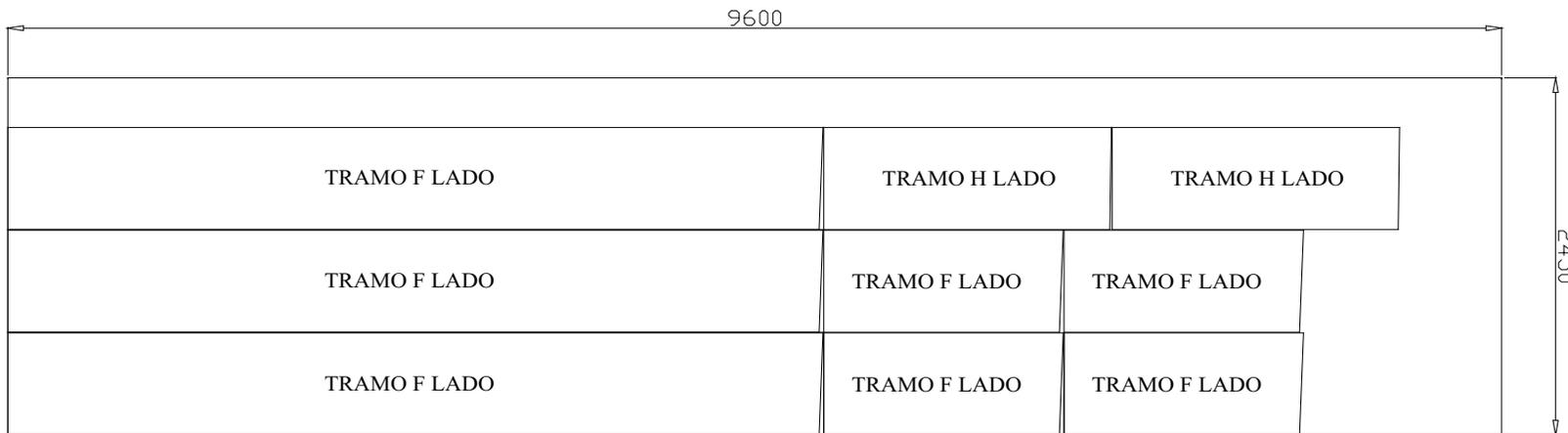
Plancha # 64 (espesor 25mm)



Plancha # 65-66 (espesor 25mm)

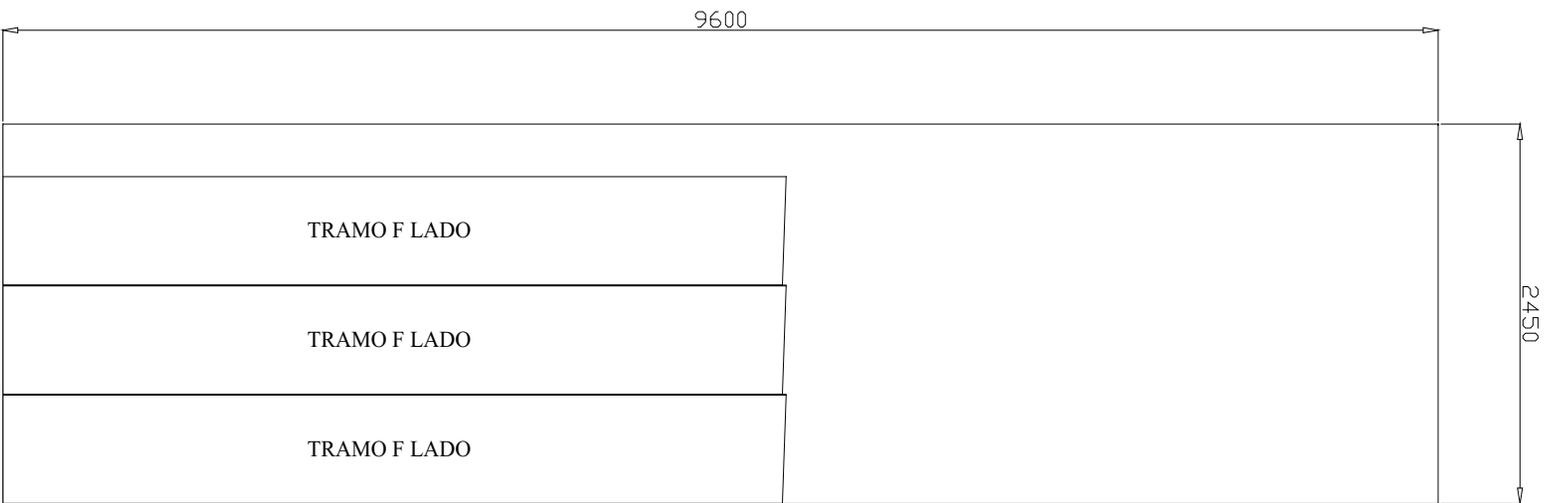


Plancha # 67 (espesor 25mm)

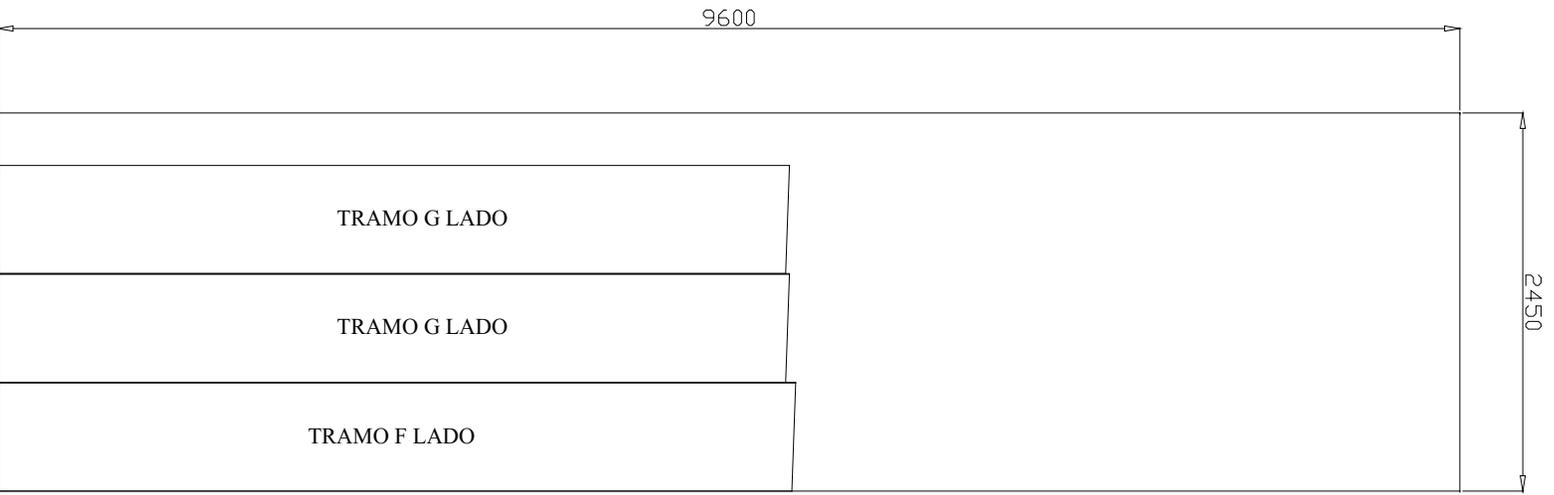


Plancha # 68 (espesor 25mm)

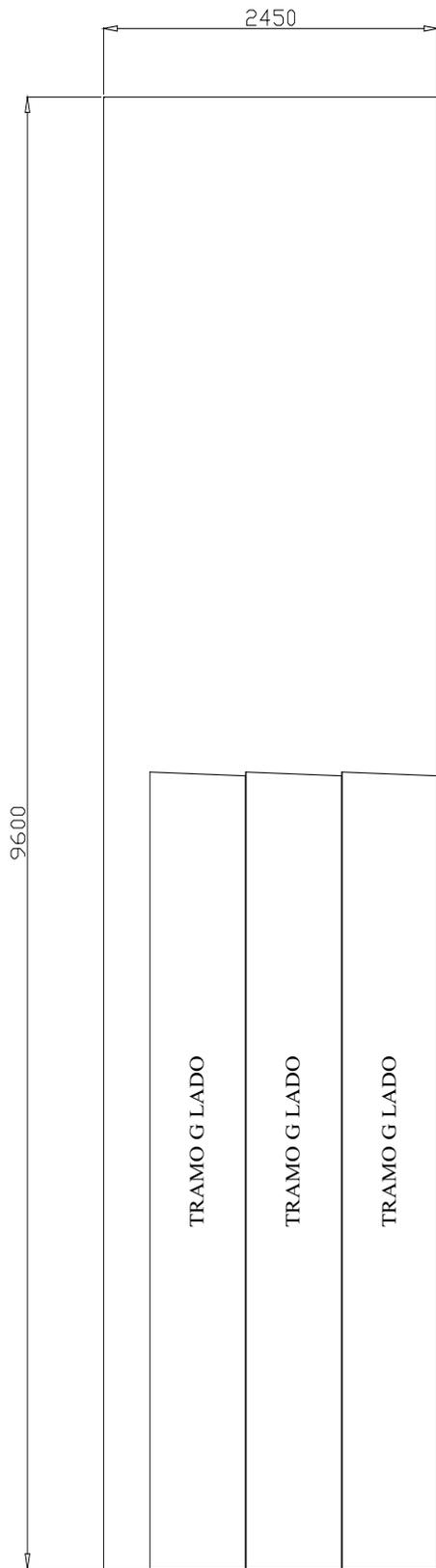
Plancha # 69 (espesor 25mm)



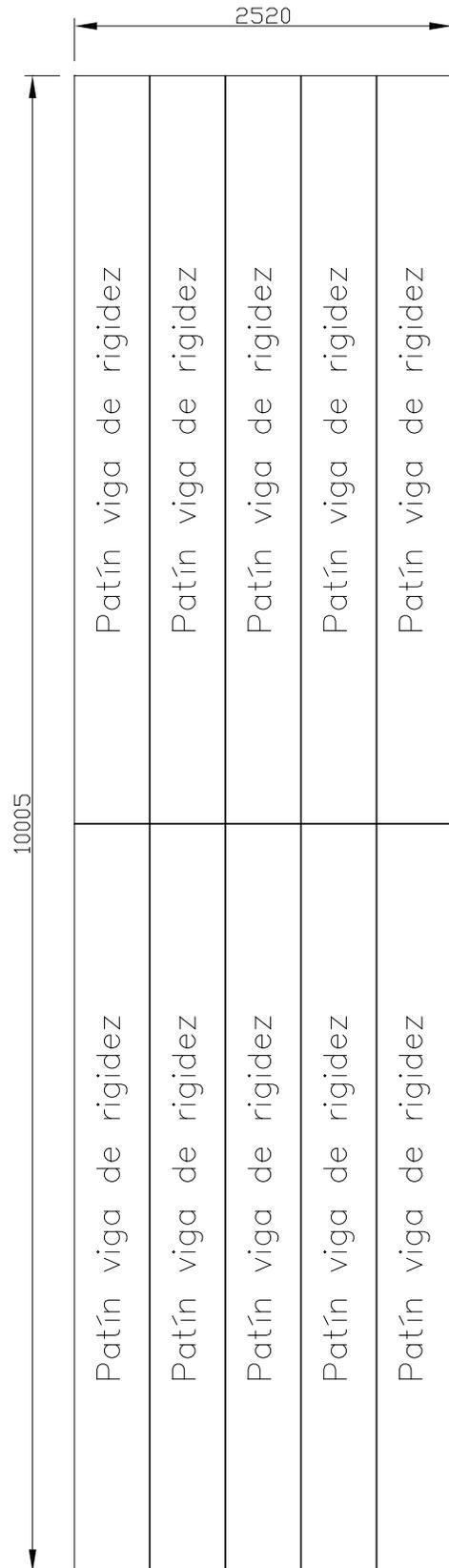
Plancha # 70 (espesor 25mm)



Plancha # 71-72 (espesor 25mm)



Plancha # 73-80 (espesor 30mm)



ANEXO III
PESO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PUENTE EN ARCO

PESO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DEL PUENTE TIPO ARCO

Elemento	Partes	Nº	Área (mm ²)	espesor (mm)	volumen	Volumen total (mm ³)	Peso (kg)
viga de rigidez	alma rigidez 1	32	12803620	15	192054300	6145737600	48244
	alma rigidez 2	4	5587540	15	83813100	335252400	2632
	patín rigidez 1	80	2500000	30	75000000	6000000000	47100
	patín rigidez 2	4	470523	30	14115680,13	56462720,52	443
viga transversal tablero	alma viga transversal	14	8198960	10	81989600	1147854400	9011
	patín viga transversal	28	2129600	15	31944000	894432000	7021
viga transversal arco	alma viga transversal arco	12	3821288	10	38212880	458554560	3600
	patín viga transversal arco	24	2540750	12	30489000	731736000	5744
viga longitudinal 1	alma viga longitudinal 1	10	1970640	8	15765120	157651200	1238
	patín viga longitudinal 1	20	1071000	12	12852000	257040000	2018
viga longitudinal 2	alma viga longitudinal 2	65	1838160	8	14705280	955843200	7503
	patín viga longitudinal 2	130	999000	12	11988000	1558440000	12234
pendolón 1	alma pendolón 1	4	851200	12	10214400	40857600	321
	patín pendolón 1	8	665000	15	9975000	79800000	626
pendolón 2	alma pendolón 2	4	1811200	12	21734400	86937600	682
	patín pendolón 2	8	1415000	15	21225000	169800000	1333
pendolón 3	alma pendolón 3	4	2630400	12	31564800	126259200	991
	patín pendolón 3	8	2055000	15	30825000	246600000	1936
pendolón 4	alma pendolón 4	4	3283200	12	39398400	157593600	1237
	patín pendolón 4	8	2565000	15	38475000	307800000	2416
pendolón 5	alma pendolón 5	4	3760000	12	45120000	180480000	1417
	patín pendolón 5	8	2937500	15	44062500	352500000	2767
pendolón 6	alma pendolón 6	4	4108800	12	49305600	197222400	1548
	patín pendolón 6	8	3210000	15	48150000	385200000	3024
pendolón 7	alma pendolón 7	4	4288000	12	51456000	205824000	1616
	patín pendolón 7	8	3350000	15	50250000	402000000	3156
tramo A	lateral tramo A	8	8146094	25	203652345,2	1629218762	12789
	Superior tramo A	4	2921460	25	73036504,45	292146017,8	2293
tramo B	lateral tramo B	8	10283894	25	257097345,2	2056778762	16146
	Superior tramo B	4	3684960	25	92124004,45	368496017,8	2893
tramo C	lateral tramo C	8	9950694	25	248767345,2	1990138762	15623
	Superior tramo C	4	3565960	25	89149004,45	356596017,8	2799
tramo D	lateral tramo D	8	9764439	25	244110973,5	1952887788	15330
	Superior tramo D	4	3501460	25	87536504,45	350146017,8	2749
tramo E	lateral tramo E	8	9554494	25	238862345,2	1910898762	15001

	Superior tramo E	4	1563460	25	39086504,45	156346017,8	1227
tramo F	lateral tramo F	8	9428494	25	235712345,2	1885698762	14803
	Superior tramo F	4	3379460	25	84486504,45	337946017,8	2653
tramo G	lateral tramo G	8	9410547	25	235263672,6	1882109381	14775
	superior tramo G	4	3369460	25	84236504,45	336946017,8	2645
tramo H	lateral tramo H	8	1290450	25	32261250	258090000	2026
	superior tramo H	4	924000	25	23100000	92400000	725
inicio del arco	lateral unión arco-rigidez	8	1816318	25	45407949	363263591	2852
	superior unión arco-rigidez	4	1675839	25	41895980	167583920	1316
placa unión arco-pendolón	unión arco-pendolón	56	250000	15	3750000	210000000	1649
placa unión arco-arco	unión arco-arco (superior)	32	650000	15	9750000	312000000	2449
	unión arco-arco (lateral)	64	910000	15	13650000	873600000	6858
placas unión pendolones-arco	pendolón 1 (superior)	8	346656	15	5199837,06	41598696,48	327
	pendolón 2 (superior)	8	366173	15	5492589,795	43940718,36	345
	pendolón 3 (superior)	8	338640	15	5079597,93	40636783,44	319
	pendolón 4 (superior)	8	316567	15	4748503,83	37988030,64	298
	pendolón 5 (superior)	8	313507	15	4702610,025	37620880,2	295
	pendolón 6 (superior)	8	253245	15	3798677,7	30389421,6	239
	pendolón 7 (superior)	8	279601	15	4194013,245	33552105,96	263
placa unión pendolones-viga de rigidez	pendolón (inferior)	56	258086	15	3871288,815	216792173,6	1702
placa soporte pendolón	placa soporte pendolón	28	576000	30	17280000	483840000	3798
placa arriostramientos	placa arriostramientos	44	1209750	15	18146250	798435000	6268
arrastramiento superior	arrastramiento superior	44			75976240	3342954560	26242
arrastramiento inferior	arrastramiento inferior	26			91994675	2391861550	18776
TOTAL KG							368328
TOTAL Ton							368

ANEXO IV
FOTOGRAFÍAS DE LUGAR DONDE SE MONTARA EL PUENTE



Vista del río Quevedo a su paso por el sector denominado Gallina cantón Buena Fe.



Servicio de transporta público que llega hasta el recinto María Amelia de Buena Fe.



Vista de una especie de cítricos una muestra de la alta productividad de la zona.



Vista del área donde se tiene previsto la construcción del puente sector Gallina.

ANEXO V
SEÑALIZACIÓN PREVIA AL MONTAJE DEL PUENTE

DISEÑO DE RÓTULOS AMBIENTALES INFORMATIVA Puente Río Quevedo sector Gallina

- Señales Informativas:
 1. Puente Gallina 100 m longitud (2 a cada lado).
 2. Bienvenidos al recinto María Amelia (2)

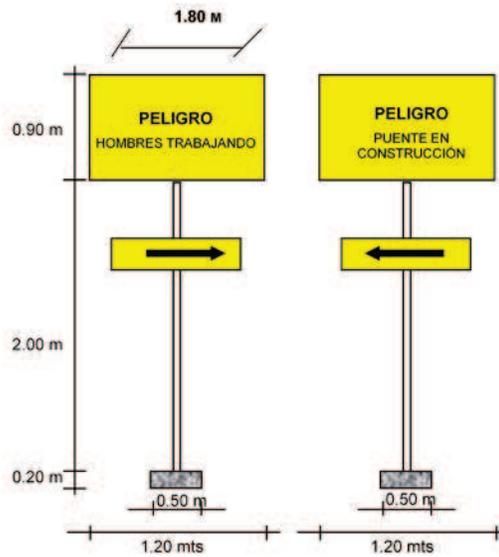
- Colores:
 • Fondo - verde
 • Letras - blanco



- Ubicación:
 • Colocar el rótulo dejando 0.50 m entre los bordes exteriores de la vía y el rótulo.

SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA

- Leyendas canteras y minas:
 • MINA O CANTERA
 PELIGRO
 INGRESO Y SALIDA
 DE VEHICULOS PESADOS

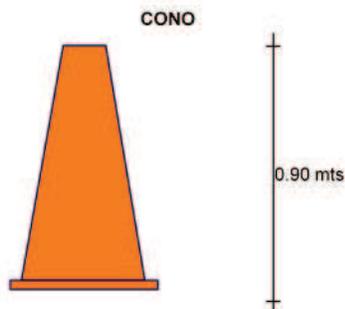


DISEÑOS DE RÓTULOS AMBIENTALES PARA LA CONSTRUCCION PUENTE RIO QUEVEDO SECTOR GALLINA



Color : Rótulo con fondo verde y caracteres blancos, el material reflectivo será de grado diamante. Imágenes de acuerdo a lo recomendado por Fiscalizador ambiental

SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA



CINTAS DE ALERTA DE PELIGRO



Cinta color amarillo con letras de color rojo de 15 cm de ancho

ANEXO VI
WPS

WPS Viga Rigidez (Alma-Patín)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso	WPS No.	001			
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002			
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:				
		WPS Precalificado:	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:	Febrero 2009			
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón			
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta de esquina y T		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	40° a 55°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte						
Especificación AWS	D 5.1		Notas			
Clasificación AWS	E6010 - E7018		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Precalentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura			
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
Características Eléctricas			Realizar filete en cada lado de la junta de acuerdo al requerimiento de diseño.			
Tipo de corriente	DCEP					
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				

1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Viga de Rigidez (Patín-Patín)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso	WPS No.		002		
		Norma de referencia:		AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:				
		WPS Precalificado:		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		
Ubicación	Prov. Los Rios	Fecha de realización:		Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:		Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input checked="" type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte			Notas			
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Clasificación AWS	E6010 - E7018					
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Pre calentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.			
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere					
Características Eléctricas			Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionadas durante la soldadura.			
Tipo de corriente	DCEP		Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						

No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

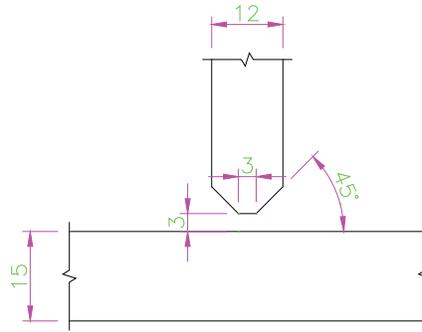
WPS Viga de Rigidez (Alma-Alma)

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso		WPS No.	003	
			Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002	
Proyecto	Puente Gallina		PQR de soporte:		
			WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Ubicación	Prov. Los Rios		Fecha de realización:	Febrero 2009	
Realizado por:	Oña - Tello		Revisado por:	Ing. Baldeón	
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De ranura				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases	
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición		
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.	
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente	
Metal Base			Método de Limpieza		
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).		
Espesor	>3 mm.				
Geometría	Placa				
Metal de Aporte			Notas		
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.		
Clasificación AWS	E6010 - E7018				
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.				
Prealemtamiento	No requiere		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.		
Tratamiento térmico post soldadura		No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura		
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.		
Tipo de corriente	DCEP		Las profundidades de la ranura V, pueden ser desiguales pero no menores al 1/4 del espesor del metal base.		
3. Detalle de la junta					

4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

Pendolones (Alma-Patín)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso		WPS No.	004		
			Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina		PQR de soporte:			
			WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Rios		Fecha de realización:	Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello		Revisado por:	Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta de esquina y T		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	40° a 55°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte			Notas			
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Clasificación AWS	E6010 - E7018					
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Precalentamiento	No requiere					
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura			
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
Tipo de corriente	DCEP		Realizar filete en cada lado de la junta de acuerdo al requerimiento de diseño.			
3. Detalle de la junta						



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Pendolones (Patín-Patín)

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso		WPS No.	005	
			Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002	
Proyecto	Puente Gallina		PQR de soporte:		
			WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Ubicación	Prov. Los Rios		Fecha de realización:	Febrero 2009	
Realizado por:	Oña - Tello		Revisado por:	Ing. Baldeón	
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De ranura				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input checked="" type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases	
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición		
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.	
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente	
Metal Base			Método de Limpieza		
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).		
Espesor	>3 mm.				
Geometría	Placa				
Metal de Aporte			Notas		
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.		
Clasificación AWS	E6010 - E7018				
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.				
Precalentamiento	No requiere		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.		
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.		

Características Eléctricas		Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionadas durante la soldadura.				
Tipo de corriente	DCEP	Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.				
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Pendolones (Alma-Alma)

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso	WPS No.	006		
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:			
		WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Rios	Fecha de realización:	Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De ranura				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases	
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición		
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.	
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente	
Metal Base			Método de Limpieza		
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).		
Espesor	>3 mm.				
Geometría	Placa				
Metal de Aporte			Notas		
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.		
Clasificación AWS	E6010 - E7018				
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.		
Precalentamiento	No requiere				

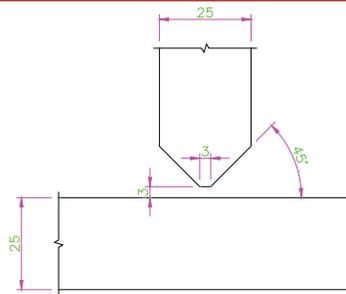
Tratamiento térmico post soldadura		No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura			
Características Eléctricas		Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.				
Tipo de corriente	DCEP	Las profundidades de la ranura V, pueden ser desiguales pero no menores al 1/4 del espesor del metal base.				
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS ARCO (LATERALES-SUPERIOR)

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso	WPS No.	007		
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:			
		WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:	Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta de esquina y T		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De ranura				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases	
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición		
Angulo de ranura	40° a 55°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.	
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente	
Metal Base			Método de Limpieza		
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).		
Espesor	>3 mm.				
Geometría	Placa				
Metal de Aporte					

Especificación AWS	D 5.1	
Clasificación AWS	E6010- E7018	Notas
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.	Asegurar limpieza y alineación de las partes.
Pre calentamiento	No requiere	Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura
Características Eléctricas		Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.
Tipo de corriente	DCEP	Realizar filete en cada lado de la junta de acuerdo al requerimiento de diseño.

3. Detalle de la junta



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS ARCO (SUPERIOR-SUPERIOR)

1. Datos de Identificación

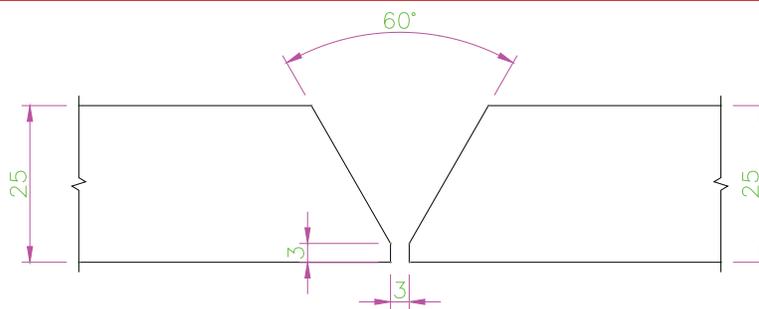
Empresa	Toenso	WPS No.	008
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:	
		WPS Precalificado:	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Ubicación	Prov. Los Rios	Fecha de realización:	Febrero 2009
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón

2. Datos del procedimiento de soldadura

Diseño de Junta		Técnica de soldadura	
Tipo	Junta a tope	Proceso de soldadura	SMAW
Tipo de soldadura	De ranura		
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 lados	Tipo	Manual
Placa de respaldo	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/> Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588	No. de pases	Varios Pases
Abertura de raíz	0 a 5 mm	Posición	
Angulo de ranura	55° a 70°	Posición de Soldadura	Todas las posiciones.
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm	Progresión Vertical	Ascendente
Metal Base		Método de Limpieza	
Especificación	ASTM A 588		

Espesor	>3 mm.	Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).
Geometría	Placa	
Metal de Aporte		
Especificación AWS	D 5.1	
Clasificación AWS	E6010 - E7018	Notas
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.	Asegurar limpieza y alineación de las partes.
Pre calentamiento	No requiere	Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.
Características Eléctricas		Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionadas durante la soldadura.
Tipo de corriente	DCEP	Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.

3. Detalle de la junta



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

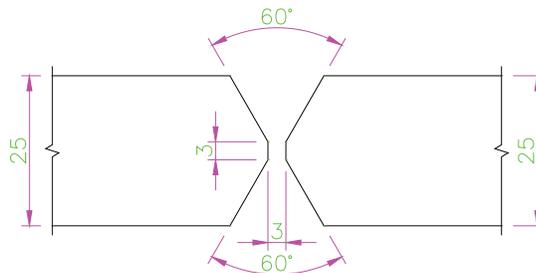
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS ARCO (LATERAL-LATERAL)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso	WPS No.	009			
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002			
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:				
		WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>		
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:	Febrero 2009			
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón			
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		

Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm	Progresión Vertical	Ascendente
Metal Base		Método de Limpieza	
Especificación	ASTM A 588	Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).	
Espesor	>3 mm.		
Geometría	Placa		
Metal de Aporte			
Especificación AWS	D 5.1	Notas	
Clasificación AWS	E6010 - E7018	Asegurar limpieza y alineación de las partes.	
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.	Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.	
Pre calentamiento	No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura	
Tratamiento térmico post soldadura		No requiere	Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.
Características Eléctricas		Las profundidades de la ranura V, pueden ser desiguales pero no menores al 1/4 del espesor del metal base.	
Tipo de corriente	DCEP		

3. Detalle de la junta



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

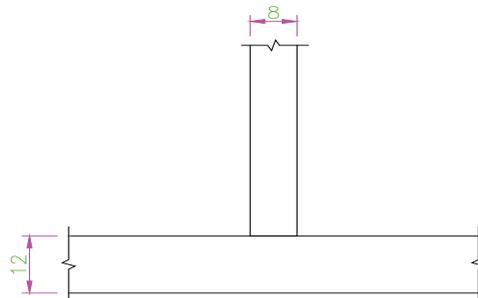
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Viga longitudinal (Alma- Patín)

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso	WPS No.	010		
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:			
		WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:	Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta de esquina, T, Traslape		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De Filete				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	N/A		No <input type="checkbox"/>	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>

Material de respaldo	ASTM A 588	No. de pases	Varios Pases
Abertura de raíz	N/A	Posición	
Angulo de ranura	N/A	Posición de Soldadura	Todas las posiciones.
Cara de raíz (Talón)	N/A	Progresión Vertical	Ascendente
Metal Base		Método de Limpieza	
Especificación	ASTM A 588	Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).	
Espesor	>3 mm.		
Geometría	Placa		
Metal de Aporte		Notas	
Especificación AWS	D 5.1	Asegurar limpieza y alineación de las partes.	
Clasificación AWS	E6010-E7018		
Diámetro	4.0mm.	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.	
Pre calentamiento	No requiere	Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionados durante la soldadura, a temperatura recomendada por el fabricante.	
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere	Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.	
Características Eléctricas		Realizar filetes de acuerdo al requerimiento de diseño.	
Tipo de corriente	DCEP		

3. Detalle de la junta



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

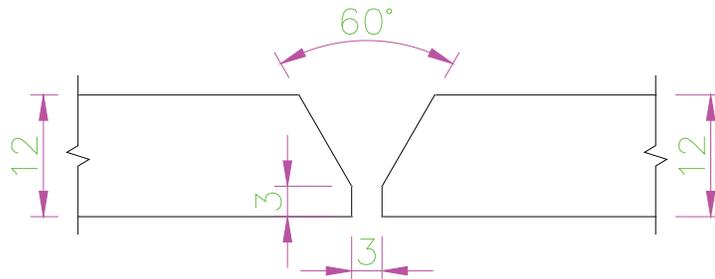
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Viga Longitudinal (Patín-Patín)

1. Datos de Identificación			
Empresa	Toenso	WPS No.	011
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:	
		WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Ubicación	Prov. Los Rios	Fecha de realización:	Febrero 2009
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón
2. Datos del procedimiento de soldadura			
Diseño de Junta		Técnica de soldadura	
Tipo	Junta a tope	Proceso de soldadura	SMAW

Tipo de soldadura	De ranura			
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/> Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición	
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente
Metal Base			Método de Limpieza	
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).	
Espesor	>3 mm.			
Geometría	Placa			
Metal de Aporte			Notas	
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.	
Clasificación AWS	E6010 - E7018			
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.	
Pre calentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.	
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionadas durante la soldadura.	
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.	
Tipo de corriente	DCEP			

3. Detalle de la junta



4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Longitudinal (Alma-Alma)

1. Datos de Identificación			
Empresa	Toenso	WPS No.	012
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:	
		WPS Precalificado:	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Ubicación	Prov. Los Rios	Fecha de realización:	Febrero 2009
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón

2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte			Notas			
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Clasificación AWS	E6010 - E7018					
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Pre calentamiento	No requiere					
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere	requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura			
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
Tipo de corriente	DCEP		Las profundidades de la ranura V, pueden ser desiguales pero no menores al 1/4 del espesor del metal base.			
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Viga Transversal (Alma-Patín)

1. Datos de Identificación			
Empresa	Toenso	WPS No.	0013
		Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:	

		WPS Precalificado: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:	Febrero 2009			
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:	Ing. Baldeón			
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta		Técnica de soldadura				
Tipo	Junta de esquina y T	Proceso de soldadura	SMAW			
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2 lados	Tipo	Manual			
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/> Oscilado <input type="checkbox"/>			
Material de respaldo	ASTM A 588	No. de pases	Varios Pases			
Abertura de raíz	0 a 5 mm	Posición				
Angulo de ranura	40° a 55°	Posición de Soldadura	Todas las posiciones.			
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm	Progresión Vertical	Ascendente			
Metal Base		Método de Limpieza				
Especificación	ASTM A 588	Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).				
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte						
Especificación AWS	D 5.1	Notas				
Clasificación AWS	E6010 - E7018	Asegurar limpieza y alineación de las partes.				
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.	Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.				
Precalentamiento	No requiere	Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura				
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere	Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.				
Características Eléctricas		Realizar filete en cada lado de la junta de acuerdo al requerimiento de diseño.				
Tipo de corriente	DCEP					
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Viga Transversal (Patín-Patín)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso		WPS No.	014		
			Norma de referencia:	AWS D1.5 – 2002		
Proyecto	Puente Gallina		PQR de soporte:			
			WPS Precalificado:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Rios		Fecha de realización:	Febrero 2009		
Realizado por:	Oña - Tello		Revisado por:	Ing. Baldeón		
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta			Técnica de soldadura			
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input checked="" type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte			Notas			
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Clasificación AWS	E6010 - E7018					
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpiar con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Precalentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.			
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionadas durante la soldadura.			
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
Tipo de corriente	DCEP					
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12

2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17
-----	-------	-----	-----	---------	-------	--------

WPS Viga Transversal (Alma-Alma)

1. Datos de Identificación						
Empresa	Toenso		WPS No.		015	
			Norma de referencia:		AWS D1.5 – 2002	
Proyecto	Puente Gallina		PQR de soporte:			
			WPS Precalificado: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>			
Ubicación	Prov. Los Rios		Fecha de realización:		Febrero 2009	
Realizado por:	Oña - Tello		Revisado por:		Ing. Baldeón	
2. Datos del procedimiento de soldadura						
Diseño de Junta				Técnica de soldadura		
Tipo	Junta a tope		Proceso de soldadura	SMAW		
Tipo de soldadura	De ranura					
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual		
Placa de respaldo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>	
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases		
Abertura de raíz	0 a 5 mm		Posición			
Angulo de ranura	55° a 70°		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.		
Cara de raíz (Talón)	0 a 5mm		Progresión Vertical	Ascendente		
Metal Base			Método de Limpieza			
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).			
Espesor	>3 mm.					
Geometría	Placa					
Metal de Aporte			Notas			
Especificación AWS	D 5.1		Asegurar limpieza y alineación de las partes.			
Clasificación AWS	E6010 - E7018					
Diámetro	3.2mm , 4.0mm.		Limpia con esmeril antes de soldar por el otro lado, hasta encontrar metal sano.			
Pre calentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante, y termo para mantenerlos acondicionados durante la soldadura			
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.			
Características Eléctricas			Las profundidades de la ranura V, pueden ser desiguales pero no menores al 1/4 del espesor del metal base.			
Tipo de corriente	DCEP					
3. Detalle de la junta						
4. Características eléctricas y parámetros de soldadura						
No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				

1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

WPS Arriostramiento-Arco

1. Datos de Identificación					
Empresa	Toenso	WPS No.		016	
		Norma de referencia:		AWS D1.5 – 2002	
Proyecto	Puente Gallina	PQR de soporte:			
		WPS Precalificado:		Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Ubicación	Prov. Los Ríos	Fecha de realización:		Febrero 2009	
Realizado por:	Oña - Tello	Revisado por:		Ing. Baldeón	
2. Datos del procedimiento de soldadura					
Diseño de Junta			Técnica de soldadura		
Tipo	Junta de esquina, T, Traslape		Proceso de soldadura	SMAW	
Tipo de soldadura	De Filete				
Lados de Soldadura	1 lado <input type="checkbox"/>	2 lados <input type="checkbox"/>	Tipo	Manual	
Placa de respaldo	N/A		Cordón:	Recto <input type="checkbox"/>	Oscilado <input type="checkbox"/>
Material de respaldo	ASTM A 588		No. de pases	Varios Pases	
Abertura de raíz	N/A		Posición		
Angulo de ranura	N/A		Posición de Soldadura	Todas las posiciones.	
Cara de raíz (Talón)	N/A		Progresión Vertical	Ascendente	
Metal Base			Método de Limpieza		
Especificación	ASTM A 588		Esmeril eléctrico con disco de corte, disco de desbaste y cepillo (alternativamente Arc air).		
Espesor	>3 mm.				
Geometría	Placa				
Metal de Aporte			Notas		
Especificación AWS	D 1.5		Asegurar limpieza y alineación de las partes.		
Clasificación AWS	E6010-E7018				
Diámetro	4.0mm.				
Precalentamiento	No requiere		Resecar los electrodos antes de usar según recomendación del fabricante.		
Tratamiento térmico post soldadura	No requiere		Utilizar termo para mantener los electrodos acondicionados durante la soldadura, a temperatura recomendada por el fabricante.		
Características Eléctricas			Se permite cambiar de diámetro de electrodo al inmediato inferior o superior para cada una de las pasadas.		
Tipo de corriente	DCEP		Realizar filetes de acuerdo al requerimiento de diseño.		
3. Detalle de la junta					
<p>The diagram illustrates a fillet weld joint between two plates. The top plate has a thickness t_1 and the bottom plate has a thickness t_2. The weld is a fillet weld with a root opening D. The length of the weld on each side is L_2. The angle of the weld face is denoted by α.</p>					

4. Características eléctricas y parámetros de soldadura

No. de pase	Metal de aporte		Polaridad	Intensidad (A)	Tensión de trabajo (V)	Velocidad de avance (cm/min)
	Clasificación AWS	Diámetro (mm)				
1	E6010	3.2	DC+	85-140	18-25	8 a 12
2-n	E7018	4.0	DC+	100-140	20-30	9 a 17

**ANEXO VII
PLANOS**