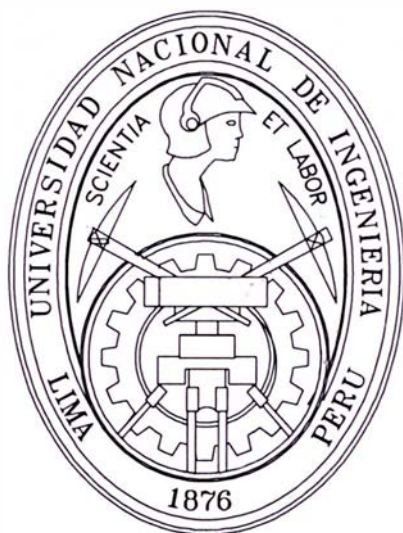


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA
ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO
CRISTO**

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA

Lima – Perú

2001

**SUPERVISION Y CONTROL DE LA
FABRICACION DE LA ESTRUCTURA
METALICA RETICULAR DEL PUENTE
SANTO CRISTO**

A mis Padres, Juan y Clemencia,
a mis hermanos Francisco, Luis y Carlos,
y a mi esposa Maritza por el apoyo y cariño
que siempre me brindan.

INDICE

	Página
CAPITULO 1 PRELIMINARES	1-1
1.1 INTRODUCCION	1-1
1.2 ESTADO DEL ARTE EN ESTRUCTURAS METALICAS DE PUENTES	1-2
1.2.1 En el Mundo	1-2
1.2.1.1 Generalidades	1-2
1.2.1.2 Diseño	1-4
1.2.1.3 Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM)	1-5
1.2.1.4 Registro Automatizado	1-6
1.2.1.5 Aceros de Alto Rendimiento y Sistemas de Protección	1-6
1.2.1.6 Habilitación y Soldadura	1-6
1.2.1.7 Contratación y Certificación	1-7
1.2.2 En el Perú	1-8
1.2.2.1 Generalidades	1-8
1.2.2.2 Tipos de Estructuras Metálicas	1-8
1.2.2.2.1 Sección Compuesta	1-8
1.2.2.2.2 Armaduras Reticuladas	1-9
1.2.2.2.3 Colgantes	1-10
1.2.2.2.4 Atirantados	1-11
1.2.2.3 Fabricación de Estructuras Metálicas	1-12
1.2.2.3.1 Materiales	1-13
1.2.2.3.2 Habilitación de Planchas de Acero y Soldadura	1-13
1.2.2.3.3 Control de Calidad	1-14
1.2.2.3.4 Ensamblaje en Taller	1-14
1.2.2.3.5 Sistemas de Protección	1-14
1.2.2.3.6 Contratación	1-14
1.2.2.4 Consideraciones Preliminares para el Diseño de Puentes	1-14
1.3 FICHA INFORMATIVA	1-18
1.4 MEMORIA DESCRIPTIVA	1-19
1.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	1-19
1.5.1 Materiales	1-20
1.5.1.1 Planchas, Perfiles y Tubos de Acero	1-20
1.5.1.2 Soldadura	1-20
1.5.1.3 Pernos de Alta Resistencia	1-20
1.5.1.4 Pintura	1-20
1.5.2 Control de Calidad	1-20

	Página
1.5.3 Tolerancias	1-21
1.5.4 Montaje Definitivo	1-21
1.5.4.1 Plan de Montaje	1-21
1.5.4.2 Ejecución del Montaje	1-21
CAPITULO 2 PLANEAMIENTO DE FABRICACIÓN	2-1
2.1 GENERALIDADES	2-1
2.2 PLANOS DE FABRICACIÓN	2-1
2.3 ORGANIZACIÓN DE ACTIVIDADES	2-3
2.3.1 Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación	2-3
2.3.1.1 Recepción y Almacén	2-5
2.3.1.2 Habilitación	2-5
2.3.1.3 Armado	2-5
2.3.1.4 Soldadura	2-5
2.3.1.5 Maquinado	2-5
2.3.1.6 Ensamblaje	2-5
2.3.1.7 Pintura	2-5
2.3.1.8 Embalaje y Embarque	2-6
2.3.2 Requerimiento de Recursos	2-6
2.3.2.1 Materiales e Insumos	2-6
2.3.2.1.1 Acero Estructural	2-6
2.3.2.1.2 Pernos de Alta Resistencia	2-9
2.3.2.1.3 Soldadura	2-13
2.3.2.1.4 Pintura	2-14
2.3.2.2 Personal	2-16
2.3.2.3 Equipos	2-17
2.3.2.4 Herramientas	2-19
2.3.2.5 Insumos	2-20
CAPITULO 3 PLANEAMIENTO DE SUPERVISIÓN	3-1
3.1 GENERALIDADES	3-1
3.2 OBJETIVOS	3-1
3.2.1 Verificación y Control de Gabinete	3-2
3.2.1.1 Verificación de la Consistencia del Proyecto Estructural	3-2
3.2.1.2 Revisión de los Planos de Fabricación	3-2

	Página
3.2.1.3	Chequeo de los Certificados de Calidad de los Materiales 3-2
3.2.1.4	Chequeo de la Inversión 3-3
3.2.2	Supervisión y Control en Taller 3-3
3.2.2.1	Verificación de la Calificación del Personal del Fabricante 3-4
3.2.2.2	Habilitación de Planchas de Acero 3-4
3.2.2.3	Ensamblaje de Miembros 3-5
3.2.2.4	Pruebas de Control de Calidad de la Soldadura 3-5
3.2.2.5	Maquinado de Miembros 3-5
3.2.2.6	Chequeo del Ensamblaje de la Estructura Reticulada 3-6
3.2.2.7	Verificación de la Pintura 3-6
3.2.2.8	Control de Calidad de los Pernos de Alta Resistencia 3-6
3.2.2.9	Control de Avance del Programa de Fabricación 3-7
3.3	ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE SUPERVISIÓN 3-7
3.3.1	Organigrama 3-7
3.3.2	Funciones Específicas 3-9
3.3.2.1	Jefatura de Supervisión 3-9
3.3.2.2	Administración y Logística 3-9
3.3.2.3	Residente de Supervisión 3-9
3.3.2.4	Control de Materiales y Pruebas No-Destructivas 3-10
3.3.2.5	Control Dimensional 3-10
3.3.3	Equipamiento 3-11
CAPITULO 4	SUPERVISION Y CONTROL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN 4-1
4.1	GENERALIDADES 4-1
4.2	PROGRAMACION DE LA FABRICACION 4-1
4.2.1	Calendario de Avance de Fabricación 4-1
4.3	INSPECCION Y CONTROL DE ACTIVIDADES 4-3
4.3.1	Habilitación de Elementos de Miembros 4-3
4.3.1.1	Identificación del Acero en Taller 4-3
4.3.1.2	Habilitación de Planchas de Acero 4-4
4.3.1.3	Empalme de Planchas 4-5
4.3.1.4	Enderezado Post-Empalme de Planchas 4-6
4.3.1.5	Trazado para Corte de Planchas 4-7
4.3.1.6	Corte de Planchas y Preparación de Bordes 4-7
4.3.1.7	Preparación Final de Elementos 4-8
4.3.2	Ensamblaje de Miembros 4-11
4.3.2.1	Geometría y Apuntalamiento 4-11

	Página
4.3.3 Soldadura de Miembros	4-13
4.3.3.1 Aplicación de la Soldadura	4-13
4.3.3.2 Control de la Distorsión y Encogimiento	4-14
4.3.3.3 Tolerancias Dimensionales	4-19
4.3.3.4 Control de Calidad de la Soldadura	4-21
4.3.3.4.1 Inspección Visual	4-21
4.3.3.4.2 Inspección con Tintes Penetrantes	4-22
4.3.3.4.3 Inspección Radiográfica	4-23
4.3.3.4.4 Inspección Ultrasónica	4-24
4.3.4 Maquinado de Miembros	4-25
4.3.4.1 Perforación de Agujeros de Conexión (Etapa Inicial)	4-25
4.3.4.2 Preparación de Aparatos de Apoyo y Pines	4-27
4.3.5 Ensamblaje de la Estructura Metálica	4-27
4.3.5.1 Ensamblaje Horizontal de Armaduras Reticuladas	4-27
4.3.5.2 Ensamblaje Definitivo y Control de la Contraflecha	4-29
4.3.5.3 Perforación de Agujeros de Conexión (Etapa Final)	4-35
4.3.6 Marcas de Ensamblaje en los Miembros	4-35
4.3.7 Pintura	4-35
4.3.7.1 Preparación de Superficies	4-36
4.3.7.2 Aplicación de la Pintura	4-38
4.3.7.3 Inspección de la Pintura	4-38
4.3.8 Misceláneos	4-38
4.3.8.1 Pernos de Alta Resistencia	4-39
4.3.8.2 Desensamblaje de la Estructura Metálica	4-43
4.3.8.3 Corrección de Defectos en Agujeros de Conexión	4-43
4.3.8.4 Embarque y Entrega de los Miembros Estructurales	4-44
4.3.8.5 Calendario de Fabricación Ejecutado	4-44
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	5-1
5.1 CONCLUSIONES	5-1
5.1.1 Estado del Arte en Estructuras Metálicas de Puentes	5-1
5.1.2 Planeamientos de Fabricación y Supervisión	5-2
5.1.2.1 Fabricación	5-2
5.1.2.2 Supervisión	5-2
5.1.3 Inspección del Proceso de Fabricación	5-3

	Página
5.2 RECOMENDACIONES	5-6
5.2.1 Planeamientos de Fabricación y Supervisión	5-6
5.2.1.1 Fabricación	5-6
5.2.1.2 Supervisión	5-6
5.2.2 Inspección del Proceso de Fabricación	5-7
5.3 COMENTARIOS SOBRE ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS RETICULADAS DE PUENTES EN EL PERU	5-9
ANEXO	6-1
A. Resumen de Eventos Diarios	6-2
B. Lista de Elementos de Miembros Estructurales	6-12
C. Certificados de Control de Calidad	6-19
Planchas de Acero	6-20
Pernos de Alta Resistencia	6-34
Reportes de Inspección Radiográfica	6-45
Reporte de Inspección Ultrasónica	6-74
D. Lista de Paquetes	6-82
E. Glosario	6-87
F. Referencias	6-91
G. Planos Estructurales	6-93
H. Planos de Fabricación	6-107

PRELIMINARES

1.1 INTRODUCCION

En el Perú, las Obras de Ingeniería Civil relativa a estructuras en general, han sido ejecutadas en la gran mayoría de los casos teniendo como material predominante al concreto armado, y en menor volumen el acero estructural; esta tendencia aún todavía se mantiene en la época actual (año 2000). El empleo del acero estructural por lo general se orienta a naves industriales, puentes con superestructura reticular, así como de sección compuesta con vigas cajón o de alma llena, puentes colgantes de importación, muelles de puertos marítimos y edificios; siendo este último sector poco difundido y representado con casos aislados, de entre los cuales se pueden mencionar el edificio del ex Ministerio de Educación y el coliseo "Amauta".

Es importante que el Ingeniero Estructural que diseña una estructura metálica en particular, tenga conocimiento cabal de todos los detalles de fabricación y montaje, o en su defecto tener una idea clara de los procesos incluidos en estas operaciones; ya que como en toda Obra de Ingeniería, se involucran la mano de obra, suministro de materiales, utilización de maquinarias, herramientas e insumos, los cuales en definitiva cuestan dinero, por lo que en principio, y entre los objetivos principales que busca el Proyectista en forma constante es la de minimizar hasta donde le sea posible el costo final de la Obra terminada.

Un proceso de fabricación de una estructura metálica incluye, como primera fase, el desarrollo de una fase de planeamiento donde se ve con mayor detalle las distintas partes de la estructura mediante la elaboración de los planos de fabricación; paralelamente se requiere la evaluación del suministro de materiales e insumos, así como la dotación apropiada de máquinas o equipos, herramientas y mano de obra calificada en las cantidades necesarias. En la segunda fase, viene el desarrollo de los trabajos de fabricación en sí, desde cuando se habilitan las planchas de acero para obtener los elementos de los miembros mediante la ejecución de: corte con oxígeno, empalmes soldados, doblez y enderezado en frío o en caliente bajo control riguroso este último y preparación de los bordes conforme al diseño de las juntas soldadas.

Como tercera fase del proceso de fabricación, se trata del ensamble de los elementos ya habilitados para dar la forma y dimensiones a los miembros estructurales mostrados en los planos de fabricación, dejando dispuestas todas las juntas donde está prevista la soldadura. La cuarta fase incluye todos los trabajos de aplicación de la soldadura en las juntas soldadas de los miembros estructurales, llevando a cabo un control de calidad de la soldadura en forma paralela, intermitente y oportuna mediante métodos de inspección visual, radiográfica, con tintes penetrantes y partículas magnéticas. En las fases tercera y cuarta también se lleva un control continuo de la geometría de los miembros acorde con las tolerancias dimensionales especificadas.

La quinta fase está referida a la ejecución de los agujeros de conexión de los miembros estructurales; se aclara que esta actividad se realiza mediante un método paralelo que se desarrolla conforme los miembros se ensamblan entre sí, exigiéndose máxima

precisión en cuanto a su posición, de manera que la geometría del conjunto sea consistente con los planos.

La sexta fase trata del ensamblaje de los miembros estructurales, también mediante un método que marcha paralelamente con la ejecución de los agujeros de conexión, así como del control dimensional continuo de la geometría de la estructura. La séptima y última fase incluye trabajos específicos como el resane de defectos aislados en los agujeros de conexión, la aplicación de la pintura de taller o base anticorrosiva sobre todos los miembros estructurales, el embarque y transporte del conjunto de todos los miembros desarmados desde el taller de fabricación hasta el almacén del MTC.

Sirvió de referencia para la supervisión y control de la fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo, las prescripciones de reglamentos relativas a la fabricación de estructuras metálicas como: Standard Specifications for Highway Bridges de la AASHTO 1996, ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code y el Manual of Steel Construction de la AISC 1995.

El presente trabajo tiene como objetivo final, servir como documento guía no sólo para la fabricación de estructuras metálicas reticuladas de puentes de carreteras, sino también, para casos de otros tipos de estructuras metálicas de Ingeniería Civil; de modo que, su utilidad se refleje como un aporte a la difusión de tecnología, así mismo, sirva como una referencia de aporte sustantivo para que en nuestro medio continúe el trabajo de los organismos del Estado e Instituciones involucrados en la elaboración definitiva de especificaciones estándar de reglamento para estructuras metálicas; los cuales sin lugar a dudas se constituyen en instrumentos operativos que sirven de apoyo sólido al desarrollo sistemático de la Ingeniería, y por ende de una nación.

1.2 ESTADO DEL ARTE EN ESTRUCTURAS METALICAS PARA PUENTES

1.2.1 EN EL MUNDO

1.2.1.1 Generalidades

Un examen relativo a la fabricación de puentes de acero en el entorno que incluye a países avanzados como Alemania, Estados Unidos, Italia, Japón, y el Reino Unido, sería suficiente para tener una referencia sobre el estado del arte en el mundo relacionados con el planeamiento, fabricación, producción de acero, soldadura, y certificación de calidad entre otros. En consecuencia podemos extraer conclusiones representativas relacionadas a los contratos, acreditamiento, características técnicas, nuevas tecnologías y otros.

En éstos países, los puentes urbanos o de carreteras con sistemas estructurales metálicos que existen en la actualidad tienen la forma, el tamaño y hasta la configuración estructural muy diversa; pero en todo caso se distinguen tipos comunes de superestructura, los cuales, por lo general tienen correspondencia con las magnitudes de luces que cubren. Por ejemplo, si se trata de salvar luces de corta y mediana magnitud entonces se encuentran puentes de vigas, de arcos y reticulados; y para los casos de luces de gran magnitud corresponden los puentes atirantados y colgantes.

Muchas de las estructuras metálicas para puentes son realmente impresionantes y hermosas obras de Ingeniería Civil, que en buena medida reflejan el grado de desarrollo científico, tecnológico, económico, etc. de aquellas naciones.

A continuación se muestran algunos ejemplos representativos de México, país que no está considerado como avanzado de nivel Europeo o de los EE.UU., sino se encuentra incluido dentro del grupo de países que forman el denominado tercer mundo; pero sin embargo se trata de un país donde la Ingeniería de Puentes está más desarrollada que en el caso del Perú por ejemplo.

La tendencia moderna para salvar grandes luces apunta a diseñar y construir superestructuras atirantadas con gran número de cables pues además de ser hermosas obras de arte, poseen otras bondades de entre las cuales podemos mencionar algunas como: durante la construcción no se mueven miembros estructurales cuyos pesos sean demasiado extraordinarios que requieran equipamiento especializado, tampoco requiere instalaciones temporales como un falso puente; es posible desarrollar ingeniería de detalle en el país que lo requiera. Su desventaja principal es la de requerir mantenimiento especializado en el sistema de cables; también está de que si el terreno de emplazamiento no tiene suficiente capacidad portante la subestructura alcanzaría costos prohibitivos.

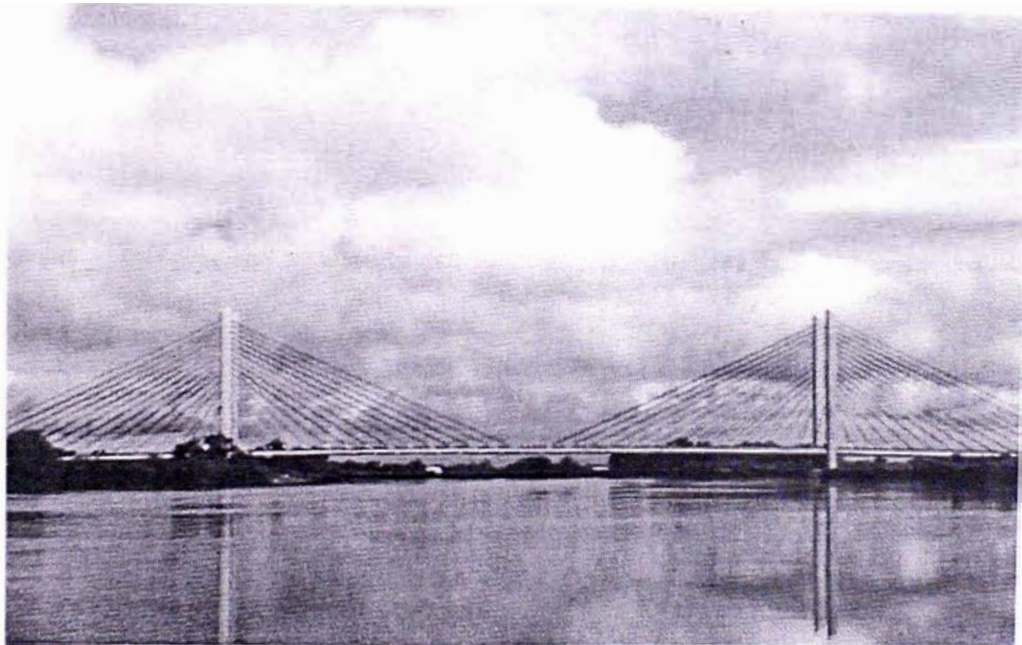


Fig. 1.1 Puente Papaloapán; Superestructura Atirantada; Veracruz, México

A nivel mundial, otro aspecto que resalta por su propio peso se refiere al alineamiento de las carreteras, apuntando en lo posible a grandes trazos rectos en planta intercalados con espirales de transición y curvas circulares de gran radio o en su defecto sólo este último, con ello se busca que las distancias sean lo más cortas dentro de lo posible; este modo de planificar las vías obedece a que es posible lograr grandes ahorros representados por el menor gasto en combustible, menos desgaste del parque automotor, reducción de las horas-hombre desperdiciadas, reducción de accidentes y otros; los cuales tienen mayor peso contra las grandes inversiones iniciales.

Como consecuencia directa surge la necesidad de salvar luces que combinan alturas y longitudes, respecto a los cuales el ingeniero estructural evaluará el orden de magnitud conjuntamente con las características geotécnicas del suelo de cimentación,

disponibilidad de materiales en la zona, entre otros para escoger el tipo de puente más apropiado.



Fig. 1.2 Construcción Puente La Galera; Superestructura Continua de Vigas Postensadas Pre-Fabricadas; Veracruz, México

Otro caso más moderno y reciente es del puente Akashi Kaikyo, ubicado en Japón, inaugurado el año 1998, y se trata de una estructura colgante de acero de 1990 m de luz libre, con lo cual pasa a ser como el más grande de su tipo en el mundo.

En los párrafos siguientes se desarrolla en forma breve el estado actual concerniente al diseño, fabricación y sistemas de contratación de las estructuras metálicas para puentes en los países desarrollados.

1.2.1.2 Diseño

Se usan los arcos atirantados tanto para puentes de carreteras como puentes de ferrocarril con tableros de acero ortotrópico. La erección por lanzamiento permite que la soldadura de campo sea realizado sin interferir con el tráfico; vigas cajón, abiertos y cerrados, son más evidentes en Europa y Japón que en los EE.UU. seguido de la estandarización de detalles de diseño semejantes como la instalación de atiesadores y accesorios sobre un lado de las planchas para permitir la automatización en la fabricación de vigas sección I o cajón.

A lo largo de Europa, la metodología de diseño en uso es sobre la base de factores de carga y resistencia (LRFD). Japón continúa usando el diseño de esfuerzos admisibles (ASD), y la fatiga no es considerada actualmente en el diseño de puentes de carreteras.

La tendencia mundial con respecto a los puentes de armadura metálica reticulada es la de utilizar tipos cuyo arreglo de los miembros sea tal que el comportamiento estructural de la armadura en servicio sea cada vez lo más óptimo posible, como resultado están surgiendo armaduras reticuladas con las cuerdas rectilíneas y paralelas, con diferentes

calidades de acero que son colocados en zonas que tienen correspondencia directa con el nivel de resistencia de cada tipo; por lo cual van quedando en desuso las armaduras cuya configuración del peralte de la estructura era variable o tenían forma de “carpa de circo”. Además el arreglo de los miembros de la armadura sigue la tendencia de lo sencillo, eliminando las montantes y quedando solamente los miembros diagonales.

Dentro de la tendencia de optimizar cada vez más el comportamiento estructural, también se destaca el aspecto de que el sistema del tablero trabaje en forma conjunta con las armaduras reticuladas, por ejemplo, colocando vigas longitudinales debajo de la losa de concreto y éstas a su vez se apoyan sobre las vigas transversales; de este modo, el sistema del tablero ya no se considera como simplemente apoyado sobre las vigas transversales sino que trabaja en forma conjunta con la estructura reticulada completa.

Por otra parte, se procura también que todos los empalmes y conexiones de los elementos y miembros para ser ejecutados en el taller sean totalmente soldadas y las conexiones de los miembros para ser ejecutados en campo sean mediante pernos de alta resistencia, aunque esta metodología es bastante antigua y aceptable, en la actualidad también se está tomando en consideración a lo largo de Europa y Japón los empalmes soldados de campo como una alternativa de diseño aceptable.

1.2.1.3 Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM)

Los fabricantes de los países avanzados utilizan ampliamente los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y el software de Manufactura Asistida por Computadora (CAM). Estos sistemas también incluyen el modelamiento de la estructura metálica del puente en 3 dimensiones para verificar las situaciones del ensamblaje de campo y chequeos de la elevación. El software que utilizan generalmente los adquieren de proveedores particulares o en caso contrario es desarrollado por ellos mismos, pero en la actualidad ninguno de los paquetes de software está completamente integrado, es decir, todavía no existe un software que integre en forma directa el diseño de ingeniería con la manufactura en el taller, además los resultados de algunos paquetes son ingresados manualmente en el próximo paquete.

La generación de una representación digital de la estructura es crucial en un moderno taller de fabricación; la información es usada para verificar la geometría de entrada a la vez que simultáneamente se produce la fabricación con datos de control numérico. Los datos de control numérico por computadora (CNC) son enviados directamente a la máquina usando una red local.

Sistemas totalmente integrados son planeados y el desarrollo cooperativo entre fabricantes parece deseable; los detalles de dibujos de taller son innecesarios en los talleres automatizados modernos, y eventualmente éstos dibujos también son innecesarios para los chequeos dimensionales ya que se pueden identificar las desviaciones en el dibujo por computadora para revisión por el propietario. La exactitud de los piezas fabricadas reduce la necesidad del ensamblaje en taller y permite hacer el ensamblaje virtual basado en las dimensiones reales de los miembros y procesados con el programa de modelamiento tri-dimensional. Una de las metas de prioridad más altas de los EE.UU. y los fabricantes de vanguardia en el resto del mundo es el desarrollo de un paquete de software para Computadora Integrado a la Manufactura (CIM).

1.2.1.4 Registro Automatizado

El registro automatizado de fabricación es empleado por algunos de los fabricantes de éstos países, como por ejemplo, la automatización de la inspección ultrasónica registrada digitalmente es empleado en el taller y campo en Japón; sin embargo, este sistema todavía está en su inicio y su fiabilidad no se ha establecido.

Varios sistemas de medida geométrica son empleados por los fabricantes para determinar la conformidad de la geometría de la estructura, utilizando para ello desde un simple equipo de topografía digital hasta el más sofisticado Sistema de Prueba de Ensamblaje por Computadora (CATS) que mide la estructura y compara con la geometría generada en el dibujo por computadora y el sistema de manufactura. El ensamblaje virtual proporciona un registro geométrico completo de la estructura, y proporciona detalles e información que reducen los costos de control de calidad conducidos por el propietario. Existe aceptación en varios grados por parte de los usuarios en éstos países respecto al ensamblaje de taller virtual, siendo del orden de 10 a 20% en Japón e Italia hasta la mayoría de la fabricación en Alemania e Inglaterra.

1.2.1.5 Aceros de Alto Rendimiento y Sistemas de Protección

Los aceros usados para puentes alrededor del mundo o son gobernados por las especificaciones del país individual o por los códigos Europeos o Americanos. Los niveles de resistencia a la fluencia son muy similares a aquellos usados en EE.UU. y 50 ksi es el grado de calidad de resistencia más común excepto en Alemania dónde se usa el grado 36 ksi de calidad de resistencia. Todos los países tienen una calidad de acero en el rango entre 65 a 70 ksi e informan el interés creciente en su uso. El proceso de control térmico-mecánico (TMCP) se usa en éstos países para los niveles de resistencia superiores y se usa agresivamente en Japón para mejorar la soldabilidad y dureza. El proceso de templado y recocido (Q & T) es usado para aceros de 70 a 100 ksi, aunque aceros de mayor calidad que 70 ksi raramente se usan. El curado del acero se usa en todos los países avanzados y hay iniciativas para aumentar su uso. Japón ha desarrollado varias nuevas aleaciones de acero superiores denominados "costeros" que curan para las áreas cerca de la costa.

Los sistemas de protección contra los efectos nocivos de la corrosión sobre las superficies expuestas de los miembros estructurales de acero, corresponden generalmente a los sistemas de pintura epóxica con imprimantes ricos en zinc y en otros casos el sistema de poliuretano, siendo este último más vistoso y más caro, pero encuentra compensación con sus propiedades de mayor durabilidad y resistencia en ambientes severos, así como, de menor necesidad de trabajos de mantenimiento durante el lapso de su vida útil el cual se estima en aproximadamente 20 años.

Para el caso del Reino Unido la situación es diferente en cuanto al uso de la metalización de aluminio en lugar del imprimante rico en zinc.

1.2.1.6 Habilitación y Soldadura

La soldadura de campo en Europa y Japón no está solamente considerado para ser una alternativa aceptable a las conexiones empernadas, pero en algunos países sólo se permite un único método de unión. Los resguardos adjuntos son empleados para permitir el uso de soldadura protegido con gas (GMAW, el FCAW-G, EGW). La soldadura de campo de alas emplea EGW automatizado, FCAW-G o GMAW-P. La soldadura de campo de alas usa SAW o GMAW automático. Es predominante que la

soldadura de taller y campo sea con procesos protegidos con gas electrodos sólidos y alambres de metal ahuecado y núcleo de flujo. Estos procesos son empleados en soldadura semiautomática, automática y robótica por la mayoría de fabricantes Japoneses y Europeos.

Los beneficios que resultaron de tal uso incluyeron alta producción, índices más bajos de rechazo y depósitos de soldadura con hidrógeno bajos. Soldadura a través de un cebador especial con soldadura de núcleo de flujo es usual en Japón. Pre-calentamiento no es empleado en la mayoría de los talleres. La necesidad para pre-calentar fue eliminado por el uso de aceros con contenido bajo de carbono y baja equivalencia de carbono, en adición al uso de bajo hidrógeno y procesos de entrada de calor altos. Todos los fabricantes emplearon los robots para soldar atiesadores y otras ataduras de planchas para sujetar almas de vigas y almas de vigas tipo cajón y alas.

También se usan los robots para algún corte y rebajo de esquina donde sea necesario. Una nueva técnica de alta velocidad desarrollada en Japón que mantiene un seguimiento de la soldadura de arco por robots que refuerzan los cordones de soldadura. La soldadura de alta deposición unilateral con barras de soporte cerámicos son usados para las soldaduras de ranura en almas y alas delgadas tanto en el taller como el campo; este método elimina el volteo de planchas y acanalado posterior para seguir soldando.

Los inspectores del propietario normalmente sólo intervienen en los talleres al principio del trabajo y al final. La inspección radiográfica es de amplio uso en Alemania, mientras Japón usa la inspección ultrasónica para la mayoría de las soldaduras. Las calificaciones de procedimiento generalmente son aceptadas por todos los propietarios por tiempo indefinido. La acreditación ISO 9001 es aceptado por los propietarios como la prueba que los procedimientos de control de calidad del fabricante son adecuados, de modo que los propietarios no requieren contratar inspectores de estilo tradicional.

Es de uso extenso el doblado en frío de los componentes antes y después de soldar para mantener la rectitud deseada; el corte de planchas de acero por Láser está extendida ampliamente en Japón. Todos los fabricantes usan equipo de corte controlado numéricamente que usa láser, plasma, o antorchas de oxígeno-combustible. Las plantas muy automatizadas en Japón son fijas para hacer las vigas cajón rectangulares con alas y almas atiesadas. Estas cajas se fabrican en secciones cuyas longitudes de envío son cortas debido al peso y a las restricciones dimensionales.

1.2.1.7 Contratación y Certificación

Todos los fabricantes de los países denominados avanzados tienen certificación ISO 9001. Los clientes aceptan este acreditamiento y no tienen el gasto de sus propios inspectores en los talleres. En la mayoría de los países el contrato con el fabricante incluye fabricación y responsabilidad por el montaje de la estructura. Este tipo de contrato elimina el conflicto entre el fabricante y montajista concerniente al ataque y daños en la pintura, además de anular cualquier excusa para evadir responsabilidades, intentos de sobre costo, entre otros. Esto permite al fabricante escoger entre las alternativas de si va o no va ensamblar en taller el cual es requerido para determinar el método más eficaz de montaje. A menudo el montajista es un sub-contratista del fabricante.

El método de contratación sugerido para probarse en los EE.UU. es aquel que podemos denominar en primera instancia como Diseño-fabricación-financiación-operación y transferencia de proyectos, que actualmente es favorecido en el Reino

Unido. Pagos parciales para materiales y fabricación son típicamente incluidos en los contratos para los proyectos grandes en Japón y Alemania.

1.2.2 EN EL PERU

1.2.2.1 Generalidades

Por otro lado, en el Perú los puentes que están distribuidos en la red de carreteras del territorio nacional también son de diversos tipos, tamaños, configuración estructural, edades, etc.; las estructuras metálicas las encontramos como vigas de alma llena o vigas sección cajón, reticulados de cuerdas rectas o en arco, colgantes de una vía o de dos vías y del tipo atirantado que dicho sea de paso solo existe uno a nivel nacional.

El planeamiento, diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, demolición, y en general todo aspecto relacionado con la gestión de los puentes en el Perú se encuentra a cargo de la Dirección de Puentes del Ministerio de Transportes Comunicaciones, Vivienda y Construcción; dicha Entidad con la autoridad que tiene está llamada a propiciar el desarrollo de la Ingeniería de Puentes en nuestro país, como por ejemplo, impulsando la elaboración definitiva de especificaciones estándar para el diseño, construcción, mantenimiento, reparación, reforzamiento, etc de las diferentes estructuras o tipos de puentes que se ubican en todo el territorio nacional que abarca diferentes zonas geográficas con temperaturas, humedades, tipo de suelo, comportamiento de los ríos, volumen de tráfico y otros factores también diferentes, que pueden ser complejos y delicados a la vez; esta razón es suficiente para recoger y sistematizar toda la información disponible, asimilar aquellos que han sido mejor desarrollados en otros países, y producir documentos únicos que no pueden ser otra cosa que Reglamentos, o guías orientados a temas específicos con propiedades de legalidad a fin de ser usados ampliamente. Esto no quiere decir que dicha Entidad estatal se ocupe directamente del asunto sino fundamentalmente administre su elaboración.

A falta de Reglamentos completos y coherentes con nuestra realidad nacional, se dan situaciones incorrectas, como por ejemplo, para el diseño de miembros estructurales de puentes se adoptan las especificaciones de la AASHTO, pero para la carga viva de diseño se toma la denominada C-30 del reglamento Francés, obteniéndose como producto final estructuras robustas y por ende más caras.

1.2.2.2 Tipos de Estructuras Metálicas

A continuación se describen en forma breve cual es la situación de las estructuras metálicas para puentes en el país.

1.2.2.2.1 Sección Compuesta

En nuestro medio los puentes de sección compuesta generalmente son diseñados con (04) cuatro vigas metálicas sección I, que trabajan estructuralmente en forma solidaria con la losa de concreto; tal forma de concebir una superestructura es relativamente aceptable, pero es posible optimizar aún más el diseño considerando la participación de solamente dos vigas de acero con resistencia a la fluencia de 50 ksi, y consecuentemente el peso final es menor que si fuera de cuatro vigas de acero grado 36 ksi; obteniéndose con ello menores costos de construcción por el concepto de suministro de acero estructural.

Los puentes con estructuras metálicas de vigas de alma llena o vigas sección cajón son manufacturados por secciones parciales con planchas soldadas en taller y luego empalmadas éstas mismas secciones en obra mediante soldadura, siendo éste el método usual para la mayoría de los casos; las vigas y la losa del tablero funcionan como sección compuesta, a modo de ejemplos tenemos, a la ampliación del Puente Primavera ubicado en la Panamericana Sur en el cruce con la Av. Primavera. En la carretera Iquitos-Nauta existe un puente con superestructura metálica sección cajón y tablero ortotrópico, el cual dicho sea de paso es único de su género en el Perú.



Fig. 1.3 Nuevo Puente Cayumba; Superestructura Postensada Gerber con Tramo Central Mixto; Dpto. de Huanuco

1.2.2.2 Armaduras Reticuladas

Los puentes de armaduras reticuladas por lo general se encuentran en las carreteras fuera de las áreas urbanas de las ciudades salvo algunas excepciones; de entre los cuales podemos distinguir los reticulados tipo MAN de procedencia Europea con presencia en el Perú desde los años 50 y 60 como son los casos de los puentes Carrizales y Virú constituidos por tres tramos simplemente apoyados de 33 m de luz cada uno, ubicados en la Panamericana Norte; también se incluye a la armadura reticulada tipo arco del puente San Félix de 110 m de luz libre ubicado en la carretera Tarma-La Merced. Todas éstas estructuras metálicas y otras más, no obstante el tiempo transcurrido hasta la fecha, se mantienen en servicio aún cuando las cargas por eje que transmiten los vehículos han sufrido aumento progresivo.

Durante el último quinquenio los puentes citados anteriormente fueron rehabilitados por el MTC con resultados buenos a la vista de todos; la rehabilitación fue relativamente similar en los casos del puente Virú y San Félix consistiendo en la limpieza y repintado de la estructura metálica, reducción de la carga permanente por la losa de concreto existente ($e = 0.20$ m) reemplazándola por un tablero de menor peso el cual está formado por una losa de concreto de menor espesor que el original pero que trabaja como sección compuesta con un sistema de viguetas livianas adicionales y paralelas al sentido del tráfico. Para el caso del puente Carrizales la losa de concreto original ($e =$

0.22 m) fue reemplazada por otra de menor espesor ($e = 0.18 \text{ m}$) pero de mayor calidad de concreto.

En resumen, en todos los casos anteriores las estructuras metálicas originales se mantuvieron con su configuración original pero se redujo el peso de carga permanente para que la estructura soporte mayor carga viva que la originalmente prevista en su diseño.



Fig. 1.4 Puente San Félix, Reticulado en Arco; ubicado en la Carretera Tarma – La Merced

En la red vial nacional también existen algunos que son de tipo Waagner Biro (Austria), y la gran mayoría del resto está constituido por los puentes tipo SIMA; en general todos muestran un comportamiento estructural aceptable a pesar de que en muchos casos los trabajos de mantenimiento brillan por su ausencia desde hace muchos años.

También encontramos estructuras de puentes diseñados para prestar servicio público en forma temporal solamente como los tipos Bailey y Mabey, pero que en nuestro país se les utiliza por tiempo indefinido fatigándolas y poniendo en riesgo la integridad de los usuarios. Tales estructuras son relativamente livianas con tableros que pueden ser de acero ortotrópicos o de madera.

1.2.2.3 Colgantes

La gran mayoría de los puentes colgantes son importados de estructura metálica, de tipo Waagner Biro, pero existen en menor cantidad desde los años 50 algunos puentes de una sola vía de tráfico de fabricación nacional; todos ellos son utilizados en la gran mayoría de los casos en zonas de selva cruzando quebradas profundas o ríos caudalosos o de gran amplitud en su anchura.

Desde hace algunos años atrás, los puentes colgantes antiguos en servicio vienen siendo reemplazados por otros de mayor capacidad y de dos vías de tráfico como son los casos de los puentes Aguaytía e Inambari en los Dptos. de Ucayali y Madre de Dios respectivamente.

Este tipo de estructura metálica tiene buen rendimiento estructural por los ejemplos de nivel mundial para un rango de luces libres que superan los 300 m hasta los 2000 m, pero en nuestro medio el rango es menor desde los 110 m hasta los 200 m., los motivos son muchos con razón o sin razón, pero desde mi punto de vista mucho tienen que ver los funcionarios del MTC quienes no necesariamente son especialistas en la materia pero por las atribuciones que les confiere el cargo que ocupan toman decisiones de alcance nacional.

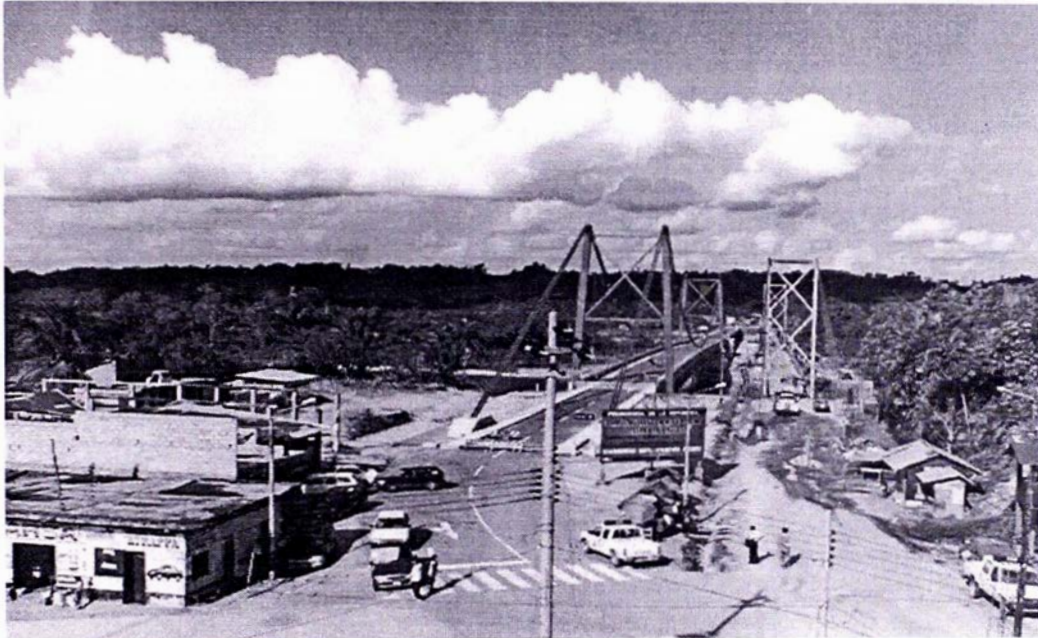


Fig. 1.5 Nuevo Puente Aguaytía; Colgante Tipo Waagner Biro
Luz Principal = 200 m.

1.2.2.2.4 Atirantados

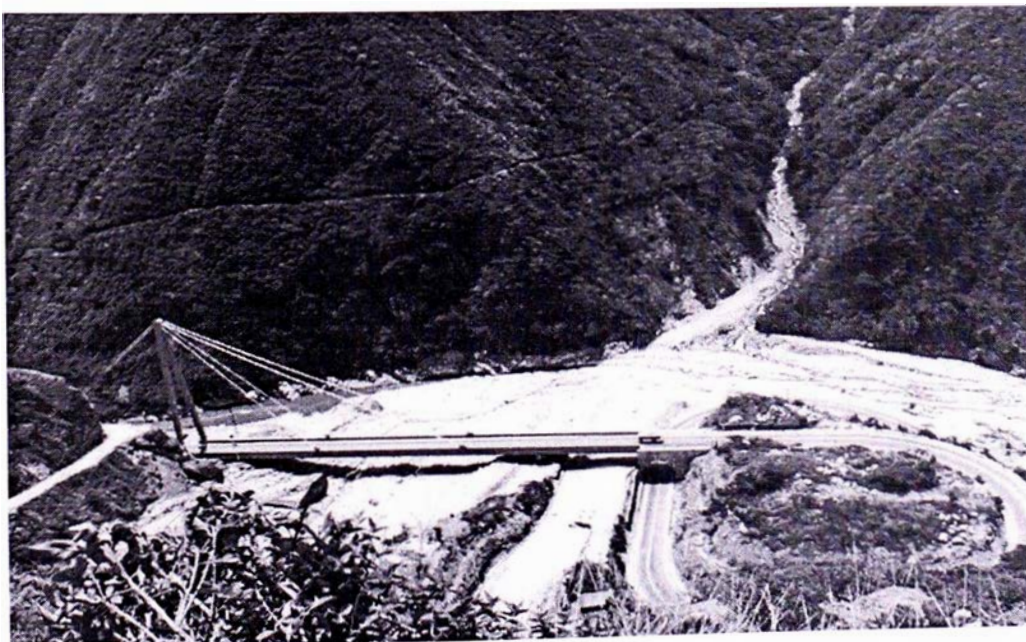


Fig. 1.6 Puente Yanango, Atirantado Tipo Waagner Biro
Luz = 150 m

El puente Yanango de 150 m de luz libre, ubicado en la carretera Tarma-La Merced en el Departamento de Junín, se constituye como el único representante del tipo atirantado, la estructura metálica fue importada de Austria en el año 1980 y fue puesto en servicio recién el año 1998; esta situación y la de algunos puentes colgantes que fueron comprados durante esa época pero sucede que hasta la fecha siguen guardados, y en casos aislados en forma precaria; son ejemplos que revelan deficiencias a la hora de administrar el gasto público.

La superestructura corresponde a un modelo estructural de primera generación ya que éste dispone de ocho cables helicoidales que sostienen directamente al tablero, mientras que los modernos o de última generación para la misma luz libre constan de mayor número de cables y de menor diámetro en la sección transversal. Este cambio cualitativo es acertado y lo hace aún más competitivo todavía, ya que hace posible prescindir de un sistema de falso puente durante el montaje, cualidad que es muy valiosa para salvar quebradas profundas o ríos caudalosos. Durante el montaje del puente Yanango se requirió la participación de un falso puente consistente en un sistema de torres de soporte distribuidas discretamente.

Actualmente el puente Yanango se encuentra en una situación de vulnerabilidad por la gran cantidad de materiales sólidos (piedras y lodo) que son arrastrados por la quebrada del mismo nombre durante la época lluviosa, la que a decir de las personas que viven en la zona, observan que cada vez el volumen de arrastre que ven pasar es mayor; de seguir acrecentándose la magnitud de este fenómeno es potencialmente probable que en algún momento dado la masa de lodo y piedras impacte directamente contra las vigas de la superestructura del puente cuyas consecuencias directas serían daños de consideración pero de magnitud desconocida actualmente.

Pienso que las condiciones están dadas y que lo que puedan hacer en adelante las Entidades públicas por ser de su competencia, es estudiar el caso que incluya toda el área de influencia de la quebrada y tomar acciones de control, prevención o mitigación de desastres.

1.2.2.3 Fabricación de Estructuras Metálicas

De todos los tipos de estructuras metálicas para puentes descritas líneas arriba, en el Perú se fabrican vigas de alma llena o sección cajón, reticulados y modulares; siendo los dos primeros casos, relativamente los más sencillos de realizar en los talleres de metal mecánica de nivel medio; la calidad de la fabricación muchas veces depende del conocimiento, habilidad, destreza y equipos que tenga el fabricante.

Las estructuras reticuladas y modulares que requieren mayor Ingeniería de Detalle se realizan en talleres de mayor nivel entre los cuales destaca por su envergadura, organización tecnológica y administrativa, los talleres de metal mecánica del Servicio Industrial de la Marina (SIMA), que hasta los primeros meses del presente año ha fabricado una cantidad total de 137 puentes metálicos.

En el Perú, aún no se fabrican puentes colgantes o atirantados metálicos de primera calidad, esto es debido principalmente a los usos y costumbres de los profesionales o Entidades del Estado que prefieren al concreto antes que al acero estructural por no estar familiarizados con este material o por prejuicios derivados del desconocimiento de los trabajos en acero, o tal vez por que no están dispuestos a invertir en equipamiento y capacitación tecnológica, ya que a modo de ejemplo, resulta más fácil y menos costoso capacitar un albañil que un soldador calificado.

Es fácil imaginarse que la sobre oferta de personal no calificado que existe en el mercado laboral nacional, sumado a la poca inversión requerida, ha sido una de las causas principales para el mayor desarrollo de construcción en concreto comparada con la de acero que, si bien requiere mayor inversión y personal más calificado, en cambio genera una buena base para un mayor desarrollo tecnológico e industrial.



Fig. 1.7 Puente Pilcomayo ubicado en el Dpto. de Junín

1.2.2.3.1 Materiales

En la fabricación de estructuras metálicas para puentes en el Perú se utilizan con mucha frecuencia el acero estructural A36 o los aceros de producción nacional SIDER PG-E24 y PG-E35 ya que la gran mayoría de los proyectos considera éstas calidades por la disponibilidad inmediata en el mercado aunque no siempre es así; el metal de aporte para la soldadura esta constituido por electrodos para el proceso SMAW y alambres para el proceso GMAW o MIG MAG.

1.2.2.3.2 Habilitación de Planchas de Acero y Soldadura

Las planchas de acero son cortadas en el taller a las dimensiones requeridas mediante chorro de oxígeno de proceso semiautomático o manual; mientras que la habilitación es llevada cabo en forma semiautomática y para la corrección de defectos aislados en los bordes se emplea esmeril; para corregir piezas ligeramente alabeadas se recurre al método de enderezado en frío, y en caliente si es necesario

Para las soldaduras, tiene amplia difusión el proceso SMAW y en menor escala pero creciente cada vez más los procesos GMAW y SAW de aplicación manual todos ellos aunque el método semiautomático también se dá pero depende bastante de la capacidad tecnológica instalada en el taller de un fabricante en particular.

1.2.2.3.3 Control de Calidad

Los cordones de soldadura son inspeccionados durante su ejecución mediante tintes penetrantes y luego de acabado prosigue la inspección radiográfica; este último método casi siempre es aplicado siguiendo criterios de menor gasto, antes que seguir las especificaciones y recomendaciones que da el reglamento ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code para tipo de junta soldada.

Las pruebas de ultrasonido y de partículas magnéticas son realizadas si el cliente los exige.

El control dimensional es manual y directa haciendo uso de herramientas, instrumentos y equipos de topografía. Las diferencias entre los valores reales y los de diseño son comparados con las tolerancias que han sido elaboradas y establecidas para otras estructuras que no son puentes, calderas por citar un ejemplo.

1.2.2.3.4 Ensamblaje en Taller

El ensamblaje en taller es un procedimiento de ingeniería correcto pero sólo es realizado si el cliente lo solicita y existe suficiente espacio con el equipamiento auxiliar para manipulación de los miembros estructurales, caso contrario es ejecutado en campo en el sitio de montaje definitivo.

1.2.2.3.5 Sistemas de Protección

El sistema de protección de estructuras metálicas de puentes está constituido por revestimientos de pintura epóxica con imprimantes ricos en zinc; la elección del sistema está correcto, pero en el espesor de película mas no siempre es así, por cuanto es posible de caer en el error de aplicar los espesores mínimos especificados en el contrato sin atender que el producto que ofrece el fabricante de la pintura no siempre cumple con este requerimiento.

1.2.2.3.6 Contratación

Por lo expuesto en líneas generales en los párrafos anteriores se desprende una conclusión por peso propio, y está referido a que el cliente siempre tendrá que contratar servicios de inspección o supervisión, ya que no existe seguridad alguna de que un fabricante en particular cumpla con ejecutar su trabajo con la calidad especificada en los reglamentos ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code, AASHTO-96 y AISC; esto debido a que en nuestro país no se disponen de reglamentos de ese tipo.

Para la ejecución de estructuras metálicas de puentes el MTC contrata el diseño por servicios de consultoría, luego en forma independiente la fabricación y montaje por el sistema de "Precios Unitarios" o "A Suma Alzada" ; sólo en algunos casos aislados se contrató mediante el sistema de "Llave en Mano" , es decir, los contratistas ofertan el diseño y la construcción completa en función a los términos de referencia que suministra el cliente, y gana aquel que acumula mayor puntaje.

1.2.2.4 Consideraciones Preliminares para el Diseño de Puentes

Cuando se diseña un puente siempre se tendrá en cuenta que se trata de una estructura que estará en servicio durante mucho tiempo con una vida útil de aproximadamente 100 años, lapso durante el cual estará sometido a la acción de las

cargas móviles, corrosión en los períodos húmedos, degradación de la pintura de protección por acción de los rayos ultravioleta del sol, cambios de temperatura, eventuales colisiones de vehículos, fuerzas sísmicas, huaycos, fenómenos de socavación causados por caudales de avenidas extraordinarias en los ríos, licuación de suelos y otros más; aspectos todos ellos que son tratados sobre la base de las especificaciones de los reglamentos de diseño al tiempo que se trabaja con los modelos de anteproyecto.

En nuestro país los anteproyectos son desarrollados sobre la base de los resultados que se van obteniendo luego de la ejecución de los trabajos de campo de los Estudios Básicos concernientes a topografía, geotecnia, hidrología, exploración de canteras, fuentes de agua, captación de información relativa al comportamiento de la quebrada o río, conteo y clasificación del volumen de tráfico y otros más que son de carácter secundario; entonces mucho dependerá de la calidad de la información que proporcionen éstos estudios para obtener el diseño definitivo de ingeniería. A modo de ejemplo, los planos de topografía deben mostrar claramente los bordes máximos históricos alcanzados por los ríos más allá de las riberas ordinarias o naturales así como sus respectivas cotas absolutas; los parámetros de geotecnia deben ser obtenidos a partir de ensayos y no sencillamente extraídas de los libros; en hidrología pienso que hasta la fecha en el Perú todavía no se ha logrado estandarizar la metodología de cálculo que arrojen resultados confiables, ya que muy probable que si más de un especialista estudia un caso en particular los resultados que obtengan serán diferentes y tal vez no aproximados.

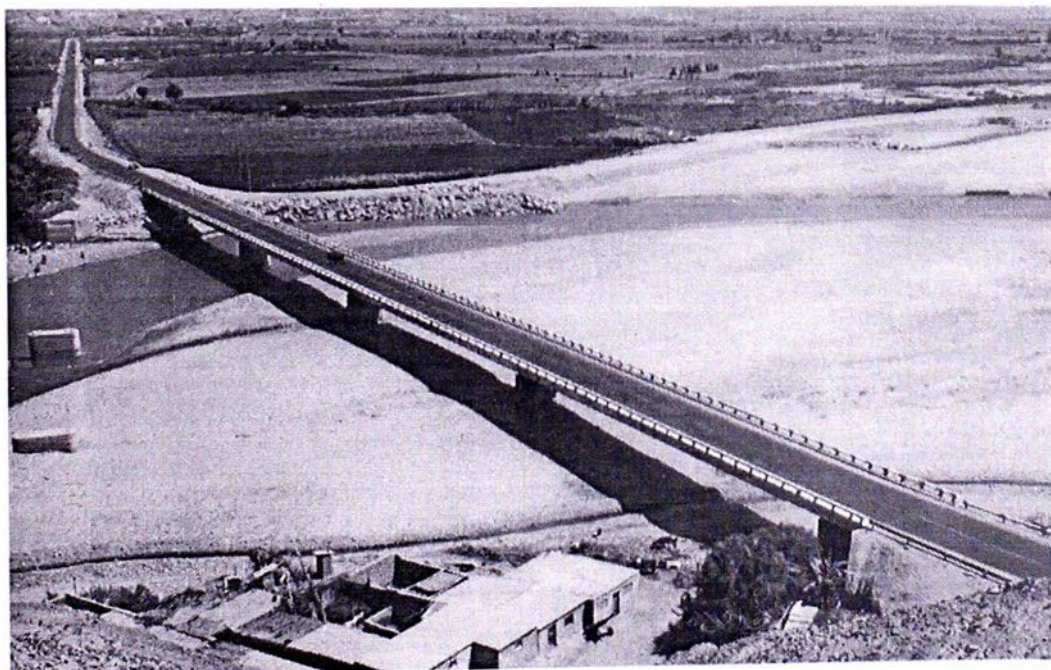
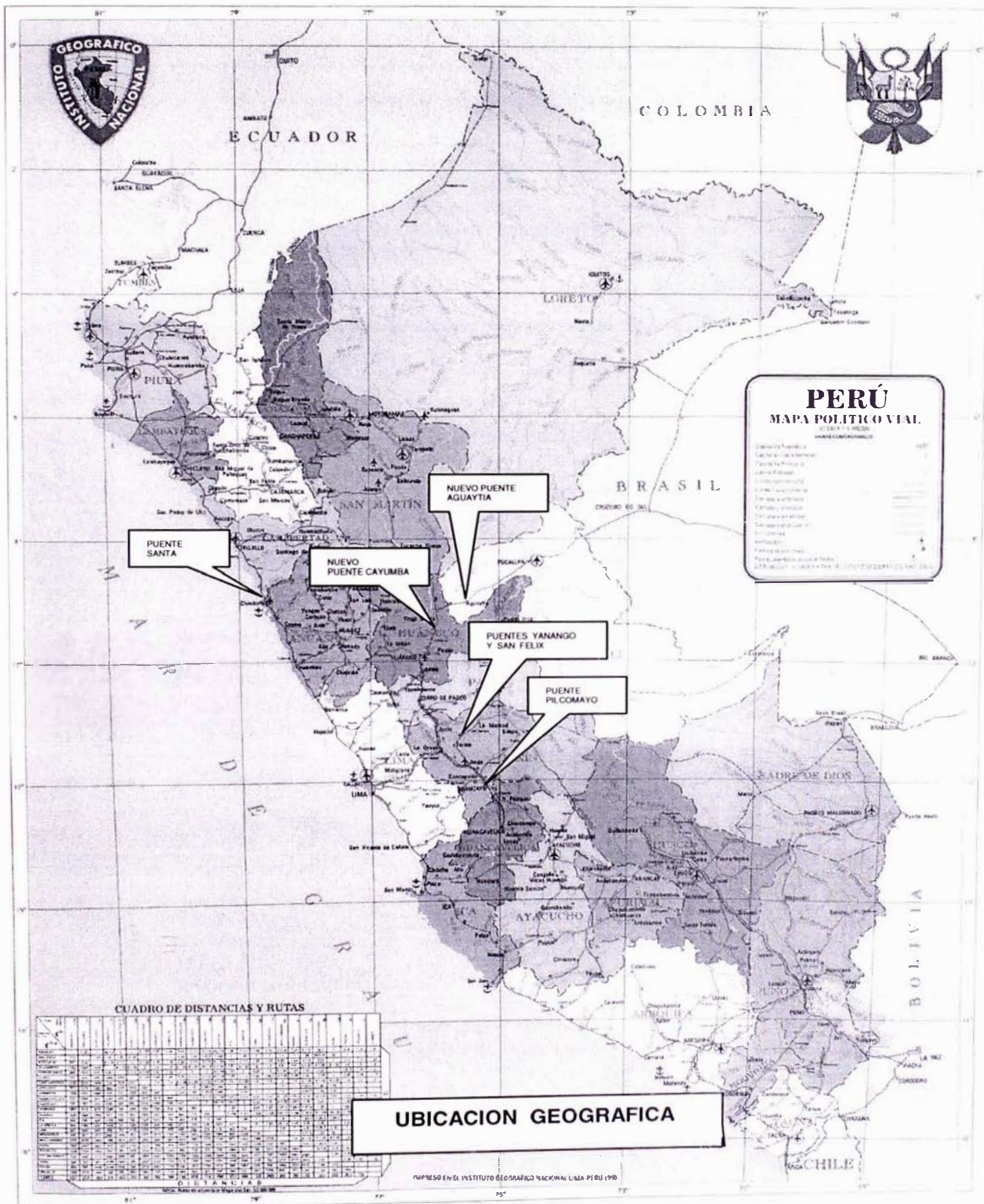


Fig. 1.8 Puente Santa; Concreto Postensado Continuo, ubicado en el Dpto. de Ancash; la longitud del puente es correcta pues respeta el ancho natural del cauce del río Santa.

En muchas oportunidades se ha podido observar que la longitud de puente que recomienda el estudio hidrológico es menor que el ancho máximo ordinario del río, esto es muy extraño o el conocimiento del comportamiento del río es imperfecto o no se le dá la seriedad debida; como ejemplo tenemos muchos puentes en el norte peruano que fallaron durante la época del fenómeno del niño, muchos de ellos por la socavación

acrecentada por la reducida longitud de los puentes, por citar algunos tenemos: Carrasquillo y Simón Rodríguez en Piura; Bocapán y Bolsico en Tumbes; Tocaroro, Pueblo Nuevo y Coton en La Libertad.



1.3 FICHA INFORMATIVA

A. GENERALIDADES

- A.1 Obra** : Fabricación de la Estructura Metálica Reticulada
Puente Santo Cristo
- A.2 Lugar de Montaje Definitivo** : Carretera Quiches - Puruhuay, Km 24+080,
Provincia de Sihuas, Departamento de Ancash

B. INFORMACION TECNICA

B.1 De la Estructura Metálica

- Tipo : Warren Modificado
Luz Libre : 80.0 m
Peso Neto : 214.205 Ton
Tipo de Tablero : Mixto, con vigas transversales y longitudinales
con conectores de corte tipo canal, y losa de
concreto armado de $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$
- Uniones en Gral. : Empernadas
- Materiales**
- Elementos en Gral. : Acero $f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$
Nudos y Apoyos : Acero $f_y=3500 \text{ kg/cm}^2$
Elementos de Unión : Pernos de Alta Resistencia, calidad ASTM A-325
Soldadura : Conforme a las Especificaciones ANSI/AASHTO/AWS
D1.5 Bridge Welding Code
Sist. de Protección : Epóxico

B.2 Del Contrato de Adquisición

- Contratista : METAL CALLAO Contratistas Generales S.A.
Contrato N° : 203-96-MTC/15.09.DIA
Monto Contratado : U.S. \$ 395,532.80 (30/12/96, T.C.=2.621)
Adelanto en Efectivo : U.S. \$ 197,766.40 (28/05/97, T.C.=2.667)
- Plazo : 160 días calendario (ampliado)
Inicio : 28 de Mayo de 1,997
Término : 04 de Noviembre de 1,997

B.3 De la Supervisión

- Supervisor : JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.
Contrato N° : 168-97-MTC/15.17

1.4 MEMORIA DESCRIPTIVA

La Estructura Metálica Reticulada del Puente Santo Cristo se asemeja a una estructura de armaduras tipo WARREN de tablero inferior, cubre una luz libre de 80.0 m., con una calzada de 7.20 m de ancho para el paso vehicular; los miembros estructurales que la componen son: cuerdas paralelas (superior e inferior), diagonales, montantes, vigas transversales, viguetas longitudinales, arriostres superior e inferior. La conexión entre miembros será mediante pernos de alta resistencia.

También cuenta con elementos accesorios como: aparatos de apoyo fijo y móvil, juntas de dilatación, barandas y tubos de drenaje.

La losa es de concreto de 0.16 m. de espesor, reforzado transversalmente a la dirección del tránsito, apoyado sobre viguetas longitudinales que están espaciadas cada 1.90 m. y éstas a su vez se apoyan en las vigas transversales. La losa está diseñada para trabajar como sección compuesta con las viguetas longitudinales y vigas transversales mediante conectores de corte tipo canal mostrado en los planos correspondientes.

El Reglamento utilizado por el Proyectista fue la AASHTO de 1992, el diseño de los miembros estructurales se llevó a cabo mediante el método denominado LFD (Load Factor Design), siendo la carga viva de diseño la C-30 del Reglamento Francés; los pernos de alta resistencia, así como los aparatos de apoyo fueron verificados por el método ASD (Allowable Stress Design) o de esfuerzos admisibles.

En resumen, las características geométricas de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo son:

• Tipo de Estructura Metálica	:	Reticulado
• Luz libre	:	80.00 m.
• Separación entre Armaduras Reticuladas	:	8.73 m.
• Separación entre cuerdas	:	8.50 m.
• Vigas Transversales	:	15 @ 5.714 m
• Viguetas Longitudinales	:	4 @ 1.90 m.
• Ancho de Calzada	:	7.20 m.
• Espesor de Losa de Concreto (f'c = 245 kg/cm ²)	:	0.16 m.
• Veredas	:	0.55 m. c/lado.

1.5 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las especificaciones técnicas para la fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo, proporcionan con mayor detalle los requerimientos mínimos que debe satisfacer la estructura metálica luego de fabricada; tales especificaciones están referidas principalmente a los materiales, al proceso de control de calidad durante la fabricación, tolerancias y por último las consideraciones que serán tomadas en cuenta para la elaboración del plan de montaje de la estructura metálica en el lugar designado para el servicio público; la experiencia demuestra que la estructura sufre grandes riesgos, precisamente durante este proceso.

1.5.1 Materiales

A continuación, se da cuenta de los requerimientos de calidad de los materiales, dejándose en claro que el suministro de los mismos son acompañados con los correspondientes Certificados de Calidad.

1.5.1.1 Planchas, Perfiles y Tubos de Acero

La calidad requerida para las planchas de acero estructural son:

- AASHTO M 270 Grado 36, o EC-24 de SIDERPERU.
- AASHTO M 270 Grado 50, o EC-35 de SIDERPERU, calidad requerida en los nudos de conexión, aparatos de apoyo y donde lo indiquen los planos.
- Los perfiles angulares laminados requeridos para las barandas son de calidad ASTM A-36.
- Los tubos de drenaje a ser instalados en la losa de concreto son de calidad ASTM A-53, SCH-40.

1.5.1.2 Soldadura

Los electrodos de soldadura serán los apropiados a la técnica de aplicación de la soldadura como: SMAW, SAW, GMAW, FCAW, ESW y EGW ; en todo caso estarán en conformidad con las especificaciones prescritas en ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

1.5.1.3 Pernos de Alta Resistencia

Siendo las conexiones y empalmes entre los miembros de la estructura metálica reticulada, empernadas del tipo fricción, entonces se emplearán Pernos de Alta Resistencia de calidad ASTM A-325 o similar.

1.5.1.4 Pintura

Previo a la aplicación del recubrimiento de pintura los miembros y elementos estructurales completamente terminados, serán limpiados superficialmente mediante arenado al blanco de acuerdo a las Especificaciones de la STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (SSPC-SP10)

La pintura consistirá en un sistema epóxico conformado por una capa anticorrosiva y otra capa de acabado esmalte, dicho sistema tendrá propiedades de alta resistencia a la corrosión, humedad y agentes químicos.

En este caso de pintura en estructuras de acero se tomarán en cuenta las especificaciones contenidas en Standard Specifications for Highway Bridges – AASHTO-96, División II, Section 13 Painting.

1.5.2 Control de Calidad

El control de calidad será ejecutada en forma continua y abarcará todas las fases de la fabricación de la estructura metálica y se apoyará según el caso en especificaciones o prescripciones reglamentarias incluidas en:

- Standard Specifications for Highway Bridges, Division II Construction de la AASHTO.

- ANSI/AASHTO/AWS D1.5-88 Bridge Welding Code.
- ANSI/AASHTO/AWS D1.5-88 Bridge Welding Code Commentary.
- Manual of Steel Construction de la AISC.

1.5.3 Tolerancias

Las tolerancias serán de acuerdo a las especificaciones en ANSI/AASHTO/AWS D1.5-92 Bridge Welding Code.

1.5.4 Montaje Definitivo

A continuación se describe en forma sucinta los requerimientos mínimos, los cuales necesariamente serán tomados en cuenta para cuando llegue el momento del montaje definitivo de la estructura en el lugar designado para el servicio público.

1.5.4.1 Plan de Montaje

Luego del reconocimiento de la zona y de las condiciones existentes se llevará a cabo la elaboración de un plan de montaje adecuado, el cual deberá estar sustentado con planos y especificaciones técnicas particulares.

El plan de montaje deberá contener lo siguiente: Planos de Montaje, Notas de Cálculo (por ejemplo, esfuerzos y deflexiones en los puntos críticos de las armaduras reticuladas y falso puente para cada secuencia del lanzamiento en forma progresiva), relación de equipos, herramientas, accesorios, insumos, personal especializado y medidas de seguridad adicional durante la instalación de la estructura.

1.5.4.2 Ejecución del Montaje

Se elige el método de lanzamiento mediante un puente colgante por las características topográficas de la zona, por la seguridad que ofrece al desplazarse la estructura sujeta a cables y por el espacio que se tiene en ambas márgenes para armar el puente metálico.

La estructura se montará estrictamente con los niveles, elevaciones y ejes mostrados en los planos, se conectarán los miembros estructurales temporalmente con el número necesario de pernos de montaje con el fin de asegurarlos firmemente hasta ejecutar las conexiones finales. También se colocarán todos los contravientos y puntales para tal efecto y mantenerlos en esa posición todo el tiempo necesario, de modo que, los esfuerzos producidos en la Estructura durante el montaje y lanzamiento, estarán dentro de los límites permisibles considerados en el diseño del puente.

Durante el montaje y lanzamiento se tendrá que cuidar que el alineamiento y contraflecha de la estructura se mantengan mediante la instalación de elementos de arriostre y soporte necesarios para asegurar la estabilidad y correcta geometría de las partes y del conjunto.

PLANEAMIENTO DE FABRICACION

2.1 GENERALIDADES

Luego de que el Contratista celebra el Contrato de fabricación de la estructura metálica reticulada con la Entidad propietaria de la misma, pasa a un compromiso real, por lo que de manera intrínseca está obligada a planificar de inmediato todo el proceso de fabricación en forma detallada, desde el momento en que recibe los planos estructurales, las especificaciones técnicas y los documentos contractuales del proyecto, sometiendo los mismos a una evaluación en forma integral con el objetivo principal de definir de qué forma estará organizado el proceso de fabricación, donde se dejarán establecidas las funciones que deben llevar a cabo las áreas de gerencia, dirección técnica, logística, administración, manufactura, control de calidad y otros.

Es en esta etapa cuando se definen y/o programan los requerimientos de la fabricación los cuales resumidamente son: planos de fabricación de cada una de las piezas, calendarios de suministro o asignación de recursos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas e insumos; también se incluye un estimado de las cantidades de pruebas de control calidad que serán ejecutados en aquellas que por norma deben ser registrados, quedando entendido que el resto de las pruebas será tratado como lo ordene el Supervisor en concordancia a las especificaciones de los Reglamentos correspondientes.

2.2 PLANOS DE FABRICACION

Una vez que los planos estructurales, las especificaciones técnicas y los documentos contractuales se encuentran completos, el Contratista procede a la elaboración de los planos de fabricación o de taller, los cuales no son otra cosa que planos donde se detallan cada uno de los miembros o piezas de la estructura metálica; éstos planos muestran toda la información técnica necesaria como: marcas de identificación, cantidad de miembros o piezas requeridas, dimensiones de cada miembro o pieza, localización y tamaño de los agujeros, espesor y calidad de las planchas de acero, detalles de cortes y conexiones de taller, diagrama de contra flechas del conjunto ensamblado para dejar la holgura dimensional necesaria en los miembros más susceptibles, por ejemplo, aquellas que se ubican en las cuerdas superiores.

Los planos de fabricación o de taller necesariamente tienen que estar de acuerdo con el diseño estructural, y requieren ser revisados minuciosamente por un profesional competente y experimentado; el objetivo principal de la revisión consiste en verificar que las dimensiones y detalles se indiquen correctamente y que todas las partes se ensamblen adecuadamente entre sí. En esta etapa es cuando se manifiestan los errores que no fueron percibidos durante el diseño, por lo cual es posible corregirlos ahora y eventualmente mejorar o modificar algunos detalles de diseño.

En el presente caso, la elaboración de los planos de fabricación fue desarrollado mediante software para dibujo de ingeniería (AUTOCAD) lográndose mediante este método un alto grado de precisión al momento de la verificación de las dimensiones y el

chequeo del ensamblaje de piezas agrupadas; adicionalmente también se elaboraron los planos para el corte de las planchas de acero con el objetivo de minimizar la cantidad de desperdicios.

Finalmente, la justificación para elaborar los Planos de Fabricación o de Taller, se encuentra en las Standard Specifications for Highway Bridges de la AASHTO 96, División II, Section 11, Artículo 11.2 que a continuación se transcribe en letra cursiva:

11.2 DIBUJOS DE TRABAJO¹

El Contratista deberá expresamente entender que la aprobación del Ingeniero de los dibujos de trabajo suministrados por el Contratista cubre los requerimientos para "resistencia y detalle", y que el Ingeniero no asume responsabilidad por los errores en dimensiones.

Los dibujos de trabajo pueden ser aprobados por el Ingeniero previamente a la ejecución del trabajo involucrado y toda aprobación semejante no relevará al Contratista de alguna responsabilidad bajo el Contrato para completar el trabajo satisfactoriamente.

11.2.1 Dibujos de oficina

El Contratista deberá suministrar copias de los dibujos de oficina detallados al Ingeniero para su aprobación. Los dibujos de trabajo deberán ser suministrados suficientemente adelantado al inicio del trabajo respectivo para tener tiempo de revisión por el Ingeniero y correcciones por el Contratista sin demora del trabajo.

Los dibujos de trabajo para estructuras de acero deberán tener todo el detalle de las dimensiones y tamaños de las partes componentes de la estructura y detalles de todas las partes misceláneas así como pines, tuercas, pernos, drenaje, etc.

Donde es requerido especificar la orientación de planchas la dirección de laminado de planchas deberá ser mostrado.

Los dibujos de trabajo deberán específicamente identificar cada pieza y del acero del que está hecho u otro acero que AASHTO M270 (ASTM A709) Grado 36.

11.2.2 Dibujos de erección

El Contratista deberá proveer dibujos ilustrando totalmente su método propuesto de erección. Los dibujos deberán mostrar los detalles de contraflecha de toda obra falsa, apuntalamientos, vientos, durmientes, equipos de elevación y adjuntos a los miembros del puente: secuencia de erección, localización de grúas y lanchas, capacidad de grúas, localización de puntos de levantamiento en los miembros del puente, y peso de los miembros. Los dibujos y plan deberán estar completos en detalles para todas las fases por anticipado y condiciones durante la erección. Cálculos pueden ser requeridos para demostrar los esfuerzos admisibles y no exceder la capacidad de los miembros y la geometría final será correcta.

11.2.3 Diagrama de Contraflechas

Un diagrama de contraflechas deberá ser entregado al Ingeniero por el fabricante, mostrando la curvatura en cada punto del panel en los casos de tirantes o ribetes de arcos y la localización de empalmes de campo y fracciones de la luz libre (mínimo a $\frac{1}{4}$) en el caso de vigas continuas y vigas o pórticos rígidos. El diagrama de contraflechas deberá mostrar las flechas calculadas para ser usadas en el pre-ensamblaje de la estructura de acuerdo con el artículo 11.5.3.

2.3 ORGANIZACIÓN DE ACTIVIDADES

El Contratista a través de las áreas que planifican y dirigen todo el proceso de producción como la Gerencia y Dirección Técnica, según corresponda, organiza las labores de fabricación en sí, comenzando con la cuantificación de todos los recursos necesarios, verificando la disponibilidad en su almacén y proyectando todo aquello que será necesario comprar o la contratación de otro tipo de recursos; también lleva a cabo la definición de cada una de las fases productivas, asignando de acuerdo al caso una área adecuada dentro de la zona de trabajo del taller, de modo que, la secuencia lógica se refleje también en la distribución física, asimismo se efectúa la determinación de las funciones específicas de las áreas ejecutoras y auxiliares como: Manufactura, Control de Calidad, Logística, Administración y otros.

Ahora bien, la meta final de todo esto es que en cada fase de fabricación se vea que el sistema funcione apropiadamente, o dicho de otra manera, los productos se van obteniendo en el tiempo previsto, con los recursos racionalmente asignados y con la calidad esperada. Adicionalmente, también se fijan metas parciales de plazo más corto como la semana por ejemplo, o en casos más rigurosos y de gran envergadura pueden ser hasta diarios.

No siempre las cosas marchan como se planifica al principio, en el transcurso pueden surgir situaciones que modifiquen todo lo previsto tal que sea necesario reprogramar plazos, reducir, incrementar o redistribuir el personal obrero, etc. Por otro lado, el contrato de fabricación contiene cláusulas que sancionan el incumplimiento de alguna de sus partes, cuando no haya justificación valedera. En el caso de la fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo se dio un problema serio cuando en el mercado nacional escasearon las planchas de acero de la calidad requerida y cuando la solvencia económica no fue suficiente para afrontar gastos altos que serían recuperados más adelante con la liquidación del Contrato.

2.3.1 Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo consistió en un conjunto de tareas o actividades de producción organizadas que paulatina y en forma sostenida iban transformando el acero suministrado en forma de: planchas, ángulos y barras redondas en los miembros estructurales mostrados en los planos; para tal efecto el área de trabajo del taller fue dividido por zonas, donde cada zona fue destinada a un tipo de tarea en particular, siguiendo una secuencia ordenada o lógica y predominantemente en serie.

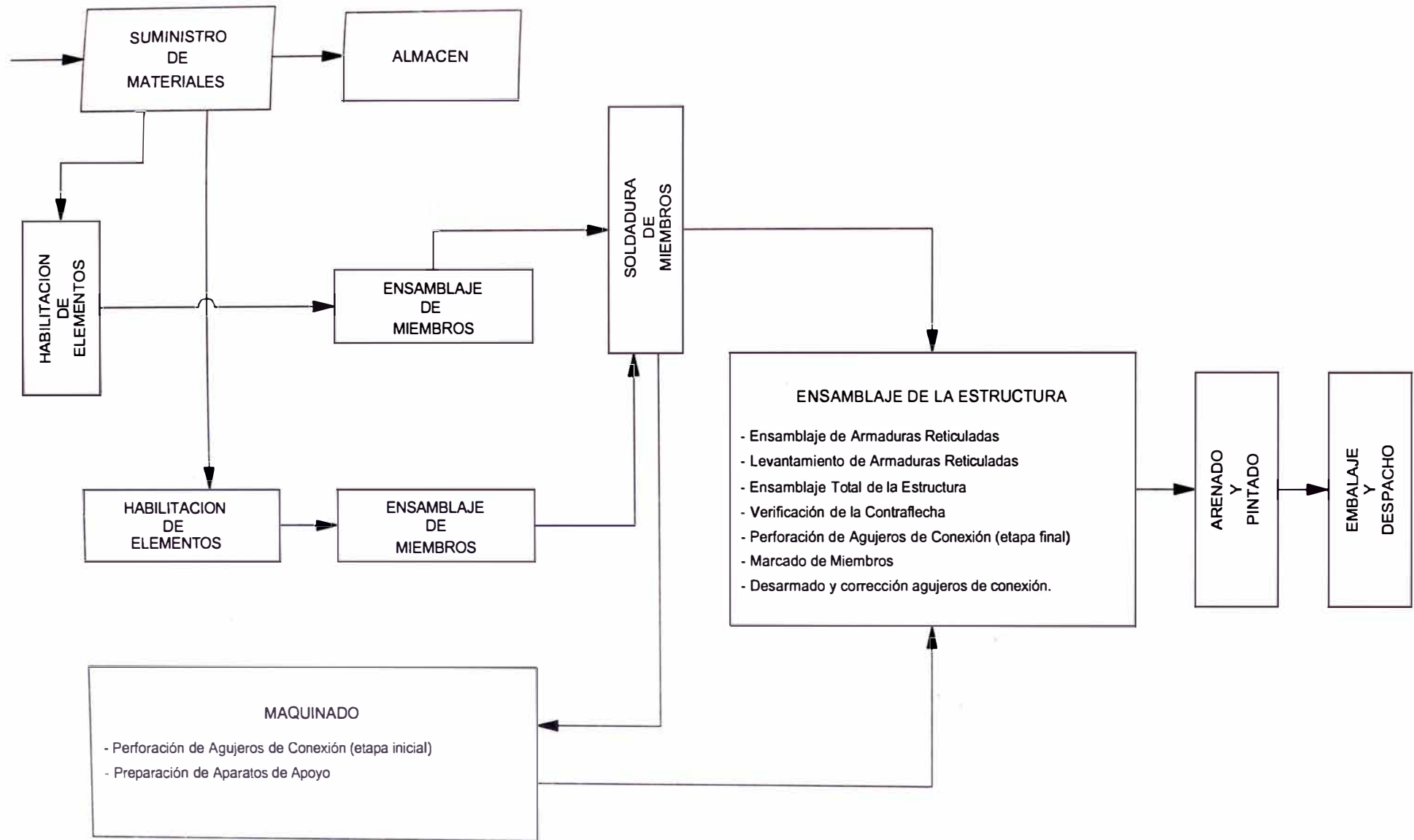


DIAGRAMA DE FLUJO

PROCESO DE FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULADA
PUENTE SANTO CRISTO

En el diagrama de flujo mostrado se puede apreciar con mayor claridad la interrelación entre las fases de producción. En forma resumida, se describen las actividades que se ejecutan en cada zona de trabajo las cuales consisten en lo siguiente:

2.3.1.1 Recepción y Almacén

En este lugar las planchas de acero e insumos son recibidos e inmediatamente sometidos a inspección verificando la debida correspondencia entre los materiales y los certificados de calidad adjuntos; las planchas de acero son apiladas por espesor y calidad en un área de libre acceso y el resto de los materiales depositados en el almacén.

2.3.1.2 Habilitación

Conforme a lo establecido en los planos de corte de las planchas de acero, aquí se empalman las mismas mediante juntas soldadas a tope, e inmediatamente después son sometidas a control de calidad de la soldadura mediante tintes penetrantes; más adelante, los paneles así formados requieren ser enderezados levemente por la distorsión que produce la soldadura y verificados con reglas de aluminio. Luego se trazan y cortan las planchas con oxicorte o cizalla.

2.3.1.3 Armado

Los elementos habilitados ahora tienen que ser ensamblados para formar un miembro estructural, el control dimensional es más riguroso.

2.3.1.4 Soldadura

Los elementos ensamblados formando los miembros estructurales ahora son sometidos a soldadura de todas las juntas soldadas, y verificadas mediante pruebas no destructivas; la distorsión y encogimiento es controlada por sujeción del miembro a un banco metálico mucho más robusto, si es necesario enderezar éste será en frío. Se trazan los ejes y la ubicación de los agujeros para finalmente cortar la longitud excedente dejando una pequeña holgura que permita absorber el redimensionamiento por efecto de la contraflecha.

2.3.1.5 Maquinado

Los miembros estructurales son transportados a ésta área para la perforación de algunos agujeros de conexión, las partes de los aparatos de apoyo son torneados y cepillados.

2.3.1.6 Ensamblaje

En esta área el cual es la más amplia, los miembros estructurales son ensamblados para formar el conjunto estructural completo; durante todo el proceso en algunos de los agujeros de conexión son colocados pines o pernos de trabajo, hasta que la geometría sea la correcta en todas sus partes, luego se procede a la perforación total del resto de los agujeros que quedaron pendiente.

2.3.1.7 Pintura

Cada miembro luego de ser desarmado del conjunto estructural es limpiado superficialmente mediante chorro de arena fina e inmediatamente se aplica la capa de

pintura anticorrosiva epoxica, se controla el espesor de película seca. La capa de pintura esmalte se aplica luego de que la estructura haya sido montada en el lugar determinado para el servicio público.

2.3.1.8 Embalaje y Embarque

Todos los miembros tienen marcas en bajo relieve por estampado durante el ensamblaje, luego de desarmados son agrupados por tipos, se controla las cantidades verificando su conformidad con la lista de paquetes.

2.3.2 Requerimiento de Recursos

En general, los recursos que consisten en: materiales, mano de obra, equipos, herramientas e insumos, requeridos para la fabricación de la estructura metálica reticulada fueron suministraron durante todo el tiempo que duró el proceso en forma relativamente sostenida, pero en el transcurso del mismo tiempo, en el mercado nacional se dio una escasez temporal de planchas de acero, como consecuencia el plazo de fabricación sufrió prórroga; otro factor que afectó el normal desenvolvimiento de los trabajos fue debido a que el Contratista acusó temporalmente falta de solvencia económica ya que el contrato fue a suma alzada con adelanto en efectivo equivalente al 50% del monto contratado y el saldo sería pagado luego de la entrega final de la estructura metálica.

A continuación se trata cada tipo de recursos que corresponden al conjunto que fue requerido en el proceso de fabricación, además se adjuntan notas afines extraídas de las especificaciones de la AASHTO-96, ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code y Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design de la AISC, Edición 1995.

2.3.2.1 Materiales

En esta sección se tratará exclusivamente a los materiales que componen la estructura metálica en sí, como el acero estructural, los pernos de alta resistencia, la soldadura y el revestimiento de pintura epóxica; se expone de modo conciso las propiedades de aquellos que son permitidos por los reglamentos para el diseño, fabricación y construcción de estructuras metálicas, así como las que han sido especificados para este proyecto en particular.

2.3.2.1.1 Acero Estructural

En las Standard Specifications for Highway Bridges de la AASHTO-96, División I, Sección 10, Art. 10.2 MATERIALES encontramos dos tablas sobre las calidades de acero y sus propiedades, que son utilizados para las estructuras metálicas de puentes.

TABLA 10.2A¹

PROPIEDADES MINIMAS DEL ACERO ESTRUCTURAL

Tipo	Acero Estructural	Acero Estructural de Baja Aleación y Alta Resistencia	Acero de Baja Aleación, Templado y Recocido	Acero Aleado de Alta Resistencia de Fluencia, Templado y Recocido		
Designación AASHTO ^{a, c}	M 270 Grado 36	M 270 Grado 50	M 270 Grado 50W	M 270 Grado 70W	M 270 Grados 100/100W	
Designación Equivalente ASTM ^c	A 709 Grado 36	A 709 Grado 50	A 709 Grado 50W	A 709 Grado 70W	A 709 Grados 100/100W ^b	
Espesor de Planchas	Hasta 4" inclusive ^e	Hasta 4" inclusive	Hasta 4" inclusive	Hasta 4" inclusive	Hasta 2 ½" inclusive	Sobre 2 ½" hasta 4" inclusive
Perfiles ^d	Todos los grupos ^e	Todos los grupos	Todos los grupos	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Resistencia Mínima a la Tensión, Fu (Psi)	58,000	65,000	70,000	90,000	110,000	100,000
Resistencia Mínima de Fluencia, Fy (Psi)	36,000	50,000	50,000	70,000	100,000	90,000

^a Salvo la dureza de la muesca obligatoria y requisitos de la soldabilidad, las designaciones de la ASTM son similares a las designaciones de la AASHTO. Del conjunto de aceros los requisitos de la AASHTO son los precalificados para el uso en los puentes soldados.

^b Perfiles estructurales de acero aleado, templado y recocido y la reunión de tubería mecánica sin costura con todos los requisitos mecánicos y químicos de A 709 grados 100/100W, sólo que la resistencia a la tensión máxima especificada puede ser 140,000 psi para los perfiles estructurales y 145,000 psi para la tubería mecánica sin costura, será considerado como A 709 grados 100/100W.

^c M 270 Gr. 36 y A 709 Gr.36 son equivalentes a M 183 y A 36
M 270 Gr. 50 y A 709 Gr. 50 son equivalentes a M 223 Gr. 50 y A 572 Gr. 50.
M 270 Gr. 50W y A 709 Gr. 50W son equivalentes a M 222 y A 588.
M 270 Gr. 70W y A 709 Gr. 70W son equivalentes a A 852.
M 270 Gr. 100/100W y A 709 Gr. 100/100W son equivalentes a M 244 y A 514.

^d Grupos 1 y 2 incluyen todos los perfiles excepto aquellos de los grupos 3, 4 y 5. El Grupo 3 incluye perfiles L sobre ¾" de espesor. Los perfiles HP sobre 102 libras/pié, y los siguientes perfiles W:

Designación:

W 36 x 230 hasta 300 inclusive
W 33 x 200 hasta 240 inclusive
W 14 x 142 hasta 211 inclusive
W 12 x 120 hasta 190 inclusive

Grupo 4 incluye los siguientes perfiles W:
Grupo 5 incluye los siguientes perfiles W:

W 14 x 219 hasta 550 inclusive
W 14 x 605 hasta 730 inclusive

Para el vacío de grupos 1 y 2, ver ASTM A 6

^e Para aplicaciones no estructurales o componentes de ensamblaje de apoyos sobre 4" de espesor, usar AASHTO M 270 grado 36 (ASTM A 709 grado 36).

TABLA 10.2B¹

PROPIEDADES MINIMAS DE MATERIAL PARA PINES, RODILLOS Y BALANCINES

Rodillos de Expansión no serán menores que 4" de diámetro

<i>Designación AASHTO con limitaciones de tamaño</i>	<i>M 169 4" en diámetro o menor</i>	<i>M 102 hasta 20" en diámetro</i>	<i>M 102 hasta 20" en diámetro</i>	<i>M 102 Hasta 10" en diámetro</i>	<i>M 102 Hasta 20" en diámetro</i>
<i>Designación ASTM grado o clase</i>	<i>A 108 Grados 1016 hasta 1030 inclusive</i>	<i>A 668 Clase C</i>	<i>A 668 Clase D</i>	<i>A 668 Clase F</i>	<i>A 668^b Clase G</i>
<i>Punto de fluencia mínimo, Fy (Psi)</i>	<i>36,000^a</i>	<i>33,000</i>	<i>37,500</i>	<i>50,000</i>	<i>50,000</i>

^a *Para propósitos de diseño solamente. No es una parte de las especificaciones A 108. Los requisitos de materiales suplementarios deben proporcionar la garantía que el material reunirá estos valores.*

^b *Puede sustituirse material laminado de las mismas propiedades.*

En el proceso de fabricación se utilizaron Planchas de Acero de SIDERPERU (EC-24 y EC-35) en los miembros estructurales, Perfiles angulares A 36 en las barandas y Tubos A 53, SCH 40 para las tuberías de drenaje pluvial; al comparar las propiedades de éstos materiales con las dadas en las tablas de la AASHTO-96 se puede apreciar que existe similitud aceptable en las propiedades, sobre todo en las planchas de acero.

La verificación en el taller respecto a la calidad del acero estructural que era suministrado fue realizado mediante el chequeo de los certificados de calidad emitidos por el productor de las planchas de acero estructural el cual era SIDERPERU S. A.

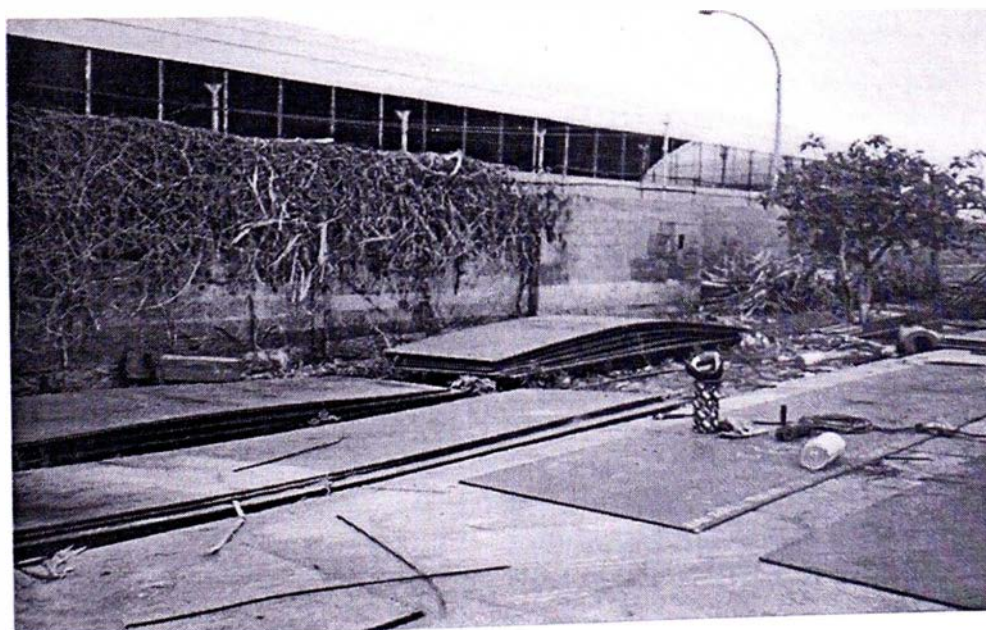


Fig. 2.1 Planchas de Acero

También debo indicar que algunas planchas no tenían el respaldo de certificados de calidad en forma satisfactoria, ante esta situación se ordenó al Contratista la ejecución de ensayos de Tracción y Análisis Químico Cuantitativo en probetas extraídas de las planchas cuestionadas que en total sumaron ocho (08) unidades clasificadas por calidad y por espesor. Dichos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Procesos de Manufactura, Ensayos Mecánicos y Metrología de la Facultad de Ingeniería Mecánica – UNI.

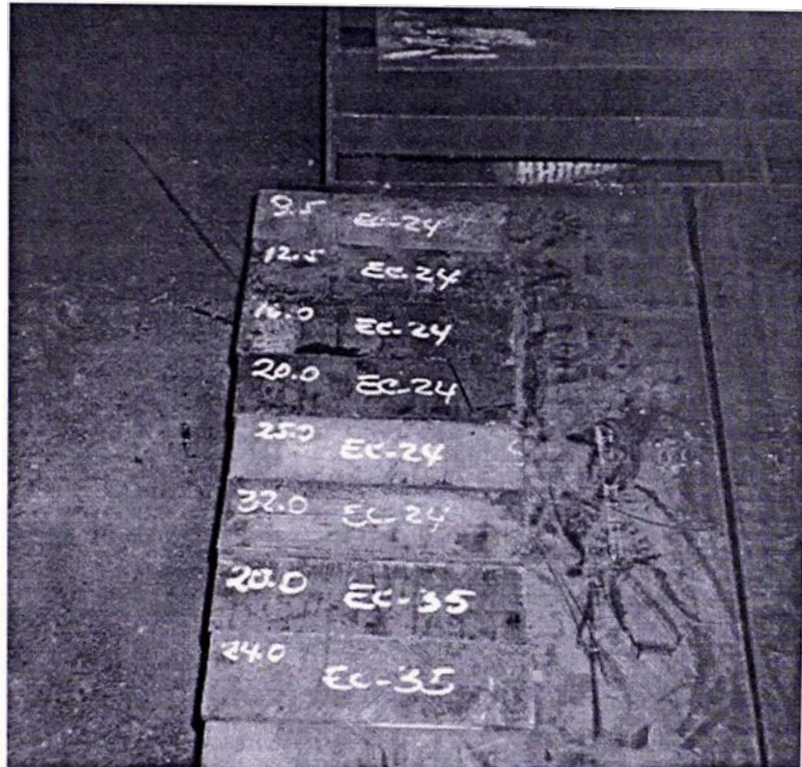


Fig. 2.2 Probetas de Planchas de Acero

Los resultados de las pruebas de laboratorio indicaron satisfactoriamente que las propiedades de las planchas ensayadas correspondían con la calidad asumida en el principio y eran consistentes con los certificados de calidad del resto de las planchas de acero.

En el Anexo se adjuntan los Certificados de Calidad y el reporte de los Ensayos de Tracción y Análisis Químico Cuantitativo.

2.3.2.1.2 Pernos de Alta Resistencia

En el Reglamento AASHTO-96, División II Construcción, Sección 11, Art. 11.3.2 están especificados los requerimientos de calidad que son exigidos para los pernos de alta resistencia; a continuación se transcribe la traducción de la parte de mayor interés:

11.3.2 Pernos de alta resistencia¹

11.3.2.1 Material

Pernos de alta resistencia para juntas de acero estructural deberán estar conforme a cualquiera de los dos AASHTO M 164 (ASTM A325) o AASHTO M 253 (ASTM A490). Cuando los pernos de alta resistencia son usados con grados de acero no pintado y expuestos a desintegración atmosférica, los pernos deberán ser Tipo 3.

El proveedor deberá proporcionar un número de lotes visibles en el paquete de embarque y una nota de certificación cuándo y dónde fueron hechas todas las pruebas, incluyendo las pruebas de capacidad rotacional y espesor de película de zinc cuando son usados los pernos y tuercas galvanizados.

La dureza máxima para AASHTO M 164 (ASTM A325) pernos de 1" o menos de diámetro deberá ser 33 HRC.

Pruebas de carga (ASTM F 606 Método 1) son requeridas para los pernos. Pruebas de calado de los pernos para todos los tamaños son requeridos con la sección 8.3 de AASHTO M 164. Los pernos galvanizados deberán pasar la prueba de calado después de galvanizados. Pruebas de carga (AASHTO M 291) son requeridos para las tuercas. Las pruebas de carga para las tuercas a ser usadas con pernos galvanizados deberán ser ejecutadas después de galvanizar, roscar y lubricar.

Excepto para los siguientes, para pernos AASHTO M 164 (ASTM A325) las tuercas deben estar conforme a AASHTO M 291 (ASTM A 563) Grados DH, DH3, C, C3 y D o AASHTO M 292 (ASTM A194) Grados 2 y 2H. Para pernos AASHTO M 253 (ASTM A490) las tuercas deberán estar conforme a los requerimientos de AASHTO M 291 (ASTM A563) Grados DH y DH3 o AASHTO M 292 (ASTM A194) Grado 2H.

- Las tuercas a ser galvanizadas (baño caliente o galvanizado mecánico) deberán ser tratadas en caliente 2H, DH o DH3.*
- Tuercas planas (no galvanizadas) deberán tener un mínimo de dureza de 89 HRB.*
- Las tuercas para ser usadas con pernos AASHTO M 164 (ASTM A325) tipo 3, deberán ser de grado C3 o DH3. Las Tuercas a ser usadas con pernos AASHTO M 253 (ASTM A490) tipo 3, deberán ser de grado DH3.*

Todas las tuercas galvanizadas deberán ser lubricadas con un lubricante conteniendo una tintura visible. Los pernos negros pueden ser untados con grasa cuando son transportados e instalados.

Las arandelas deberán ser de acero endurecido conforme a los requerimientos de AASHTO M 293 (ASTM F436) y el artículo 11.5.6.4.3.

11.3.2.2 Marcas de identificación

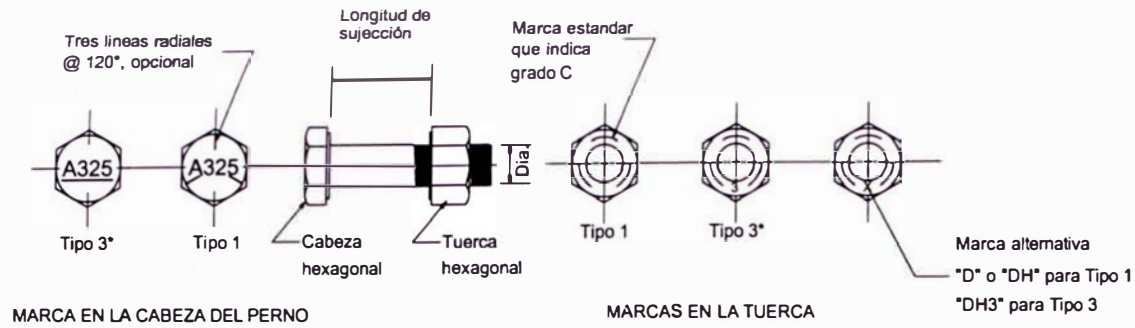
Para pernos AASHTO M 164 (ASTM A325) y las especificaciones contenidas para tuercas requiere que los pernos y las tuercas manufacturadas con la especificación serán identificados por una marca específica en la cabeza del tornillo y en una cara de la tuerca. Las marcas en la cabeza pueden identificar el grado por el símbolo "A325", el fabricante y el tipo, si es del tipo 2 ó 3. Las marcas en la tuercas pueden identificar el grado, el fabricante y si es del tipo 3, el tipo. Las marcas sobre tensión directa pueden indicar la identificación del fabricante y el tipo "325". Otras marcas en arandelas pueden identificar el fabricante y si es el tipo 3, el tipo.

Para pernos AASHTO M 253 (ASTM A490) y las especificaciones contenidas para tuercas requiere que los pernos y las tuercas manufacturadas con la especificación serán identificados por una marca específica en la cabeza del tornillo y en una cara de la tuerca. Las marcas en la cabeza pueden identificar el grado por el símbolo "A490", el fabricante y el tipo, si es del tipo 2 ó 3. Las marcas en la tuercas pueden identificar el grado, el fabricante y si es del tipo 3, el tipo. Las marcas sobre tensión directa pueden indicar la identificación del fabricante y el tipo "490". Otras marcas en arandelas pueden identificar el fabricante y si es el tipo 3, el tipo.

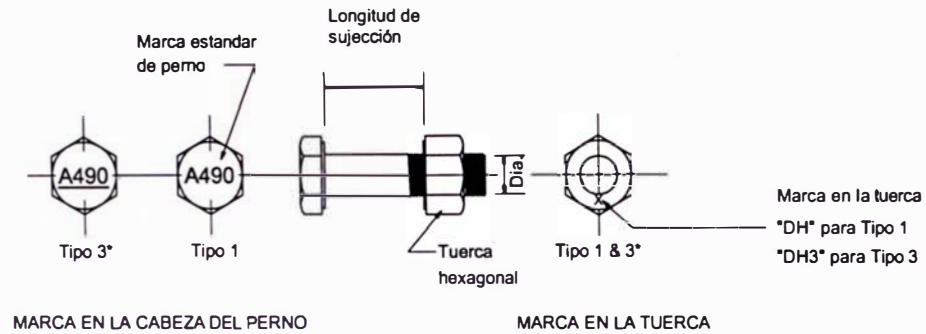
Por otra parte, del Manual de Construcción en Acero de la AISC Edición 95, LOAD and RESISTANCE FACTOR DESIGN , Volumen II, Conexiones, Parte 8, Pernos, Soldaduras y Elementos Conectados; extraemos la siguiente tabla de compatibilidad entre las partes:

<i>Tabla 8-1⁴</i> <i>Compatibilidad de Pernos de Alta Resistencia, Tuercas y Arandelas</i>					
<i>Designación ASTM del Perno</i>	<i>Tipo</i>	<i>Revestimiento</i>	<i>Grado de Tuerca Pesada ASTM A 563</i>		<i>Grado de Arandela F436</i>
			<i>Recomendado</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Recomendado</i>
<i>A325</i>	<i>1</i>	<i>Llano</i>	<i>C</i>	<i>C3, D, DH, DH3</i>	<i>1</i>
		<i>Galvanizado</i>	<i>DH</i>	<i>-</i>	<i>1</i>
	<i>3</i>	<i>Llano</i>	<i>C3</i>	<i>DH3</i>	<i>3</i>
<i>A490</i>	<i>1</i>	<i>Llano</i>	<i>DH</i>	<i>DH3</i>	<i>1</i>
	<i>3</i>	<i>Llano</i>	<i>DH3</i>	<i>-</i>	<i>3</i>
<i>A449</i>	<i>1</i>	<i>Llano</i>	<i>A</i>	<i>C, C3, D, DH, DH3</i>	<i>1</i>
		<i>Galvanizado</i>	<i>DH</i>	<i>D</i>	<i>1</i>

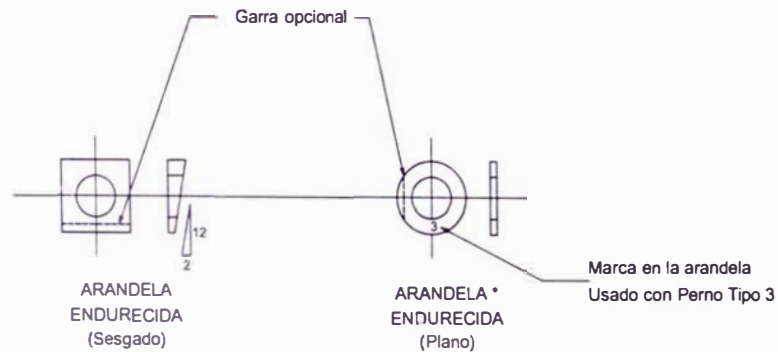
Al comparar las especificaciones de la AASHTO-96 con la Tabla 8-1 de la AISC-95 se puede observar que los pernos, tuercas y arandelas correspondientes al Tipo 2 Martensítico, muy popular por muchos años están descontinuados en la edición 95 de la AISC. Información sobre este tipo puede ser encontrado en las ediciones previas del Manual de Construcción en Acero de la AISC. A continuación se presenta un dibujo esquemático para identificación de los pernos A325 y A490.



PERNO ASTM A325



PERNO ASTM A490



* Cabezas de perno, tuercas, y arandelas incluirán el símbolo de manufactura. El fabricante puede también adicionar otra para indicar el grado de resistencia a la corrosión atmosférica.

Para la fabricación de la estructura metálica del puente Santo Cristo las especificaciones técnicas del proyecto indicaban el suministro de pernos de alta resistencia calidad A325 con los diámetros, longitudes y cantidades previamente establecidas pero que finalmente se reajustaron; la respectiva lista se adjunta en el Anexo.

Al inicio de los trabajos, el Contratista planeó subcontratar la fabricación de los pernos de alta resistencia a un tercero y fue aceptado por la Supervisión siempre y cuando cumpliera con todos los requisitos de calidad; pero en el transcurso del plazo de ejecución se observaron irregularidades serias como: porcentaje significativo de productos fallados, ausencia de certificados de calidad representativos y fidedignos expedidos por un Laboratorio de prestigio reconocido; esta situación determinó ordenar al Contratista el suministro de los Pernos de Alta Resistencia A325 o similar por importación desde el extranjero.

2.3.2.1.3 Soldadura

Los requerimientos de calidad y presentación para los electrodos de soldadura siempre estarán sujetos a la técnica de aplicación de las mismas y a la calidad de las planchas de acero que unirán; respecto a los electrodos de soldadura para aplicarse en estructuras metálicas de puentes se transcribe parte de las especificaciones prescritas en las secciones 4.5, 4.8 y 4.12 de ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

4.5 Electrodo para Soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW)²

4.5.1 Los electrodos para SMAW estarán conforme a los requerimientos de la última edición de ANSI/AWS A5.1 ,Especificación para los electrodos recubiertos de soldadura de arco para acero al carbono, o al requerimiento de ANSI/AWS A5.5 , Especificación para electrodos recubiertos de soldadura de arco para acero de baja aleación. Todos los electrodos para SMAW serán de la clasificación de bajo-hidrógeno

4.8 Electrodo y Fundente para Soldadura de Arco Sumergido (SAW)²

4.8.1 Los electrodos desnudos y fundente usados en combinación para SAW de aceros estará conforme a los requisitos de la última edición de ANSI/AWS A5.17, Especificación para electrodos de acero al carbono y fundente para soldadura de arco sumergido, o a los requisitos de la última edición de ANSI/AWS A5.23, Especificación para electrodos de acero de baja aleación y fundente para soldadura de arco sumergido.

4.12 Electrodo para Soldadura de Arco Metálico y Gas (GMAW) y Soldadura de Arco con Núcleo de Flujo (FCAW)²

4.12.1 Los electrodos y gas de protección para GMAW o FCAW para el metal productor de la soldadura con el mínimo de resistencia de fluencia especificada de 415 MPa, o menos, estará conforme a los requisitos de la última edición de ANSI/AWS A5.18, Especificación para electrodos y varillas de acero al carbono, ANSI/AWS A5.20, Especificación para electrodos del acero al carbono para soldadura de arco con núcleo de flujo o ANSI/AWS A5.29, la Especificación para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con núcleo de flujo, como aplicable.

4.12.2 Metal de soldadura que tiene una mínima resistencia de fluencia de 415 MPa estará conforme a los siguientes requisitos:

4.12.2.1 Los electrodos y gas de protección para GMAW estará conforme a la última edición de ANSI/AWS A5.28, Especificación para metales de relleno de acero de baja aleación para Soldadura de Arco Protegido con Gas.

4.12.2.2 Los electrodos y gas de protección (si es requerido) para FCAW estará conforme a la última edición de ANSI/AWS A5.29

En el proceso de fabricación de la Estructura Metálica Reticulada del puente Santo Cristo se utilizaron técnicas de soldadura denominados como: Soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW) y Soldadura de Arco Metálico y Gas (GMAW).

En el cuadro siguiente se puede apreciar con mayor amplitud de panorama la correspondencia entre las planchas de acero, los electrodos y el proceso de aplicación de la soldadura.

Tipo	Acero Estructural	Acero Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación
Designación ASTM	A 709 Grado 36	A 709 Grado 50
Designación Equivalente SIDERPERU (aproximado)	EC-24	EC-35
Electrodos Celulósicos Convencionales	SMAW	SMAW
Electrodos de Bajo Hidrógeno	SMAW	SMAW
Alambre Cobreado para Aceros al Carbono	GMAW	-

Del mercado nacional se tomaron electrodos para aceros estructurales, entre los que se cuentan a los celulósicos convencionales (E-6010 y E-6011) que destacan por su penetración profunda; también a los bajo hidrógeno (E-7018) que son especialmente indicados para prevenir fisuras debajo del cordón, debidas a fragilidad causada por acción del hidrógeno; por último está el alambre cobreado para aceros al carbono y de baja aleación (CARBOFIL ER 70S – 6) utilizado en ambiente de CO₂.

Los dos primeros grupos de electrodos cumplen con las Normas ANSI/AWS A5.1 y ANSI/AWS A5.5; y el alambre para proceso MIG-MAG está conforme con la Norma ANSI/AWS A5.18.

2.3.2.1.4 Pintura

En la actualidad, los sistemas de pintura para estructuras metálicas de puentes se circunscriben alrededor de los sistemas epóxico y de poliuretano, con una variada gama de productos que se diferencian ligeramente en la composición química, espesores de película, número de capas y otros; en nuestro medio se aplica ampliamente el sistema epóxico con resultados buenos, en cambio el sistema de poliuretano ha sido recientemente introducida en el año 1998 cuando fue aplicado en la rehabilitación del puente Virú ubicado a la altura del Km. 514+ 400 de la carretera Panamericana Norte.

A continuación se presenta un cuadro resumen sobre las propiedades mínimas que deben cumplir los sistemas de pintura en estructuras de puentes de acero, ha sido extraído de las Especificaciones de la AASHTO-96, División II Construcción, Sección 13 Pintura.

13.2.1 Sistemas de Revestimiento y Pintura¹

El sistema de revestimiento y pintura a ser aplicados consistirán en los sistemas que se especifican en la Tabla 13.2.1 para el uso normal o con las modificaciones de prescripciones especiales.

TABLA 13.2.1¹

	Alta Polución y Costero	Clima Apacible	Clima Apacible o Repintado de Mantenimiento
<i>Imprimación</i>	Zinc Inorgánico 3 mils.	Zinc Orgánico 3 mils.	Aceite / Alquidico 2 mils.
<i>Capa Intermedia</i>	Epóxico 2 mils o Imprimante Lavado de Vinilo 0.3 – 0.5 mils	Epóxico 2 mils o Imprimante Lavado de Vinilo 0.3 – 0.5 mils	Aceite / Alquidico 2 mils.
<i>Capa de Acabado</i>	Epóxico, Vinilo o Uretano – 2 mils	Epóxico, Vinilo o Uretano – 2 mils	Aceite / Alquidico 2 mils.
<i>Total de Sistema</i>	5.3 – 7 mils	5.3 – 7 mils	6 mils

Notas:

- (1) Excepto para el imprimante lavado de vinilo, la capa y espesores del sistema están mostrados los mínimos.
- (2) Los sistemas de revestimiento mostrados para las áreas severas son satisfactorios en las áreas menos severas.
- (3) Costero—dentro de 1,000 pies del océano o el agua de la marea. Alta polución - contaminación del aire como de las áreas industriales. Apacible—fuera del área costera no en el ambiente de contaminación del aire.
- (4) La pintura de zinc inorgánico reunirá los requerimientos de la Especificación del Ejército DOD-P-23236A (SH)
- (5) La pintura de zinc orgánico reunirá los requerimientos de la Especificación del Ejército DOD-P-21035A.
- (6) Imprimante lavado de vinilo reunirá los requerimientos de la Especificación del Ejército DOD-P-15328D.
- (7) La capa de pintura de acabado reunirá los requerimientos del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero, SSPC-Pintura 9.
- (8) La pintura epóxica reunirá los requerimientos del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero, SSPC-22.
- (9) Imprimante de aceite / Alquidico y la pintura de la capa intermedia reunirá los requerimientos del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero, SSPC-Pintura 25.
- (10) La pintura de la capa de acabado reunirá los requerimientos del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero, SSPC-Pintura 104.
- (11) La capa de pintura de acabado de Uretano reunirá las recomendaciones del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero, SSPC-PS Guía 1700.
- (12) Las pinturas son riesgosas debido a su inflamabilidad y potencial toxicidad. Se requieren prácticas de manejo seguras y son incluidas, pero no se limite a, las prescripciones de SSPC-PA Guía 3, "Una Guía para la Seguridad en la Aplicación de la Pintura."

Para el pintado de la estructura metálica del puente Santo Cristo, los materiales adquiridos corresponden a un sistema epóxico, el cual es suficiente para un clima apacible; el producto de imprimación anticorrosivo de zinc orgánico es denominado Fast Zinc Epoxy, para el esmalte Fast Gard Acabado, y como solvente de dilución para ambos casos Fasthinner SL 1200. Todos los productos mencionados corresponden a la marca FAST.

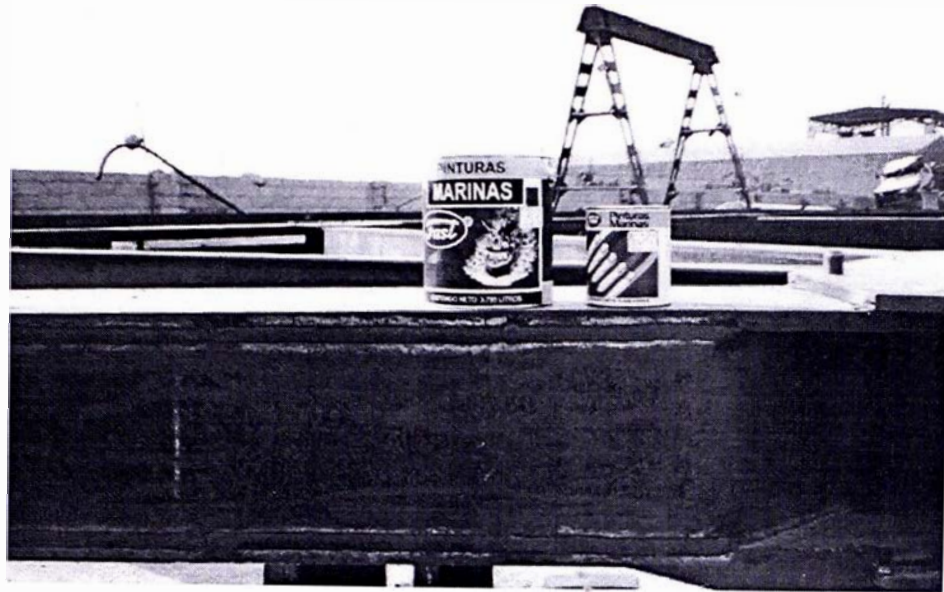


Fig. 2.3 Pintura Epóxica Antocorrosiva

Respecto a la selección del clima, es oportuno anotar que la estructura metálica del puente Santo Cristo será instalado para el servicio público sobre el río Marañón, en la carretera Quiches – Puruhuay, Km. 24+080, Provincia de Sihuas, Departamento de Ancash; en tal lugar el clima no es severo desde el punto de vista de la corrosión.

2.3.2.2 Personal

El cuadro del personal profesional, técnico y obrero clasificado por categoría, y asignado por el Contratista para la ejecución de las labores de fabricación de la estructura metálica está conformado por:

Grupo	Personal	Cantidad
1.00	Profesional	
	Ingeniero Jefe de Obra	01
	Ingeniero Asistente	01
	Administrador	01
2.00	Técnico y Administrativo	
	Inspector de Calidad	01
	Armador de Estructuras Metálicas	01
	Dibujante Técnico en Autocad	01
	Secretaría	01
	Asistente de Administración	01
3.00	Obreros	
	Maestros Trazadores	02
	Maestros Cortadores	03
	Maestros Caldereros	06

	Maestros Soldadores	06
	Maestros de Maniobras	02
	Ayudantes Caldereros	06
	Ayudantes de Maniobras	04
4.00	Auxiliares	
	Almaceneros	02
	Guardianes	03
	Total	42

Del cuadro mostrado, con respecto al personal obrero y en particular los maestros soldadores (ex trabajadores SIMA-CHIMBOTE) fueron sometidos a una prueba de soldadura con el objetivo de evaluación de la habilidad para ejecutar soldaduras en forma correcta, los resultados fueron satisfactorios.

2.3.2.3 Equipos

Las máquinas y equipos que se describen líneas abajo fueron utilizados durante todo el proceso de fabricación, distinguiendo aquellas de uso intermitente o aislado como las grúas hidráulicas por ejemplo.

Cantidad	Equipo	Características Técnicas
04	Máquinas de Soldar MIG-MAG, con antorcha refrigerada con agua	560 A
10	Máquinas de Soldar de Arco Manual	400 A, 440/220 V, 60 Hz, Trifásicas CC/CA, Rend. Mínimo 60%
02	Máquinas de Soldar de Arco Sumergido con cabezal móvil y tractor	1000 A, 440/220 V, 60 Hz.
04	Máquinas Semi-Automáticas de Oxicorte	Capacidad de corte 10"
06	Equipos completos de Oxicorte Manual	
06	Esmeriles Angulares	2500 Watts, 220 V., 60 hz., para disco diámetro 7"x ¼" ó diámetro 9" x ¼ "
02	Taladros de Columna Radial	Capacidad Máxima de broca 2½".
04	Taladros con Base Magnética	Capacidad Máxima de broca 1 ½", 220 V., 60 Hz.
03	Grúas Hidráulicas	10 Ton., long. De pluma 18 m

01	Montacarga	6 Ton., levante 4.5 m.
01	Compresora	Capacidad 350 litros / seg. Presión de Descarga 110 -125 Lb/pulg ²
01	Compresora	Motor Eléctrico 75 HP, 110 Psi. 220 V., 60 Hz.
02	Botellas de Arenar completos	
02	Máquinas de Pintar con agitador neumático con accesorios completos y pistolas tipo AIRLESS.	Capacidad de tanque de 3 a 5 galones
01	Cizalla Hidráulica	Capacidad de Corte Plancha de Acero SAE 1020 de 3/8" x 3 m. Motor Eléctrico 45 HP, 440 / 220 V. , 60 Hz.
01	Plegadora Hidráulica	Capacidad de Plegado Plancha de Acero SAE 1020 de 3/8" x 3 m., Motor eléctrico 45 HP., 440 / 220 V., 60 Hz.
02	Tornos Paralelos	Volteo de 50 cm. sobre el carro y 3 m. de banco.
01	Cepillo de Codo o Limadora	Carrera = 650 mm.
01	Teodolito Astronómico KERN-DKM2	
01	Nivel de Ingeniería	
01	Medidor de espesor de película seca de pintura epóxica.	

2.3.2.4 Herramientas

El conjunto de herramientas utilizadas en el proceso de fabricación, se constituyen en todo caso como requerimiento mínimo y son los siguientes:

Cantidad	Unidad	Herramienta	Características
04	Und	Gatas Hidráulicas	Cap. 30 Ton c/u.
02	Und	Gatas Hidráulicas	Cap. 50 Ton c/u.
02	Und	Gatas Hidráulicas	Cap. 100 Ton c/u.
04	Und	Tecles de Cadena	Cap. Ton c/u.
04	Und	Tirfor de Cable	Cap. 5 Ton c/u.
50	M	Cable de Acero	Diámetro 3/8"
50	M	Cable de Acero	Diámetro 1/2"
30	M	Cable de Acero	Diámetro 3/4"
30	M	Cable de Acero	Diámetro 1"
10	Und	Combas	2 1/2 Libras
04	Und	Combas	30 Libras
04	Und	Combas	15 Libras
06	Und	Niveles de Aluminio	Longitud 25"
04	Und	Reglas Paralelas de Aluminio	2" x 4" x 2 " x 3 m.
06	Und	Escuadras de Tope	12"
12	Und	Escuadras de Platinas	12" x 24"
06	Und	Llaves Francesas	2 de 10" y 2 de 12"
12	Und	Rayadores punta de diamante	
12	Und	Tenazas de Soldar porta electrodos	500 Amperios
04	Und	Alicates	6"
42	Und	Winchas Metálicas	24 de 3.0 m, 12 de 7.5 m, y 06 de 15.0 m.
03	Und	Winchas Metálicas	2 de 50.0 m y 01 de 100 m.

2.3.2.5 Insumos

En este grupo están incluidos todos los materiales consumibles que fueron necesarios para la ejecución de los diferentes trabajos del proceso

Cantidad	Unidad	Insumo	Característica
40	P2	Tablas de Madera	8" x 1.5" x 10'
03	Madeja	Cordel	Diámetro 1/16"
01	Madeja	Sedal para Pesca	Diámetro 1/8"
200	M	Cuerda de Piano	Diámetro 1/32"
80	Und	Bloques de Concreto Armado	1.00 x 0.70 x 0.85 m
18	Pieza	Marcadores de Metal	Color Blanco
06	Pieza	Marcadores de Metal	Color Amarillo
12	Juego	Tintes Penetrantes	

PLANCHAS DE ACERO

N°	Cant.	Pieza	Dimensiones (mm)			Calidad	Peso (Kg)	Area (M2)	Observaciones
			Espesor	Ancho	Longitud				
1.0	1	Plancha	3	1220	1800	EC-24	51.72	2.2	
2.0	1	PI	4	1220	2400	EC-24	91.94	2.9	
3.0	1	PI	5	1220	900	EC-24	43.10	1.1	
4.0	4	PI	6.35	1520	6000	EC-24	1,818.44	36.5	
5.0	55	PI	8	1520	6000	EC-24	31,500.48	501.6	
6.0	14	PI	9.5	1520	6000	EC-24	9,521.74	127.7	
7.0	1	PI	9.5	1520	3000	EC-24	340.06	4.6	
8.0	1	PI	12	1520	6000	EC-24	859.10	9.1	
9.0	1	PI	12	1520	3000	EC-24	429.55	4.6	
10.0	36	PI	12.5	1520	6000	EC-24	32,216.40	328.3	
11.0	25	PI	16	1520	6000	EC-24	28,636.80	228.0	
12.0	18	PI	20	1520	6000	EC-24	25,773.12	164.2	
13.0	24	PI	25	1520	6000	EC-24	42,955.20	218.9	
14.0	16	PI	32	1220	6000	EC-24	29,420.54	117.1	
15.0	6	PI	32	1220	4800	EC-24	8,826.16	35.1	
16.0	1	PI	40	1220	1000	EC-24	383.08	1.2	
17.0	1	PI	50	1220	1000	EC-24	478.85	1.2	
18.0	2	PI	20	1220	6000	EC-35	2,298.48	14.6	
19.0	2	PI	20	1220	5400	EC-35	2,068.63	13.2	
20.0	2	PI	20	1220	4800	EC-35	1,838.78	11.7	
21.0	2	PI	25	1220	6000	EC-35	2,873.10	14.6	
22.0	2	PI	25	1220	5400	EC-35	2,585.79	13.2	
23.0	2	PI	32	1220	5400	EC-35	3,309.81	13.2	
24.0	1	PI	32	1220	3600	EC-35	1,103.27	4.4	
25.0	1	PI	90	1000	1300	EC-35	918.45	1.3	
26.0	1	PI	100	900	900	EC-35	635.85	0.8	
							230,978.50	1,871.3	

ANGULOS DE ACERO										
N°	Cant.	Pieza	Dimensiones (mm)				Calidad	Peso (Kg)	Longitud (Pie)	Observaciones
			Espesor	Ala1	Ala2	Longitud				
1.0	60	Angulo	12.7	76.2	76.2	6000	A-36	5,013.86	1,181.1	Barandas
2.0	4	Ang.	12	100	100	6000	A-36	425.03	78.7	
3.0	18	Ang.	9.5	101.6	101.6	6000	A-36	1,560.08	354.3	
								6,999.00	1,614.2	

BARRA REDONDA Y TUBOS										
N°	Cant.	Pieza	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Calidad	Peso (Kg)	Longitud (Pie)	Observaciones		
										1.0
2.0	1	B. Red.	38	6000	SAE-1020	53.4	19.7			
3.0	1	B. Red.	38	3000	SAE-1020	26.7	9.8			
4.0	1	B. Red.	32	1000	SAE-1045	6.3	3.3			
5.0	1	B. Red.	46	500	SAE-1015	6.5	1.6			
6.0	1	Tubo SCH-40	101.6	6000	A-53	25.9	19.7	Tubos de Drenaje		
7.0	1	Tubo SCH-40	101.6	1200	A-53	5.2	3.9			
8.0	1	Tubo SCH-40	203.2	1500	A-53	13.0	4.9			
							196.70	259.9		

PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

N°	Cant.	Pieza	Dimensiones (mm)		Calidad	Peso (Kg)	Observaciones	
			Diámetro	Longitud				
1.0	134	Perno C. Hexag.	M 16	x	A 325	45	16.10	Para todos los tipos de piezas se ha considerando un 5% adicional para repuesto.
2.0	202					50	25.86	
3.0	916					55	124.52	
4.0	571					60	82.13	
5.0	319					65	48.40	
6.0	185					70	29.53	
7.0	153	Perno C. Hexag.	M 20	x	A 325	45	29.46	
8.0	193					50	39.55	
9.0	42					55	9.12	
10.0	239					60	54.87	
11.0	592					65	143.20	
12.0	454					70	115.42	
13.0	613					75	163.40	
14.0	554					80	154.50	
15.0	437					90	132.65	
16.0	134					95	42.33	
17.0	76	Perno C. Hexag.	M 24	x	A 325	60	29.82	
18.0	50					65	20.50	
19.0	269					70	115.09	
20.0	84					75	37.43	
21.0	185					80	85.72	
22.0	1,512					85	727.45	
23.0	739					100	394.91	
24.0	101					115	59.35	
25.0	17					150	12.10	
26.0	50					170	39.15	
27.0	202	Perno C. Hexag.	M 27	x	A 325	85	128.00	
28.0	806					100	565.06	
29.0	134					135	115.02	
30.0	2,327	Tuerca Hexagonal		M	A 563	16	121.49	
31.0	3,411					20	279.12	
32.0	3,083					24	628.85	
33.0	1,142					27	319.03	
34.0	4,654	Arandela Plana		M	F 436	17	74.92	
35.0	6,822					21	134.96	
36.0	6,166					25	198.33	
37.0	2,284					28	87.65	
Total						5,386.00		

Resumen Estructura Metálica Reticulada

Planchas de Acero	230,978.50	Kg
Angulos	6,999.00	Kg
Barras Redondas + Tubos de Drenaje	196.70	Kg
Pernos de Alta Resistencia ASTM A 325	5,386.00	Kg
	Peso Bruto Total	243,560 Kg
	Peso Neto Total	214,205 Kg
	Area Neta a Pintar	2,911 M2

Cantidad de Pernos

Pernos	9,963	Und
Tuercas	9,963	Und
Arandelas Planas	19,926	Und

INSUMOS MATERIALES			
N°	Cant.	Und	Descripción
1.0	300	Galón	Pintura Anticorrosiva Epóxica
2.0	75	Galón	Solvente
3.0	184	Galón	Pintura Esmalte Epóxica
4.0	41	Galón	Solvente
5.0	6	Galón	Barniz Marino
6.0	6	Galón	Aguarrás Mineral
7.0	8,520	Kg	Soldadura
8.0	3,900	M3	Oxígeno
9.0	700	M3	Acetileno
10.0	260	Piezas	Discos de Esmeril
11.0	8	Juego	Tinte Penetrante
12.0	200	Und	Placas Rayos X
13.0	125	M3	Arena Fina

BARRA REDONDA								
N°	Cant.	Pieza	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Calidad	Peso (Kg)	Longitud (Pie)	Observaciones
1.0	3	Barra Redonda	18	6000	SAE-1060	36.0	59.1	Barras para la fabricación de pines a ser utilizados en el ensamblaje
2.0	10	B. Red.	22	6000	SAE-1060	179.0	196.9	
3.0	10	B. Red.	26	6000	SAE-1060	250.1	196.9	
4.0	4	B. Red.	29	6000	SAE-1060	124.4	78.7	
						589.60	531.5	

PLANEAMIENTO DE SUPERVISION

3.1 GENERALIDADES

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción luego de celebrar con el Contratista el Contrato de Adquisición de la Estructura Metálica Reticulada para el puente Santo Cristo, lleva a cabo un proceso de selección de la Firma Consultora de Ingeniería que se encargaría de la Supervisión y Control de la Fabricación de la mencionada estructura para lo cual también celebra un Contrato por este concepto.

Sobre la base de aquellos documentos legales mencionados firmados recientemente, los cuales delimitaban las responsabilidades de las partes, el equipo de supervisión se dedicó a revisar minuciosamente el Expediente Técnico con la finalidad de tener un conocimiento más directo de todos los requerimientos que debían cumplirse o ejecutarse. Al fin, con más elementos de juicio que resultaron de la revisión anterior se planificó la estrategia de funcionamiento de toda la organización de la supervisión.

En todo momento el equipo de supervisión actuó teniendo presente como principio que siempre se debían salvaguardar los intereses del Ministerio, los cuales por lo general consisten en velar por el uso correcto del monto asignado a la adquisición de esta estructura metálica, así como también efectuar una vigilancia continua del proceso de fabricación para que la calidad del producto final entregado sea la especificada en el Expediente Técnico, chequear la validez de los certificados de calidad, llevar un control de los documentos y otros derivados.

3.2 OBJETIVOS

Los objetivos principales para la Supervisión y Control de la Fabricación de la Estructura Metálica Reticulada del Puente Santo Cristo, ya se encontraban en forma implícita dentro de las cláusulas tanto del Contrato de Adquisición como del Contrato de Supervisión; si bien es cierto que legalmente las acciones de la supervisión se rigen de manera exclusiva por lo que está dispuesto en su propio contrato y el reglamento correspondiente, también es cierto que es práctica común tener conocimiento de las cláusulas contenidas en el contrato del fabricante o de adquisición en este caso, de manera que los objetivos se desprenden en forma natural de estos contratos y por las disposiciones pertinentes que pueden encontrarse en el Reglamento que corresponda.

A continuación, se describen brevemente los objetivos principales, en función de los cuales se desarrollaron las actividades de la Supervisión, y éstas se pueden dividir en (02) dos partes complementarias entre sí, como son:

3.2.1 VERIFICACION Y CONTROL DE GABINETE

3.2.1.1 Verificación de la Consistencia del Proyecto Estructural

Está referido al chequeo de la correspondencia correcta entre las Especificaciones Técnicas, Notas de Cálculo y los Planos Estructurales, es decir, se buscan probables incongruencias que si llegan a manifestarse durante el proceso de fabricación pueden resultar muy perjudiciales al normal desarrollo de los trabajos, por ejemplo: la cantidad, tipo y tamaño de los pernos de alta resistencia que se usarán en las conexiones empernadas deben estar en correspondencia con las notas de cálculo, y también con los planos donde son mostrados; otro caso puede ser que una determinada dimensión no tiene el mismo valor cuando se observan los diferentes planos donde es mostrado; también es preciso verificar el sistema de pintura que se aplicará, etc.

3.2.1.2 Revisión de los Planos de Fabricación

Los planos de fabricación son elaborados con el detalle suficiente por el fabricante quien también los somete a revisión respecto a la codificación de los diferentes elementos, también la geometría y las acotaciones dimensionales son chequeadas de manera que el posterior ensamblaje de los miembros sea consistente, el diseño de juntas entre elementos soldados y otros; éstas labores también serán realizadas por la Supervisión como segunda instancia pero no definitiva ya que es posible que después aún persistan todavía algunas pequeñas inconsistencias; una herramienta muy útil en este proceso de revisión es el empleo de software de dibujo asistido por computadora como Autocad por ejemplo, donde la obtención de alta precisión en las medidas es de gran valor por cuanto se suprimen los errores potenciales de un método menos refinado y al final se evitan casos con consecuencias perjudiciales serias que afectarían el normal desarrollo de la fabricación. Adicionalmente, los planos de fabricación permiten al Supervisor tener un pleno conocimiento panorámico más profundo de todos los elementos, que es muy necesario a la hora de efectuar revisiones.

Como consecuencia directa de los planos de fabricación bien elaborados y/o revisados es posible también obtener casi paralelamente los planos de corte de planchas de acero y con ello automáticamente se tienen los requerimientos de planchas de acero en los diferentes formatos, así como del resto de los materiales.

3.2.1.3 Chequeo de los Certificados de Calidad de los Materiales

Otro de los objetivos de la Supervisión consiste en la verificación oportuna de la calidad de los materiales principales suministrados tales como: planchas de acero, electrodos y alambres de soldadura, pernos de alta resistencia y pinturas epóxicas, ésta verificación permite el chequeo de los certificados de calidad emitidos por los fabricantes particulares de los materiales utilizados, los parámetros que se muestran en dichos certificados deben ser comparados con los requerimientos de calidad estándar establecidos conforme a las especificaciones técnicas; de no satisfacer la calidad requerida de acuerdo al estándar, la Supervisión exigirá la ejecución de todas las pruebas necesarias en algún laboratorio de materiales de reconocido prestigio en nuestro medio; en seguida y luego de obtener los resultados se aprobará o rechazará la utilización de los materiales involucrados.

Los estándares de referencia para los materiales principales son:

- Planchas de Acero ASTM A36
- Electrodo y Alambres de Soldadura AWS

- Pernos de Alta Resistencia
- Pintura Epóxica

ASTM A325
AASHTO-96

3.2.1.4 Chequeo de la Inversión

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción contrata mediante la modalidad A Suma Alzada, la Adquisición de la Estructura Metálica Reticulada del Puente Santo Cristo, asumiendo la obligación de pagar al fabricante por el mismo concepto un monto total equivalente a U.S. \$ 395,532.80 (TC = 2.621) el cual incluye el costo de estructuras, 5% de repuestos de los pernos de alta resistencia, y el 5% del monto total ofertado por el fabricante en herramientas, adicionalmente el monto total incluye implícitamente los costos concernientes a transporte, seguro, Impuesto General a las Ventas y todo gasto necesario para entregar dichos bienes en los almacenes del MTC en Lima. Los montos consignados se muestran en el cuadro siguiente:

N°	DESCRIPCION	PRECIO U.S. \$	
		Parcial	Total
1.0	Estructura Metálica Puente Santo Cristo	371'936.00	
2.0	Costo de Repuestos (pernos de alta resistencia)	5,000.00	
3.0	Costo de Herramientas	18,596.80	
	Precio (Almacén MTC)		395,532.80

Dentro de las cláusulas del Contrato también se determinó la forma de pago, habiéndose establecido del modo siguiente:

- 50% de adelanto en efectivo previa presentación de Carta Fianza por el mismo monto luego de la firma del contrato de adquisición.
- Saldo contra entrega de todos los bienes contratados.

En conclusión, como se puede apreciar el control de pagos es indirecto, y se llevará a cabo mediante la Supervisión continua de todo el proceso hasta cuando el fabricante entregue los bienes contratados con la conformidad respectiva y sean puestos en los almacenes del MTC en Lima; posteriormente el propietario cancelará al fabricante el saldo por pagar.

3.2.2 SUPERVISION Y CONTROL EN TALLER

El equipo de Supervisión también se trazó objetivos concretos con respecto al desarrollo de sus actividades en el taller, para que en forma paralela a la ejecución del proceso de fabricación se ponga en funcionamiento la estrategia que se está planificando; tales actividades están orientadas a verificar la calidad de los materiales,

supervisar la correcta ejecución de los ensayos de control de calidad, chequeo de las dimensiones de los miembros, ensamblaje de la estructura, marcas y otros.

En primera instancia, las actividades tenían que desarrollarse conforme al calendario de ejecución programado, pero por razones de fuerza mayor que afectaron el normal suministro de materiales el plazo contractual fue ampliado, en vista de esta situación la Supervisión ordenó reprogramar los trabajos, con resultados finales donde se vio que no siempre es posible cumplir lo previsto, pero en todo caso lo importante era proceder en pro de los intereses del Ministerio.

3.2.2.1 Verificación de la Calificación del Personal del Fabricante

Del cuadro de personal asignado por el fabricante para la ejecución de esta obra, el equipo de Supervisión verificó que los profesionales, técnicos y obreros reunieran la debida calificación que asegurara un adecuado desenvolvimiento del proceso de fabricación; en el caso del personal profesional estuvo compuesto por dos (02) Ingenieros con amplia experiencia en la fabricación de estructuras metálicas, a quienes sólo fue necesario revisar sus certificados laborales anteriores, metodología que también se aplicó al personal técnico. En cuanto, al caso de los obreros, también se revisó el currículum vitae de cada uno de ellos, tratándose casi todos de ex trabajadores del SIMA-CHIMBOTE durante muchos años, lo cual era conveniente para los fines de esta obra.

Como en todo proceso de fabricación de estructuras de acero, siempre es necesario probar la habilidad actual de los soldadores para producir soldaduras de calidad adecuada conforme a los estándares del reglamento ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code, en virtud del cual, se solicitó al fabricante proporcionar los Certificados de Calificación de todos los soldadores involucrados, habiéndose observado en tales documentos lo siguiente:

- Las pruebas fueron de recalificación para soldadura sobre planchas de acero ya que se encontraban inactivos por más de seis meses que es el límite máximo permitido por el reglamento para la vigencia del certificado anterior.
- Las posiciones para calificación de cada soldador fueron 3G (soldadura de ranura vertical) y 3F (soldadura de filete vertical), los cuales son suficientes para calificar al resto de las posiciones.
- Para soldaduras de ranura de espesor ilimitado se soldaron dos (02) probetas de 150 x125 x 25 mm; y para el caso de soldaduras de filete se soldaron dos (02) probetas planas de 175 x 40 x 10 mm. Todas las probetas fueron sometidas a la prueba radiográfica con resultados satisfactorios.
- Todos los soldadores fueron recalificados para el proceso de soldadura SMAW con electrodos E-XX18, suficiente para las necesidades de la obra.

3.2.2.2 Habilitación de Planchas de Acero

La actividad de verificación de la habilitación de las planchas de acero comienza desde cuando son recepcionados en el almacén del taller de fabricación, y los certificados de calidad que vienen adjuntos serán revisados y en caso de estar conforme el paso siguiente (ya durante los trabajos de habilitación en sí) consistirá en la verificación del estado de los elementos que se van obteniendo siendo importante que las superficies y

bordes a ser soldados sean lisos, uniforme y libre de rebabas, lágrimas, grietas, y otras discontinuidades que afectarían la calidad o resistencia de la soldadura adversamente.

Las superficies a ser soldados y las superficies adyacentes a una soldadura también serán libre de escamas, escoria, óxido, humedad, grasa, y otro material extraño que ocasionarán defectos indeseados o humos inaceptables.

También es importante chequear conforme a los planos, especificaciones técnicas, y el reglamento otros aspectos tales como: preparación de las juntas, métodos de enderezado en frío y en caliente de las planchas de acero antes y después de la soldadura.

3.2.2.3 Ensamblaje de Miembros

En esta etapa lo que se pretende en forma principal es lograr que se cumplan requisitos tales como, la geometría correcta de todos los elementos que corresponden a cada miembros estructural, así como la correcta geometría de cada miembro estructural inmediatamente antes de ser sometido a la aplicación de la soldadura, dentro de cada caso es importante verificar la preparación y el arreglo geométrico de cada junta que será soldada.

Como en toda Obra de Ingeniería es imposible suprimir totalmente las diferentes clases de error, es por ello que en la práctica real y de acuerdo a un nivel de calidad requerido, se imponen límites a los errores los que denominamos tolerancias dimensionales que se encuentran estandarizadas y establecidas como referencia en las especificaciones de la AISC y de la AASHTO..

3.2.2.4 Pruebas de Control de Calidad de la Soldadura

Todas las juntas soldadas serán sometidas a pruebas de control de calidad por todos los métodos adecuados a cada caso y sobre todo conforme a las especificaciones de ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code; la tarea de control por inspección visual se llevará a cabo en forma directa e inmediatamente después que los cordones de soldadura hayan enfriado a la temperatura ambiente, este chequeo buscará detectar defectos visibles como: excesiva socavación, grietas, traslapes, presencia de escoria, fusión incompleta, porosidades y otros. También se verificará que durante la aplicación de la soldadura se use en forma sostenida y adecuada los tintes penetrantes que permiten revelar la presencia de porosidades perjudiciales.

Para las pruebas que requieren equipo especial como la radiográfica, ultrasonido o de partículas magnéticas es preferible que sean tomados por terceros con la finalidad de asegurar la imparcialidad; en esta situación la Supervisión controlará que todas las juntas soldadas sean inspeccionadas por el método apropiado de acuerdo a reglamento, y la verificación de la consistencia en cuanto a la interpretación de los resultados mostrados en los informes técnicos.

3.2.2.5 Maquinado de Miembros

Existen trabajos en los que los miembros estructurales son sometidos a la operación directa de máquinas herramientas que se encargan, por ejemplo, de la perforación de los agujeros de conexión donde serán colocados los pernos de alta resistencia, otro trabajo no menos importante está referido a la preparación de los aparatos de apoyo mediante proceso de limado de planchas de acero.

El primer caso concerniente a la perforación de los agujeros de conexión es verificar los números y por diámetro establecidos en cada nudo, siendo de vital importancia chequear la consistencia de los procedimientos adoptados para que el arreglo geométrico en cada caso sea correcto y no existan incongruencias de alineamiento o sincronización incorrecta de los agujeros en los nudos a la hora del ensamblaje de la estructura reticulada en general. Respecto a los aparatos de apoyo basta con revisar que las dimensiones sean concordantes con los planos.

3.2.2.6 Chequeo del Ensamblaje de la Estructura Reticulada

La finalidad de esta actividad es la verificar que la geometría que se va obteniendo del conjunto estructural conforme se van ensamblando los miembros entre sí es la que estaba establecida en los planos y no existan inconvenientes para cuando la estructura es montada cuando es puesta al servicio público; en todo caso, las dimensiones serán totalmente consistentes sin dar lugar a diferencias que pueden resultar perjudiciales.

Un aspecto importante es la medición de la contraflecha de las armaduras reticuladas cuando no se encuentran sometidos a la acción de carga alguna y ver también que las longitudes reales de los miembros de la brida superior son correctos y existe congruencia con la geometría de la mencionada contraflecha.

En esta etapa es probable que los agujeros en la uniones empernadas no coincidan y existan ligeros desplazamientos, razón por la cual es necesaria la re-perforación de los agujeros, al tiempo que se toma el registro apropiado para que se corrijan los defectos resultantes luego del desensamblaje de la estructura.

3.2.2.7 Verificación de la Pintura

Las especificaciones técnicas indican que el sistema de pintura a utilizar será de tipo epóxico, entonces lo que queda es chequear que la pintura sea utilizada se encuentre en estado fresco de primera mano, con los certificados de calidad adjuntos, y sea aplicada bajo las recomendaciones dadas por el fabricante, con los requisitos de espesores mínimos establecidas en el reglamento AASHTO. Los espesores de la película de pintura aplicada serán medidos en estado húmedo y en estado seco.

Previamente a la aplicación de la pintura es importante que la preparación o limpieza de las superficies a pintar se lleven a cabo por algún método adecuado al caso hasta lograr el grado requerido, el cual será verificado al comparar el estado de la superficie física lograda sobre la base del estándar de procedimientos con la descripción textual y la apariencia fotográfica tomada como patrón.

3.2.2.8 Control de Calidad de los Pernos de Alta Resistencia

Las especificaciones técnicas establecen que los pernos de alta resistencia serán de calidad ASTM A325, en consecuencia, los pernos que suministre el fabricante deberán reunir los requisitos de calidad pre-establecidos en la mencionada norma, sean éstos de importación o de fabricación nacional y en todo caso la única forma de aprobar el suministro de este material es cuando el fabricante luego de proporcionar los certificados de calidad se encuentre que los mismos reflejan las exigencias de la norma ASTM A325 y además sean consistentes entre sí y con lote que representan.

En caso de no cumplir con algún requisito contemplado en la norma el lote suministrado pendiente de aprobación será rechazado y retirado del almacén del MTC por cuenta del fabricante.

Es posible que se den situaciones en las que el fabricante proponga suministrar pernos de alta resistencia cuya calidad sea similar o superior que aquel que describe la norma ASTM A325, en tal sentido es válido el cambio propuesto siempre y cuando no signifique reconocimiento de mayores costos y cambios significativos en el diseño estructural mostrado en los planos.

3.2.2.9 Control de Avance del Programa de Fabricación

El Contratista luego de haber firmado el contrato de adquisición y antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la fabricación de la estructura reticulada del puente Santo Cristo, llevará a cabo la elaboración del Calendario de Avance de Fabricación en el cual se distinguirán todas las actividades según cada tipo y la duración estimada en concordancia con el plazo contractual vigente.

Durante la ejecución de la fabricación es posible que se presenten situaciones internas o externas que alteren el normal desenvolvimiento de las actividades, razón por la cual el Calendario de Avance de Fabricación sufrirá modificación, y será susceptible de aprobación por parte de la Supervisión siempre y cuando se traten de causales debidamente fundamentadas y contempladas en las cláusulas del contrato de adquisición.

3.3 ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE SUPERVISION

Para la organización del equipo de Supervisión se ha tenido en consideración, por un lado las obligaciones contraídas con el propietario de la obra, esto es el MTC, mediante el contrato para la supervisión y control de la fabricación de la estructura metálica del puente Santo Cristo, siendo tales obligaciones de carácter técnico y legal, enmarcados dentro de un plazo.

Por otro lado, como derivado del contrato de supervisión y de los documentos del proyecto de la obra en sí, el equipo encargado de la supervisión, llevó a cabo una tarea de identificación de los objetivos principales a desarrollarse en gabinete como durante las actividades de fabricación en el taller, al mismo tiempo se definen en primera instancia las acciones generales para la realización de las metas, y en tal sentido es posible que en el transcurso las actividades de la supervisión sufran cambios de adaptación.

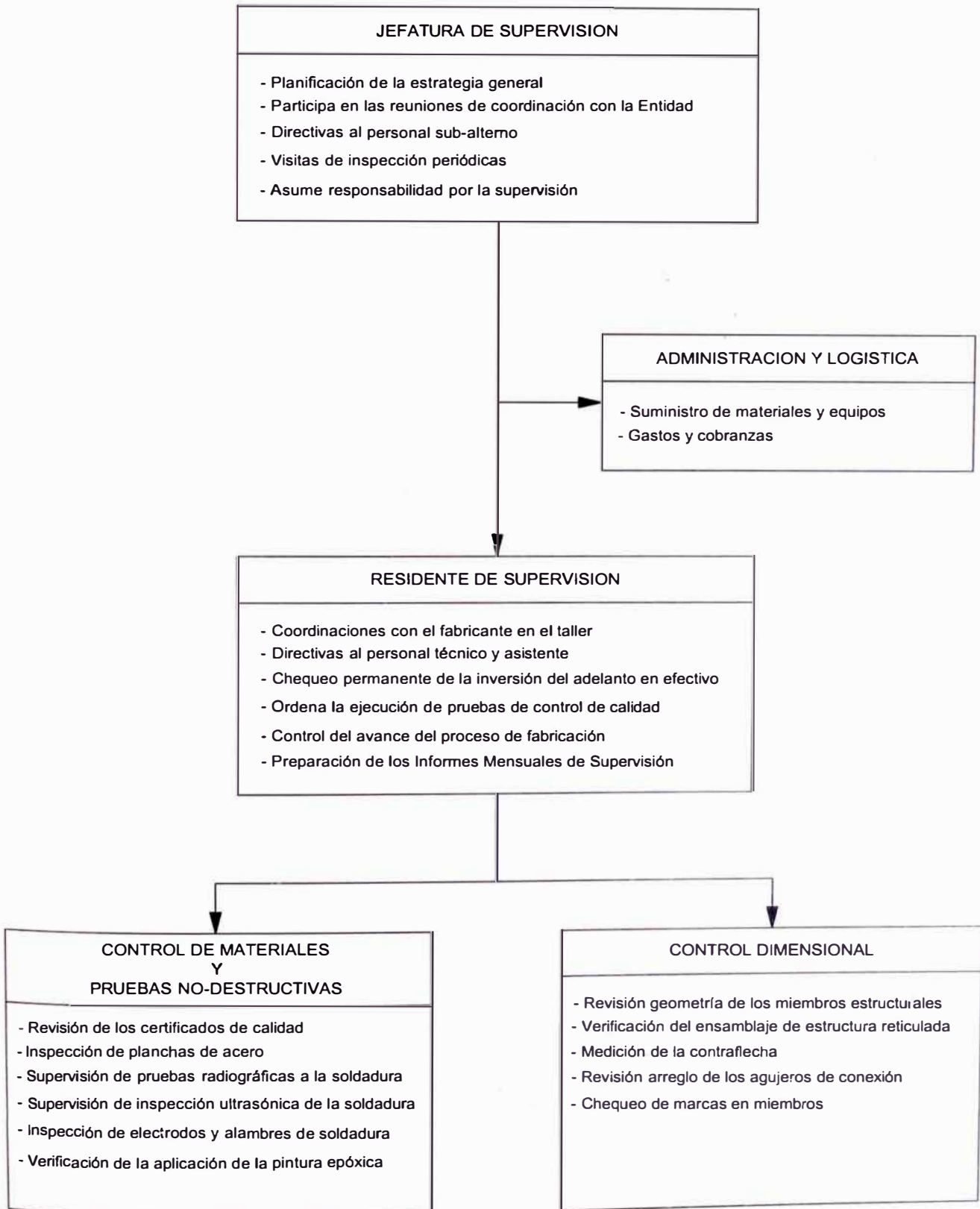
En consecuencia, el equipo de supervisión establece y pone en operación una organización en pro de alcanzar las metas correspondientes a los objetivos trazados, no siendo la única forma válida para abordar y responder por las responsabilidades inherentes cuando se lleva a cabo la ejecución de una obra pública.

3.3.1 Organigrama

La organización del equipo de supervisión está formada en su interior por áreas que se inter-relacionan vertical y horizontalmente entre sí, o dicho de otra manera, los niveles de responsabilidad determinan el orden jerárquico, mientras que la división por grupos de tareas que se complementan entre sí, determinan el orden horizontal.

En el organigrama siguiente se representa gráficamente la organización interna del equipo de supervisión.

ORGANIGRAMA



3.3.2 Funciones Específicas

Las funciones específicas que cada una de las áreas debe desarrollar como requerimiento mínimo, sin que ellos signifiquen limitación alguna, son las siguientes:

3.3.2.1 Jefatura de Supervisión

- Planifica la estrategia general para alcanzar como mínimo las obligaciones especificadas en las cláusulas del contrato de supervisión.
- Participa de las reuniones de coordinación con los funcionarios de la Entidad sobre asuntos relacionados al avance de la fabricación, estado de la situación en algún momento dado, toma de decisiones en pro de salvaguardar los intereses de la Entidad.
- Dar directivas al Residente de Supervisión y al Área de Administración y Logística sobre las metas que se desprenden del contrato de supervisión; además convocar periódicamente a reuniones de trabajo con fines de evaluación.
- Visitas de inspección periódicas a los talleres del contratista para verificar el estado de la situación de la fabricación a la fecha de cada visita.
- Asume responsabilidad total por las acciones y resultados obtenidos por el equipo de supervisión.

3.3.2.2 Administración y Logística

- Suministro de materiales y equipos para el desempeño de funciones del personal tanto en gabinete como en campo.
- Registro de gastos en general y verificación de la inversión.
- Cobranzas mensuales a la Entidad por los trabajos ejecutados por la Supervisión en cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

3.3.2.3 Residente de Supervisión

- Coordinaciones directas con el Ingeniero Residente del fabricante para el chequeo del avance de la fabricación.
- Dar directivas al personal asistente para verificar que el contratista cumpla con las especificaciones técnicas contractuales y reglamentarias durante el proceso de fabricación.
- Verificar si el contratista invierte en forma real el adelanto en efectivo cancelado por la Entidad, en la fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo; incluye la verificación oportuna sobre la vigencia de las cartas fianza establecidas en el contrato de adquisición.
- Ordenar al fabricante la ejecución de las pruebas de control de calidad necesarias conforme a los requerimientos contractuales y reglamentarios.

- Control del avance de los trabajos que lleva a cabo el contratista de acuerdo al Cronograma de Avance Fabricación Programado en vigencia.
- Verificación de los bienes que entrega el fabricante en el almacén de la Entidad.
- Preparación de los Informes de Supervisión Mensuales.

3.3.2.4 Control Materiales y Pruebas No-Destructivas

- Revisión de los certificados de calidad de los materiales suministrados conforme a los estándares especificados en los reglamentos.
- Revisión de las planchas de acero en búsqueda de defectos que descarten la utilización de alguna de ellas; y el chequeo sobre el manejo de los electrodos de soldadura.
- Supervisión de la toma de pruebas de control de calidad por inspección radiográfica y revisión de los informes técnicos.
- Supervisión de la toma de pruebas de control de calidad por inspección ultrasónica y revisión de los informes técnicos.
- Chequeo de la aplicación de la pintura epóxica conforme a las recomendaciones del fabricante y medición de los espesores de película de la pintura aplicada en estado húmedo y en estado seco.

3.3.2.5 Control Dimensional

- Revisar en forma continua y constatar que los miembros estructurales sean fabricados con la geometría y las dimensiones establecidas en los planos teniendo en consideración las tolerancias de reglamento.
- Chequeo durante todo el proceso de ensamblaje de las armaduras reticuladas sobre la geometría que se va obteniendo el cual debe tener correspondencia con los planos.
- Medición de la contraflecha estando la estructura reticulada totalmente ensamblada en horas de máxima y mínima temperatura.
- Revisión del arreglo de posición de las perforaciones correspondientes a los agujeros de conexión conforme los miembros estructurales se van ensamblando entre sí, y registro de defectos para posteriormente verificar su corrección.
- Monitoreo del avance de los trabajos de fabricación; así como de la elaboración de dibujos auxiliares en sistema CAD.
- Chequeo del marcado de los miembros estructurales por estampado directo.

3.3.3 Equipamiento

Para el desarrollo de las funciones generales del personal principal y auxiliar perteneciente a las diferentes áreas de la organización de la supervisión se ha dispuesto de lo siguiente:

DOCUMENTOS
Contrato de Adquisición Contrato de Supervisión y Control Estándares, Especificaciones y Recomendaciones contenidas en los reglamentos y manuales siguientes: ASTM A36 ASTM A325 AASHTO-96 ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code Manual of Steel Construction – AISC Bridge Construction Inspection Manual, FHWA
EQUIPOS
Equipo de Cómputo completo Welding Inspectors Tool Kit - AWS Para el control de espesores de planchas de acero e inspección visual de la soldadura. 01 Medidor Digital de Temperatura 01 Medidor Digital de la Humedad Relativa del ambiente 01 Termómetro ambiental 01 Teodolito 01 Nivel de Ingeniería 01 Wincha de 3 m 01 Wincha de Acero de 50 m 01 Cámara Fotográfica 01 Camioneta
MATERIALES
Materiales de Oficina en General 02 Marcadores de metal

SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE FABRICACION

4.1 GENERALIDADES

Luego de haber evaluado los alcances de la fabricación y desarrollado el plan de la supervisión comenzando con la identificación de objetivos y metas concretas, seguido del planeamiento de la estrategia que permitiera como mínimo dar cumplimiento a los requisitos de calidad especificados en el Expediente Técnico y por último la asignación de los recursos humanos, materiales, y equipos para el funcionamiento real y concreto del aparato de supervisión.

Ahora bien, en esta parte se tratará directamente de cómo se han llevado a cabo las labores de supervisión y control del proceso de fabricación, tanto en gabinete como en el taller, habiéndose tratado entre otras cosas aspectos relacionados a certificados de calidad, tolerancias dimensionales, control de calidad de la soldadura, ensamblaje de la estructura, marcado, pernos de alta resistencia, pintura, etc.

4.2 PROGRAMACION DE LA FABRICACION

Antes de comenzar con las actividades de fabricación, en primera instancia, el personal técnico del Contratista se encargó de evaluar con más detalle las metas por cumplir, y sobre esta base todas las actividades fueron programadas para ser ejecutadas coherentemente entre sí dentro del plazo contractual establecido; cuyo resultado final fue la elaboración del Calendario de Avance de Fabricación convirtiéndose en instrumento de control como se verá a continuación:

4.2.1 Calendario de Avance de Fabricación

Mediante el Calendario de Avance de Fabricación elaborado por el Contratista, la supervisión toma conocimiento del mismo y procede a evaluar la consistencia de la información allí mostrada, encontrando que se han incluido las actividades generales y algunas otras que pueden ser eventos, todo dentro del plazo contractual establecido, información que resulta ser suficiente para el control por parte de la supervisión sobre la duración relativa de las actividades.

Como producto derivado de este documento se obtiene el Calendario de Adquisición de Materiales el cual tiene una utilidad relativa pues señala al Area de Logística del fabricante las fechas límite para que los materiales sean puestos en el almacén a fin de no incurrir en retrasos; por el lado de la supervisión representa un compromiso que el fabricante asume el cual si no lo cumple se convierte en una causal en su contra.

Como se verá más adelante, el Calendario de Avance de Fabricación sufrió modificaciones de ampliación de plazo, debido a causales como la rectificación geométrica de la contraflecha no contemplada en el contrato de adquisición y por motivos de fuerza mayor que impidieron el normal suministro de las planchas de acero.

**CALENDARIO DE AVANCE DE FABRICACION PROGRAMADO
ESTRUCTURA METALICA RETICULADA - PUENTE SANTO CRISTO**

DESCRIPCION	PESO	MAY '97	PLAZO PROGRAMADO (150 dias calendario)												
			JUNIO '97		JULIO '97			AGOSTO '97			SEPT. '97		OCT '97		
	G	29-31	09-15	16-22	30-06	07-13	1-20	21-28	03-10	11-17	18-24	25-31	01-07	08-14	15-21

FABRICACION DE ELEMENTOS

DE FABRICACION

62268.90

49828.90

237.1

37208.10

9257.10

23696.40

22233.90

6896.10

1055.40

4339.30

2793.80

253.10

.0

DESCRIPCION

PLAZO PROGRAMADO (150 dias calendario)

DESCRIPCION	PESO	MAY '97	PLAZO PROGRAMADO (150 dias calendario)																	
			JUNIO '97		JULIO '97			AGOSTO '97			SEPT. '97		OCT '97							
	A325	29-31	02-08	09-15	16-22	23-29	30-06	07-13	14-20	1-7	8-14	15-21	28-03	04-10	11-17	18-24	25-31	01-07	08-14	15-21

ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA

A325

PERFORACION

4.3 INSPECCION Y CONTROL DE ACTIVIDADES

4.3.1 Habilitación de Elementos de Miembros

Luego de que los planos de taller han sido elaborados y sometidos a una revisión que verifique la consistencia de las dimensiones, preparación de los bordes para empalmes soldados, posición de los agujeros, y que todas las partes ensamblen adecuadamente entre sí; entonces como consecuencia inmediata el Contratista también se encargó de preparar los planos de corte de las planchas de acero, con el objetivo principal de que se constituya en un instrumento para que la producción de las piezas sea ordenada, libre de movimientos innecesarios y sobre todo las cantidades de adquisición sean las mínimas posibles.

En el taller de fabricación, de acuerdo con los planos de corte algunas planchas de acero son empalmadas entre sí mediante soldadura a tope, luego de enderezarlas se realiza sobre cada una de ellas el trazado de las piezas correspondientes; el corte así como la preparación de los bordes de las piezas fue ejecutado por el método de oxicorte. Paralelamente las labores complementarias de enderezado de las planchas que eventualmente se distorsionan se realizaron en frío y en algunos casos aislados fue necesario el aporte auxiliar de calor por flama de fuego teniendo cuidado de no sobrepasar el límite de temperatura admisible.

4.3.1.1 Identificación del Acero en Taller

Respecto al sistema de identificación del acero durante las labores de fabricación en el taller, cabe mencionar que no fue necesario diseñar una codificación especial ya que bastaba en primera instancia, tener presente que las planchas se suministraron sólo en dos calidades (EC-24 y EC-35) que podían observarse por los registros impresos en cada una de las planchas las cuales se refieren al código de colada, calidad y dimensiones; en segunda instancia, las planchas inmediatamente después de recibidas eran enviadas a la zona de trabajo donde se efectuaba el trazado, labor en el cual además de marcar los límites de cada elemento o pieza, también era marcada en forma legible con el número de posición dado en los planos de fabricación que de manera directa indicaban a qué miembro estructural correspondían, e implícitamente se podía verificar la calidad del acero mediante la lista de partes de la estructura metálica reticulada, tal codificación de marca fue mantenida durante todas las fases de fabricación.

Por otro lado y a manera de ilustración se transcribe en letra cursiva las especificaciones contenidas en el Artículo 11.4.1, Sección 11, División II Construcción, correspondiente a la referencia (1).

11.4.1 Identificación de aceros durante la fabricación¹

El sistema del Contratista para el marcado y ensamblaje de las piezas individuales, y la de distribución de instrucciones de corte en el taller (generalmente por cruce de referencias de marcas de ensamblaje mostrados en los dibujos de oficina con el correspondiente ítem estipulado en la orden de compra de fábrica) deberán ser semejantes para el mantenimiento de la identidad de la pieza original.

El Contratista puede entregar el stock, de modo que el Ingeniero pueda identificar por número de carga y el reporte de prueba en fábrica.

Durante la fabricación hasta el punto del ensamblaje de los miembros, cada pieza de acero u otro acero de grado 36, deberá mostrar clara y legiblemente su especificación. Lo cual puede ser hecho escribiendo la especificación del material en la pieza o usando un color de identificación cuya descripción es mostrada en la tabla 11.4

Otros aceros, excepto los aceros de grados 36 no mencionados, no están incluidos en la especificación AASHTO M 160 (A6), éstos deberán tener un color individual cuyo código deberá ser establecido y registrado por el Ingeniero.

Las piezas de acero, y otros aceros que el de grado 36 que son prioritarias en el ensamblaje de los miembros, que están sujetos a las operaciones de fabricación como chorro de limpieza, galvanizado, calentamiento para modelado, o pintado el cual pudo borrar la marca de color de pintura del código marcado, deberán ser marcados por grados de acero, por estampado o por un rótulo firmemente adosado. El estampado fijo en el acero deberán ser tipo de bajo esfuerzo.

Por requerimiento, el Contratista deberá entregar una declaración jurada certificando que durante toda las operaciones de fabricación, se ha mantenido la identificación del acero de acuerdo con esta especificación.

TABLA 11.4 Código de Colores de Identificación

Grado 50	Verde y Amarillo
Grado 50W	Azul y Amarillo
Grado 70W	Azul y Anaranjado
Grado 100	Rojo
Grado 100W	Rojo y Anaranjado

La Tabla 11.4 mostrada anteriormente está referida a los colores de identificación para las diferentes calidades de acero que pueden haber sido consideradas en el diseño de una estructura metálica para un puente en particular, y que durante la fabricación no se genere confusión alguna por efecto de la manipulación. En conclusión, dicha tabla está orientada para ser aplicada en talleres que mueven grandes cantidades de acero

4.3.1.2 Habilitación de Planchas de Acero

Como primera medida de control de calidad del material sólo se ha permitido que para el proceso de fabricación sean utilizadas planchas de acero limpias y en buenas condiciones, es decir, libres de sustancias extrañas y defectos como dobleces irregulares agudos y pronunciados, o las que pueden producirse durante la colada, como porosidades aisladas por ejemplo, por lo cual no necesariamente existe correspondencia absoluta con el respectivo certificado de calidad; tampoco se permiten planchas con signos significativos de corrosión. La detección de defectos como las descritas exigen que la inspección visual sea constante y minuciosa a la vez.



Fig. 4.1 Detección de Porosidades

En principio, para la habilitación en sí de los elementos de los miembros estructurales, se tiene que tener cuidado en todo caso que las planchas de acero serán cortadas o unidas entre sí de modo que la dirección primaria de laminado sea siempre paralela a la dirección de la tensión y/o esfuerzo de compresión principal que deberá soportar el miembro estructural respectivo.

4.3.1.3 Empalme de Planchas

Cuando es necesario empalmar dos o más piezas de planchas de acero, como primer paso se requiere preparar las juntas de modo que la geometría de los biseles de los bordes obtenidos sean como están establecidos en los planos.

Luego de preparar la junta con los biseles adecuados y disponer las planchas para ser unidas a tope, entonces se procede a la aplicación del pase de soldadura de penetración, prosiguiendo la soldadura de acabado de este mismo lado; esta operación también se aplicó por el otro lado para lo cual se volteó la plancha y esmeriló a lo largo de la unión hasta encontrar la raíz; durante la ejecución de esta actividad se verificó lo siguiente:

- El soldador tenía la obligatoriedad de utilizar tintes penetrantes para revelar eventuales defectos como porosidades y grietas, que cuando eran detectados inmediatamente se eliminaba por esmerilado para aplicar un nuevo pase de soldadura, y al final el pase de soldadura de acabado.

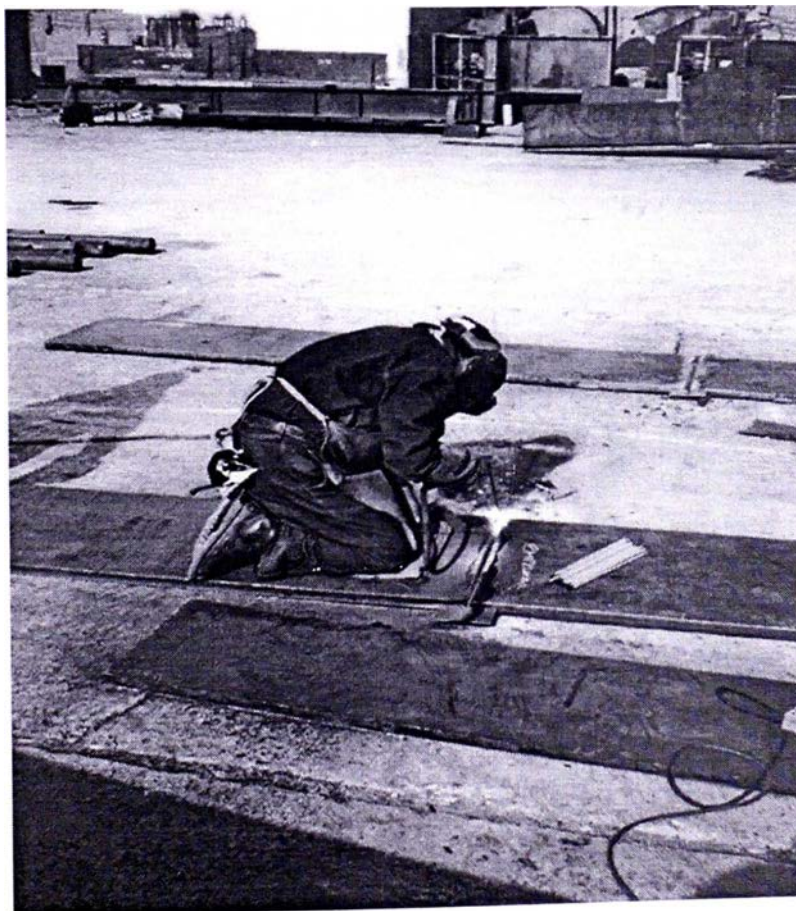


Fig. 4.2 Empalme de Planchas de Acero

4.3.1.4 Enderezado Post-Empalme de Planchas

Como consecuencia del empalme de las planchas mediante juntas soldadas a tope, se manifiesta un fenómeno posterior caracterizado por la contracción o encogimiento del cordón de soldadura cuando se enfría en forma libre, lo que a su vez origina que el conjunto de planchas unidas al final se muestre de forma alabeada o curvada ligeramente.

Esta distorsión es relativamente sencillo de corregir, siendo el método más común aquél donde se usa una prensa o un marco de acero de consistencia maciza que conjuntamente con gatas hidráulicas, escuadras, regla de aluminio y otros, trabaje el material a temperatura ambiente; lo cual se define como “enderezado en frío”; otro método alternativo consiste en la aplicación de calor en un área reducida del elemento o pieza, por medio de flama de fuego en forma conjunta con la aplicación de fuerzas el cual se define como “enderezado en caliente” ; ambos métodos originan esfuerzos residuales en el elemento enderezado. Durante la aplicación de este método que no tuvo uso frecuente siempre se cuidó lo siguiente:

- Que la temperatura en el acero no sobrepasara el límite de 1200 °F (649 °C) siendo chequeado mediante un medidor de temperatura digital.

En la figura siguiente se muestra el método de enderezado en frío mediante herramientas manuales y portátiles, dando una impresión de ser versátil y práctico para todos los casos, pero es de alcance limitado a determinados espesores de planchas; para el caso de mayores espesores necesariamente se tiene que utilizar una prensa hidráulica de mucho mayor capacidad.

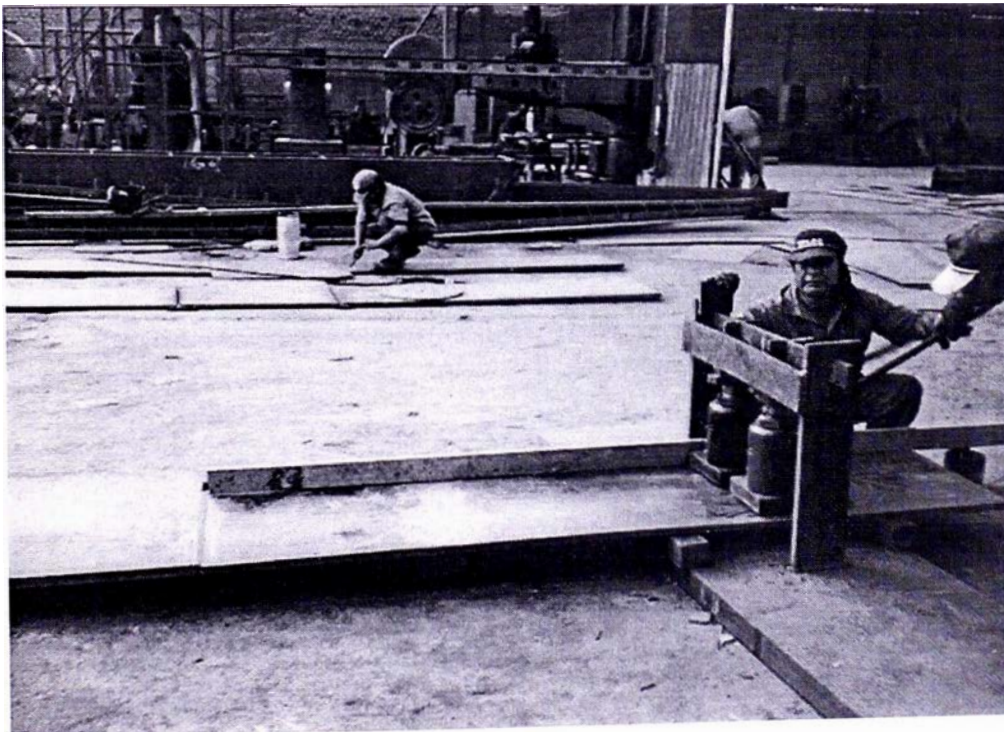


Fig. 4.3 Enderezado de Planchas de Acero en Frío

4.3.1.5 Trazado para Corte de Planchas

Cuando existe disponibilidad de trabajar con planchas cuya longitud es suficiente, ya sea por que el formato es de dimensiones adecuadas o porque se han unido dos o más planchas los cuales han sido debidamente enderezados, entonces el trabajo siguiente es la de “trazado” el cual consiste en la demarcación de los bordes de los elementos correspondientes a los miembros estructurales sobre las planchas de acero; en esta operación se marca cada elemento o pieza con el número de posición, cantidad de piezas requeridas y cualesquiera instrucciones especiales referentes al procedimiento de fabricación; los elementos o piezas se cortan con los detalles y la forma requerida en los planos de fabricación. Los sobrantes no fueron codificados pero sí registrados para control en gabinete.

Cada vez que el fabricante procedía a ejecutar el trazado con el rayador con la punta de diamante se verificó lo siguiente:

- La existencia de demasías de sacrificio en la longitud de los elementos para absorción de reducciones dimensionales por el chorro de oxicorte, o la contraflecha de la estructura que afecta sensiblemente la longitud de los miembros estructurales de la brida superior.
- Todos los elementos serán cortados conforme a la configuración del arreglo que muestran los planos de corte de planchas de acero, y que exista coincidencia entre la dirección del mayor esfuerzo de tensión o compresión que soportará el elemento con la dirección del laminado de la plancha a la cual pertenece.

4.3.1.6 Corte de Planchas y Preparación de Bordos

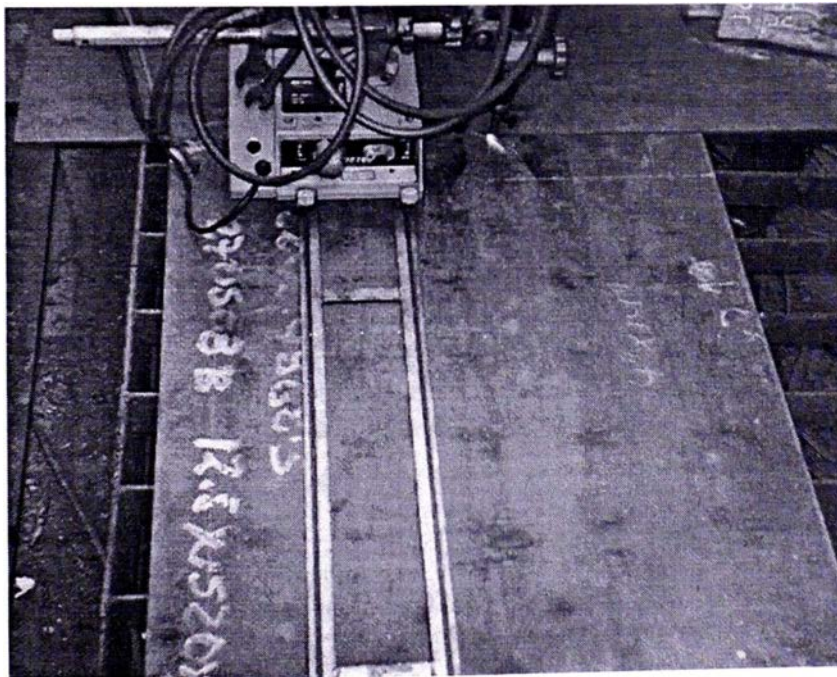


Fig. 4.4 Proceso de Oxicorte Semiautomático

Las planchas de acero que han sido completamente trazadas ahora son sometidas a un proceso semiautomático de corte con chorro de oxígeno, mediante una máquina que por su reducido tamaño y peso liviano resulta portátil, así como en su operación se

manifiestan cualidades de versatilidad; este equipo es capaz de desplazarse horizontalmente sobre pequeños rieles de aluminio mientras dirige el chorro de corte con oxígeno hacia la plancha de acero.

Los bordes resultantes de la plancha que se corta, los cuales posteriormente han de estar sujetos a esfuerzos o que serán soldadas quedan rectos y libres de imperfecciones.

La preparación de los bordes biselados que formarán parte de juntas soldadas también fueron efectuados en forma similar al corte de la plancha de acero mediante una segunda pasada del proceso de oxicorte semiautomático, pero esta vez el chorro era dirigido en forma oblicua con el objeto de quitar la esquina superior del borde y formar en cada caso los biseles con las dimensiones indicadas en los planos.

4.3.1.7 Preparación Final de Elementos

Esta sección está referida a todos los trabajos de acondicionamiento de los elementos o piezas para dejarlas expeditas o listas para ser armadas o ensambladas y formar cada uno de los miembros estructurales. En tal sentido, el trabajo de la inspección consistió en lo siguiente:

- Verificar el estado del material en la zona de los bordes biselados que más adelante serán empalmados con soldadura, se revisa minuciosamente buscando defectos que eventualmente son expuestos luego del proceso de corte, tales defectos pueden ser inclusiones no metálicas como escoria, bolsas de gas o grietas. Conforme se fue revisando los bordes de cada una de los elementos no se encontró hasta el final ninguno de los defectos citados anteriormente lo cual es una muestra que el laminado de las planchas fue correcto.

A continuación se muestra en letra cursiva y con fines de ilustración parte de las especificaciones contenidas en el Artículo 3.2.3, Capítulo 3 Manufactura correspondiente a la referencia (2)

3.2.3 Inspección Visual y Reparación de Bordes Cortados del Metal Base²

Nota: Los requisitos de 3.2.3 pueden no ser adecuados en los casos que la carga de tensión sea aplicado a través de la sección transversal del material.

3.2.3.1 Las siguientes prescripciones serán aplicables para reparación permisible para discontinuidades descubiertas por uno de los dos (1) inspección visual de los bordes de corte del metal base antes de la fabricación o soldadura, o (2) durante la rutina de examen de juntas soldadas por prueba radiográfica o prueba ultrasónica, en todos los aceros cubiertos por estas especificaciones, en espesores que incluyen hasta 100 mm como máximo.

Estas discontinuidades resultan principalmente de la formación de bolsas o huecos soplados de gas y cavidades de encogimiento los cuales son manifestados como "laminaciones" o "tubos" caracterizado por una distinta separación de metal paralelo al plano del metal base. En menor grado, estas discontinuidades son el resultado de la escoria atrapada, refractarios, o productos de desoxidación manifestado como depósitos de material extraño en el acero, paralelo al plano del metal base. Múltiples discontinuidades localizadas en el mismo plano serán considerados continuos cuando ellos están separados por una distancia menos de cinco por ciento del espesor del metal base, o la longitud del menor de dos discontinuidades adyacentes.

3.2.3.2 Los límites de aceptabilidad y la reparación de discontinuidades de borde observados visualmente estarán en concordancia con la Tabla 3.1, en el cual la longitud de discontinuidad es la dimensión larga visible sobre el borde de corte del metal base y la profundidad es la distancia que la discontinuidad se extiende dentro del metal base desde el borde de corte.

Los bordes del metal base pueden ser en algún ángulo con respecto a la dirección de laminado, pero la dirección de discontinuidad será considerado con respecto al borde del metal base. Los límites de todas las discontinuidades interiores requeridos para ser explorados y cuáles no se exploran a su total profundidad por otros medios, se determinará por la prueba ultrasónica.

TABLA 3.1²
LIMITES DE ACEPTABILIDAD Y REPARACIÓN DE DISCONTINUIDAD DE BORDES CORTADOS DE MATERIAL

<i>Descripción de discontinuidad</i>	<i>Reparación Requerida en la Plancha</i>
<i>Alguna discontinuidad de 25 mm de longitud o menor</i>	<i>Ninguna, no necesita ser explorado *</i>
<i>Alguna discontinuidad sobre 25 mm de longitud y 3 mm de profundidad máxima.</i>	<i>Ninguna, pero la profundidad será explorada</i>
<i>Alguna discontinuidad sobre 25 mm de longitud con profundidad sobre 3 mm, pero no mayor que 6 mm.</i>	<i>Remove no necesita soldadura</i>
<i>Alguna discontinuidad sobre 25 mm de longitud con profundidad sobre 6 mm, pero no mayor que 25 mm.</i>	<i>Remove completamente y soldar Longitud agregada de soldadura no excederá 20% de la longitud del borde del material que está siendo reparado.</i>
<i>Alguna discontinuidad sobre 25 mm de longitud con profundidad mayor que 25 mm.</i>	<i>Ver sub-artículo 3.2.3.7</i>

* Un chequeo rápido del 10 por ciento de las discontinuidades en la superficie de corte con oxígeno en cuestión debe explorarse esmerilando para determinar la profundidad. Si la profundidad de cualquiera de las discontinuidades exploradas excede 3 mm, entonces todas las discontinuidades remanentes en ese borde serán exploradas por esmerilado para determinar la profundidad. Si ninguno de las discontinuidades exploradas sobre el 10% de chequeo rápido tiene una profundidad que excede 3 mm, entonces el resto de las discontinuidades en ese borde no necesitan ser explorados.

La segunda etapa consiste en poner en estado plano o recto mediante enderezado en frío todos los elementos o piezas que han sufrido distorsión en forma de alabeos como una consecuencia directa del proceso de oxicorte. Por otra parte, algunas piezas que presentaron deformaciones localizadas necesariamente se tuvo que recurrir al método de enderezado en caliente con flama de fuego evitando en todo momento que la temperatura sobrepase el máximo admisible el cual es equivalente a 649 °C. Cuando la temperatura de la pieza se mantiene por debajo de este límite, se asegura implícitamente que las propiedades del material no sufren cambios.

Aparte de que la gran mayoría de los elementos tenían que estar totalmente planos, otros en cambio requerían ser doblados, como es el caso de los extremos de dos elementos opuestos (espesores: 8, 12.5, 20 y 25 mm) en cada una de las diagonales respectivas, los cuales requerían ser doblados a 45° para formar las lengüetas de sujeción con los nudos de la estructura reticulada.

Finalmente, a modo de ilustración, se muestran en letra cursiva especificaciones de reglamento relativo a los métodos de doblado en frío y en caliente, extraídos del Artículo 11.4.3.3, Sección 11 Estructuras de Acero, División II Construcción, que corresponde a la referencia (1).

11.4.3.3 Planchas Alabeadas¹

11.4.3.3.1 General

Las planchas de acero laminadas y sin soldar que soportan cargas, las curvaturas serán conforme a lo siguiente:

Deberían ser tomadas del stock de planchas, aquellas líneas curvas estarán en ángulo recto a la dirección del laminado excepto los rebordes curvados en frío de tableros ortotrópicos de puentes pueden ser curvados con listones en la dirección del laminado si es permitido por el Ingeniero.

Antes de curvar las esquinas de las planchas deberían ser redondeadas en un radio de 1/6" a lo largo de toda la porción de la plancha en que la curvatura de la plancha está ocurriendo

11.4.3.3.2 Doblado en frío

El doblado en frío deberá ser de tal modo que la plancha no se agriete. El mínimo radio de curvatura, medido en la cara cóncava de la plancha, se da en la siguiente tabla:

Espesor en pulgadas (t)	Hasta ½	Sobre ½ hasta 1	Sobre 1 hasta 1 ½	Sobre 1 ½ hasta 2 ½	Sobre 2 ½ hasta 4
Radio de doblado para todo grado de acero estructural en estas especificaciones.	2t	2.5t	3t	3.5t	4t

La asignación para curvatura de aceros de grados 100 y 100W deberían ser cerca de tres veces lo de los aceros grado 36. Para aceros formados por prensa, la menor separación debería ser que 16 veces que el espesor de la plancha. Múltiplos son prudentes y convenientes.

11.4.3.3.3 Doblado en caliente

Si un radio es menor que el mínimo especificado para doblado en frío es esencial, que las planchas deberán ser dobladas en caliente a temperaturas no mayores que 1200 °F (649 °C), excepto para los grados 70W, 100 y 100W. Si las planchas de acero de grado 100 y 100W a ser dobladas son calentadas a una temperatura mayor que 1100 °F (593 °C), o las planchas de grado 70W a ser dobladas son calentadas a una temperatura mayor que 1050 °F (566 °C) ellos pueden ser retemplados y recocidos de acuerdo con la producción práctica de taller y probados hasta verificar la restauración de las propiedades especificadas y ser dirigidas por el Ingeniero.

Complementariamente a las especificaciones anteriores, también se muestran las especificaciones técnicas para el enderezado de elementos de acero en general (Artículo 11.4.7).

11.4.7 Enderezado de materiales¹

El enderezado de planchas, ángulos y otras formas, y miembros superpuestos cuando es permitido por el Ingeniero deberán ser hechos por métodos que no produzcan fractura u otro daño en el metal. Los miembros doblados deberán ser enderezados por medios mecánicos o por otro método que apruebe el Ingeniero, que comprendan procedimientos cuidadosamente planeados y aplicaciones supervisadas dentro de un rango limitado de calentamiento localizado excepto aquellos enderezamientos en caliente de los miembros de acero AASHTO M 270 (ASTM 709) grados 70W, 100 y 100W , deberán ser hechos sólo bajo procedimientos controlados rígidamente, cada aplicación está sujeta a la aprobación del Ingeniero. En ningún caso la máxima temperatura excederá los valores de la siguiente tabla:

Grado 70W > 6" de soldadura	1,050 °F	(566 °C)
Grado 70W < 6" de soldadura	900 °F	(482 °C)
Grado 100 ó 100W > 6" de soldadura	1,100 °F	(593 °C)
Grados 100 ó 100W < 6" de soldadura	950 °F	(510 °C)

En todos los demás aceros, la temperatura del área calentada no deberá exceder de 1,200 °F (649 °C) controlando la temperatura con lápices pirométricos, líquidos, termómetros bimetálicos. El calentamiento en exceso de los límites mostrados deberá ser causa de rechazo, a menos que el Ingeniero siguiendo pruebas verifique la integridad del material .

Las partes para ser enderezadas en caliente deberán estar substancialmente libres de esfuerzos y fuerzas externas, excepto los esfuerzos que resultan de maniobras mecánicas usadas en conjunción con la aplicación de calor.

La evidencia de fractura consecuencia del enderezado de una curva o dobladura será causa de rechazo por daño en la pieza.

4.3.2 ENSAMBLAJE DE MIEMBROS

Los componentes de los miembros estructurales una vez que han sido habilitados completamente ahora son ensamblados entre sí, conforme a los detalles mostrados en los planos de fabricación de cada miembro, los cuales indican la ubicación correcta de cada uno de los elementos, así como la disposición y condiciones de acabado de los bordes biselados para las juntas soldadas; en forma paralela, el ensamble y ajuste de los elementos en cada miembro estructural resultan ser de gran importancia, ya que éstas operaciones establecen en definitiva la forma real de los miembros estructurales, razón por la que el control dimensional reunirá características de ser oportuna y eficaz.

4.3.2.1 Geometría y Apuntalamiento

Para el ensamble de un miembro estructural particular en sí se toman los elementos respectivos siendo ensamblados entre sí de uno en uno y fijando la posición relativa entre ellos mediante puntos de soldadura auxiliares que posteriormente en la etapa de soldadura serán rectificadas.

Durante esta etapa la supervisión verificó lo siguiente:

- Medición periódica de los espesores de los elementos que se ensamblan, así como la geometría global del miembro.
- El contacto entre partes para ser unidas por soldadura de filete fue cerrado en todos los casos de las bridas superior e inferior.
- Para el caso de los miembros diagonales donde existen juntas de penetración parcial paralelas a la longitud, la abertura de raíz fue cero.

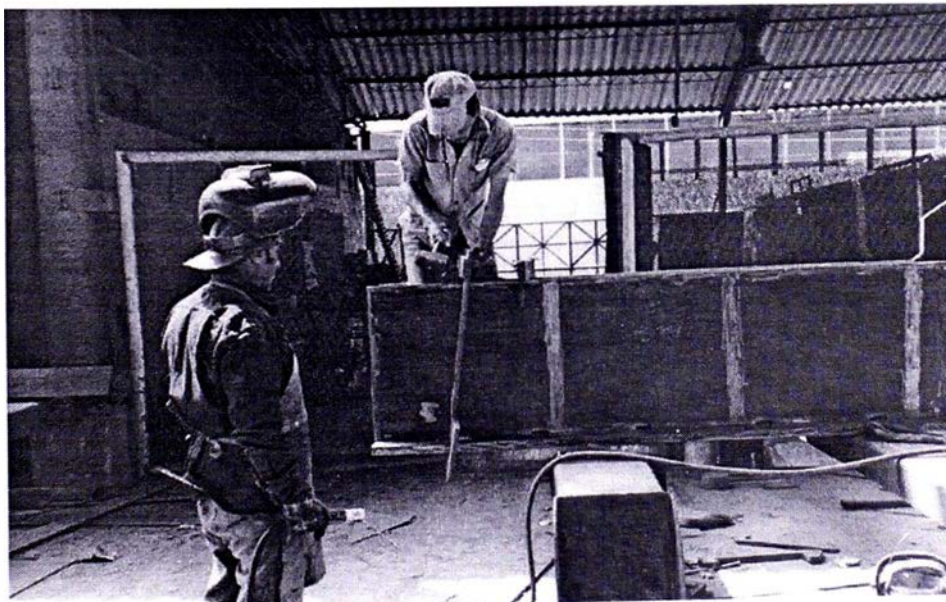


Fig. 4.5 Ensamblaje de un miembro de la Brida Superior

- En ningún caso se detectó desalineamiento por excentricidad entre las partes correspondientes a las juntas a tope.

- Durante el ensamblaje de un miembro en particular es probable que existan abolladuras por excesiva fuerza de golpes de comba para el acomodo de los elementos; esta situación no se presentó en ningún caso.



Fig. 4.6 Punto de Soldadura para Ensamblaje de Miembro

Para efectos de la inspección en el taller, se tomaron parte de las especificaciones del Artículo 3.3 Ensamblaje, Capítulo 3 Manufactura, del documento en la referencia (2).

3.3 Ensamblaje²

3.3.1 Las partes a ser unidas por filetes de soldadura serán de contacto cerrado como sea factible. La abertura de raíz no excederá 5 mm excepto en casos que involucran perfiles o planchas de 75 mm o mayores en espesor, si después de enderezar y en el ensamblaje, la abertura de raíz no puede ser cerrada suficientemente para reunir esta tolerancia. En semejante caso, una abertura máxima de raíz de 8 mm es aceptable, con tal de que una soldadura de respaldo o el apoyo conveniente sea usado. Si la abertura de raíz es mayor que 2 mm, el pié del cordón de soldadura será incrementado por la abertura de la raíz o el contratista demostrará que se ha obtenido el tamaño de la soldadura requerida.

3.3.1.1 La separación entre las superficies de contacto de soldaduras de tapón y de ranura, y de juntas a tope que se apoyan sobre respaldo, no excederá de 2 mm.

3.3.1.2 El uso de planchas de relleno está prohibido excepto cuando está especificado en los planos o sea aprobado especialmente por el Ingeniero y hecho de acuerdo con 2.4.

3.3.2 La abertura de raíz entre las partes a ser unidas por soldadura de ranura en juntas de penetración parcial paralelo a la longitud del miembro (excepto juntas de apoyo) será cero, o tan pequeño como sea factible.

3.3.2.1 La abertura de raíz entre las partes no excederá 5 mm excepto en casos que involucran perfiles laminados o planchas de 75 mm o de mayor espesor si, después de enderezar y en el ensamblaje, la abertura de raíz no puede ser cerrada suficientemente para reunir esta tolerancia. En semejante caso, una abertura de raíz máxima de 8 mm es aplicable, con tal de que un respaldo de soldadura sea usado y la soldadura final reúna los requisitos para el tamaño de soldadura.

3.3.3 Las partes para ser unidas por soldaduras de ranura serán cuidadosamente alineadas. Donde las partes son eficazmente restringidas contra doblamiento debido a la excentricidad en la alineación, un desplazamiento que no exceda 10 por ciento del espesor de la parte unida más delgada, pero en ningún caso se permitirá más de 3 mm, como una salida de la alineación teórica. En corregir desalinamiento en semejante caso, las partes no se empalmarán en a una pendiente mayor que 12 mm en 300 mm. La medida de desplazamiento será basada en la línea central de partes a menos que por otra parte sea mostrado en los planos.

Aberturas de Raíz Permisibles		
	<i>Raíz no ranurada (mm)</i>	<i>Raíz ranurada (mm)</i>
<i>(1) Raíz en la cara de la junta</i>	<i>+/-2</i>	<i>No limitado</i>
<i>(2) Abertura de raíz de juntas sin respaldo de acero.</i>	<i>+/-2</i>	<i>+2 -3</i>
<i>Abertura de raíz de juntas con respaldo de acero.</i>	<i>+6 -2</i>	<i>No aplicable</i>
<i>(3) Angulo de ranura en la junta.</i>	<i>+10 grados -5 grados</i>	<i>+10 grados -5 grados</i>

3.3.5 La preparación de la ranura producido por acanalado será substancialmente en concordancia con el perfil de dimensiones de la ranura como especifica en las figuras 2.4 y 2.5.

3.3.6 Los miembros para ser soldados serán traídos en el correcto alineamiento y sostenido en posición por pernos, pinzas, cuñas, líneas de viento, riostras, y otros artificios convenientes, o por soldadura de puntos hasta que la soldadura sea completada. El uso de patrones de guía y f'cheros es recomendado donde sea practicable. Concesiones convenientes serán hechos por alabeo y encogimiento. (Ver 3.4.4, 3.4.5, 3.4.6, y 3.4.7.)

4.3.3 SOLDADURA DE MIEMBROS

Conforme los miembros estructurales iban siendo ensamblados con los requerimientos de geometría y dimensiones mostrado en los planos, el paso siguiente consistió en la aplicación de los cordones de soldadura de acuerdo a procedimientos estándares y al manejo apropiado de artificios para contrarrestar los efectos del fenómeno producido por el calor, al cual se le conoce como distorsión y encogimiento. Todos los cordones de soldadura fueron inspeccionados durante su ejecución y posteriormente sometidos a ensayos de control de calidad por medio de un proveedor de servicios especialista en este asunto, quien en forma oportuna emitía el informe técnico respectivo.

4.3.3.1 Aplicación de la Soldadura

Los procedimientos utilizados por el Contratista en la fabricación de la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo fueron dos: Soldadura de Arco Metálico Protegido (SMAW) y Soldadura de Arco Metálico y Gas (GMAW) o MIG/MAG, mediante ambos procesos fue aplicada manualmente la soldadura teniendo en consideración, por un lado, las recomendaciones dadas por el fabricante de los electrodos y alambres; y por otro lado, las recomendaciones generales del reglamento, los cuales eran de dominio por los soldadores del fabricante.

Los electrodos utilizados para el proceso SMAW fueron E-60XX y E-7018, y para el caso del alambre del proceso MAG fue ER 70S-6, todos de primera mano garantizados por Lloyd's Register of Shipping.

Como medida preventiva para garantizar la calidad de los electrodos con envases abiertos, éstos eran mantenidos en el horno a una temperatura mínima de 60 °C, y por otro lado aquellos que habían sido retirados del almacén para la jornada diaria no

debían de permanecer al aire libre por más de 4 horas, en caso contrario eran sometidos a un proceso de resecado en horno. El objetivo de esta medida era controlar que el revestimiento de los electrodos absorba la humedad ambiental en forma excesiva el cual es perjudicial durante la ejecución de la soldadura; como medida complementaria tampoco se autorizó al fabricante la ejecución de trabajos de soldadura en horario nocturno.

Para el caso del proceso de soldadura GMAW que es relativamente más delicado, el Contratista levantó un cerco de esteras para reducir la velocidad del viento en la vecindad de la soldadura para evitar interferencias que desvíen el flujo de gas carbónico.

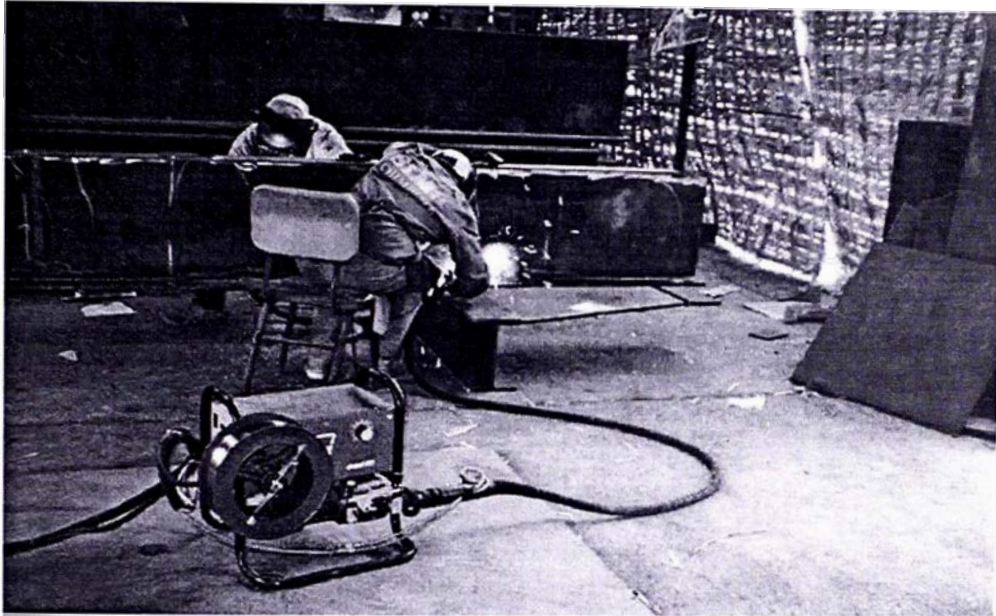


Fig. 4.7 Soldadura de un Miembro de la Brida Superior, mediante proceso MIG/MAG

4.3.3.2 Control de la Distorsión y Encogimiento

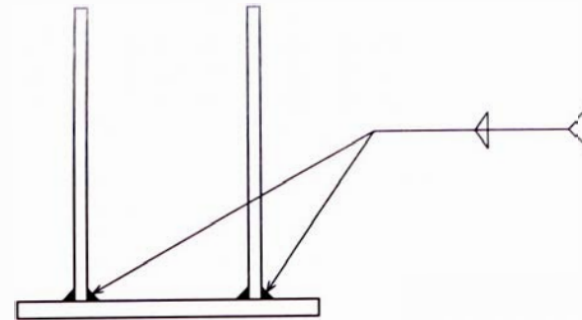
En todo proceso de aplicación de cordones de soldadura, el calor producido por el arco eléctrico tiende a calentar la pieza y, por lo tanto ésta se dilata, una vez terminada la soldadura, la pieza se enfría y, en consecuencia ocurre el caso inverso; estos fenómenos al presentarse en la fabricación de piezas en general, generan deformaciones indeseadas en la misma, las que se conocen como distorsión y encogimiento y tienen carácter inevitable, pero si se sigue un procedimiento adecuado de acuerdo al tamaño, configuración y espesores de los elementos que conforman la pieza, éstos efectos perjudiciales no solo pueden disminuirse sino hasta contrarrestarse.

En los esquemas ilustrativos adjuntos se podrá apreciar, según cada tipo de miembro estructural, cuál fue la metodología para la ejecución de los cordones de soldadura y lograr controlar los efectos indeseables de la distorsión y encogimiento; es oportuno aclarar que otros miembros como las del sistema de arriostre fueron soldados bajo criterios fundados en características de semejanza, con respecto a los casos que representan los esquemas.

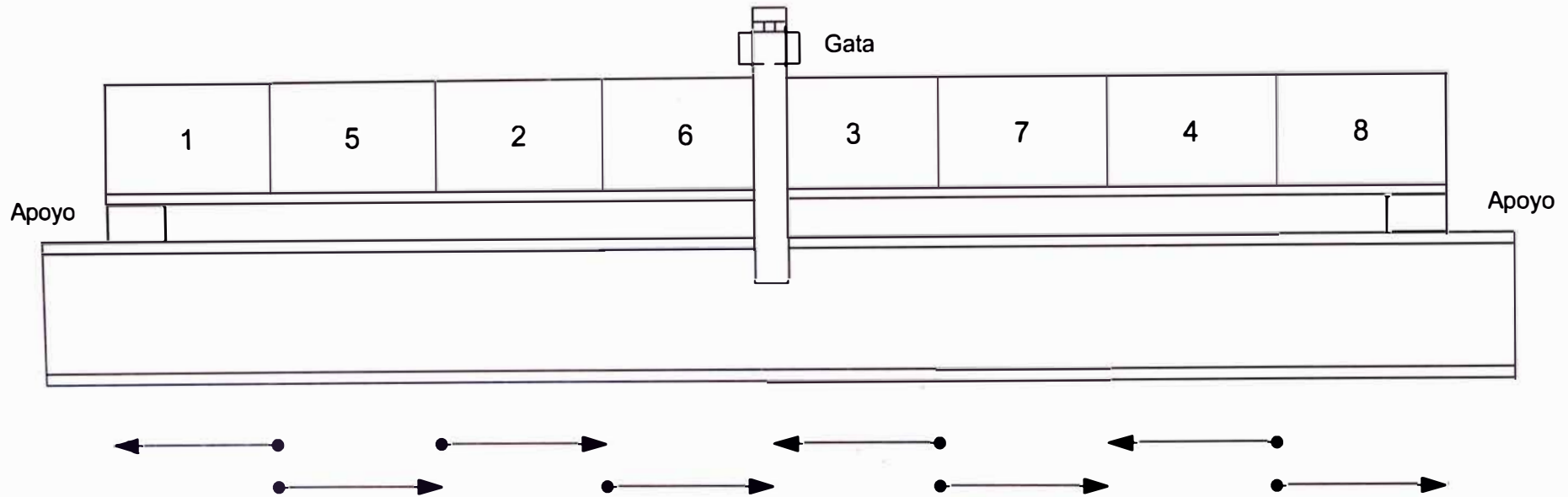
Una vez que las operaciones relativas a la soldadura eran concluidas para un miembro en particular, éste fue sometido a un chequeo de la rectitud del eje longitudinal para verificar su geometría final, este requerimiento se verá con más detalle en la sección siguiente.



BRIDA INFERIOR

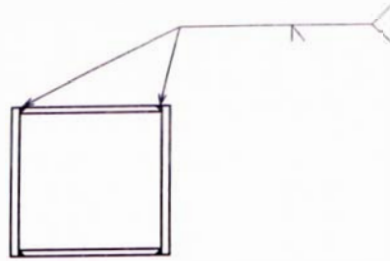


BRIDA SUPERIOR

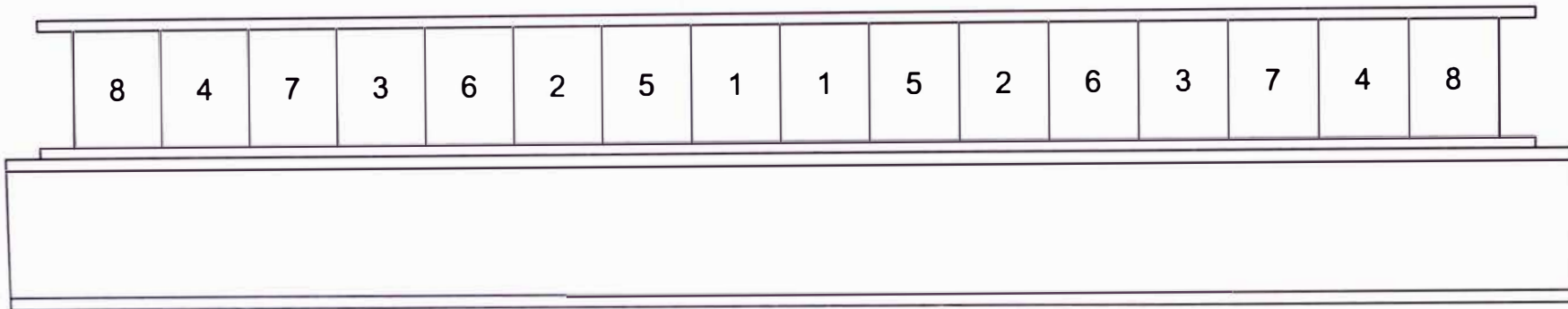


- NOTAS:
- 1) Para evitar deformaciones el miembro estructural es sujetado a un banco rígido mediante los apoyos extremos y la prensa intermedia. Si el miembro es relativamente más delgado como los arriostres superiores no es necesaria la participación de la gata, basta una cuña.
 - 2) La aplicación de los cordones de soldadura es por ambos lados en simultáneo, con dos soldadores, conforme al orden secuencial y de progresión mostrado en el esquema
 - 3) Luego de la soldadura esperar a que el miembro enfríe totalmente para retirar la gata o cuña.

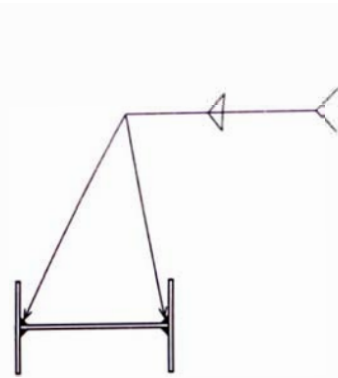
ESQUEMA DE CONTROL DE LA DISTORSION Y ENCOGIMIENTO



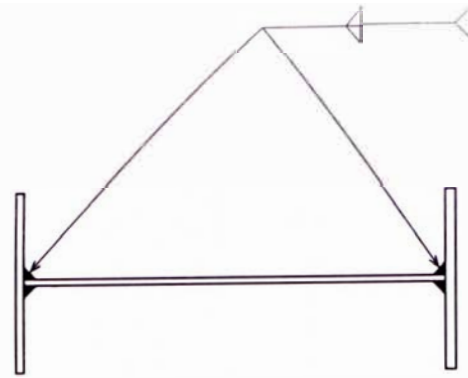
DIAGONAL



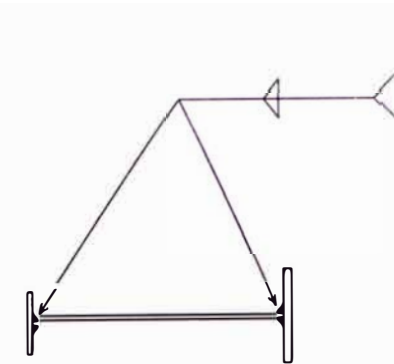
- NOTAS:
- 1) El miembro estructural se encuentra totalmente apoyado sobre el banco de trabajo
 - 2) Basta un solo soldador quien sigue el orden secuencial de los tramos parciales mostrados y del centro al extremo, luego de soldar dos tramos simétricos de un lado, voltea el miembro estructural para soldar el lado opuesto.



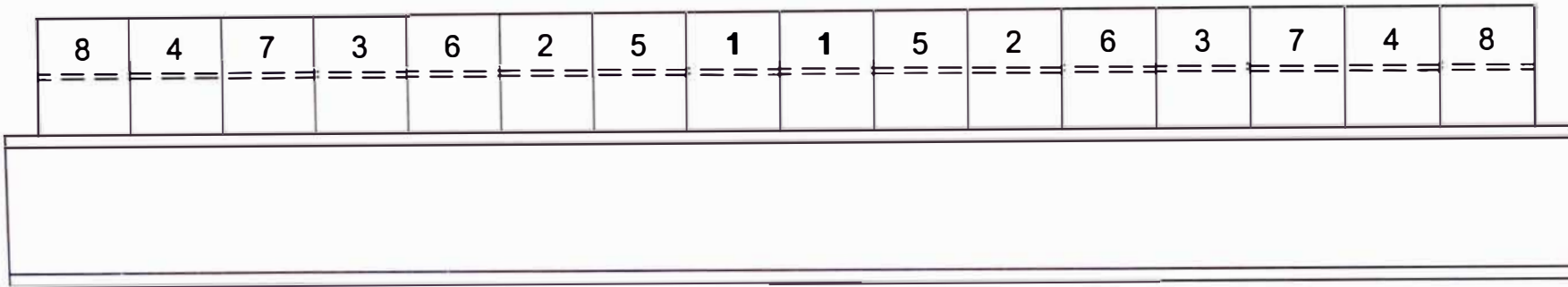
MONTANTE



VIGA TRANSVERSAL



VIGA LONGITUDINAL



- NOTAS:
- 1) El miembro estructural se encuentra totalmente apoyado sobre el banco de trabajo
 - 2) Basta un solo soldador quien sigue el orden secuencial de los tramos parciales mostrados y del centro al extremo, luego de soldar dos tramos simétricos de un lado, voltea el miembro estructural para soldar el lado opuesto.

4.3.3.3 Tolerancias Dimensionales

Cuando se ensamblaron los elementos correspondientes a cada uno de los miembros estructurales para ser sometidos a procesos de soldadura, se cuidó que la geometría que se obtenía en forma real era la establecida en los planos; pero ahora luego de que los miembros fueron soldados existe la probabilidad de que el fenómeno de distorsión y encogimiento haya deformado algunos de ellos que sobrepase los límites admisibles especificados en los Artículos 3.5 y 9.19 Tolerancias Dimensionales del documento que corresponde a la referencia (2)

Como resultado de mediciones hechas directamente sobre los miembros se constató que algunos de ellos que tenían secciones abiertas y formadas por planchas de acero de espesor delgado (menos de 12.7 mm) habían sufrido deformaciones suaves que superaban lo admisible, como por ejemplo, los arriostres superior e inferior, los miembros extremos de las bridas inferiores, y montantes.

Ante la situación descrita el fabricante procedió al "enderezado en frío" de aquellos que se encontraban defectuosos, y la supervisión se encargó de revisarlos teniendo como referencia los límites máximos que establece el reglamento. Las tolerancias Dimensionales reglamentarias son las siguientes:

3.5 Tolerancias Dimensionales²

3.5.1 Las dimensiones de miembros estructurales soldados estarán conforme a las tolerancias de (1) la especificación general que gobierna el trabajo, y (2) las tolerancias dimensionales especiales en 3.5.1.1 hasta 3.5.1.12.

a) Miembros de las Armaduras Reticuladas

3.5.1.1 Las variaciones en la rectitud de columnas soldadas y miembros primarios de armaduras de secciones transversales indistintas, no excederá:

Longitudes de menos que 10 m	1 mm/m de la longitud total (m)
Longitudes de 10 a 15 m	10 mm
Longitudes sobre 15 m	10 mm + 1 mm/m x(longitud (m) – 15 m)

b) Vigas Transversales, Longitudinales y Montantes

3.5.1.2 Las variaciones permisibles en la rectitud de pórticos y vigas soldadas, de sección transversal indistinta, donde no hay contraflecha especificada limpia, no excederá.

1 mm/m de la longitud total (m)

3.5.1.5 La variación lateral permisible entre el centro de línea de el alma y el centro de línea del ala de miembros compuestos H o I en la superficie de contacto no deberá exceder 6 mm.

3.5.1.6 Para variaciones permisibles de la llanura de almas de vigas, ver 9.19

3.5.1.7 El alabeo e inclinación combinados del ala en alguna sección transversal de vigas o perfiles I soldados será determinado por medición del desplazamiento del pie del ala respecto a una línea normal al plano del alma que pasa a través de la intersección del centro de línea del alma con la superficie exterior del plano del ala. Este desplazamiento no deberá exceder 1/100 de el ancho total del plano o 6 mm, cualquiera que sea mayor, en algún punto a lo largo del miembro, excepto que en algún apoyo este desplazamiento no excederá lo especificado en 3.5.1.9 y aquella parte terminada para ser unida por las soldaduras de ranura en las juntas a tope cumplirán los requisitos de 3.3.3.

3.5.1.8 La máxima variación permisible del peralte especificado para vigas y pórticos soldados medido al centro del alma, no excederá

Para peraltes hasta 1 m inclusive +3 mm

Para peraltes sobre 1 m hasta 2 m inclusive +5 mm

Para peraltes sobre 2 m +-8 mm, -5 mm

3.5.1.9 Los extremos de apoyo de atiesadores de apoyo serán emparejados y cuadrados con el alma y tendrán 75 por ciento de esta área por lo menos en contacto con las alas.

Cuando se lleva contra una base de acero o asiento, todos los componentes de acero encajarán dentro de 1 mm para el 75 por ciento del área proyectada del alma y atiesadores. Las vigas sin atiesadores afectarán el área proyectada del alma en la superficie del ala exterior dentro de 1 mm y el ángulo incluido entre alma y ala no excederá 90 grados en la longitud de la junta.

3.5.1.10 Donde está especificado el ajuste apretado de atiesadores intermedios, será definido como permitiendo un huelgo de hasta 2 mm entre atiesador y ala.

3.5.1.11 La variación de rectitud exterior de atiesadores intermedios no excederá 12 mm con la debida consideración para algunos miembros diseñados.

3.5.1.12 La variación de rectitud exterior de atiesadores de apoyo no excederá 6 mm hasta para 2 m o 12 mm sobre 2 m. El actual centro de línea del atiesador esconderá dentro del espesor del atiesador la localización medida del centro de línea teórico.

9.19 Tolerancias Dimensionales²

Las dimensiones de miembros estructurales estarán dentro de las tolerancias especificadas en 3.5. Lo siguiente también será aplicable:

9.19.1 Las variaciones de la llanura de almas de vigas serán determinadas midiendo los desplazamientos de un borde recto cuya longitud no es menor que la menor dimensión de cualquier panel. El borde recto se pondrá en cualquier posición de variación máxima en el alma con los extremos del borde recto adyacente a los límites del panel opuesto

9.19.2 Las variaciones de la llanura de almas que tienen un peralte D , y un espesor t , en paneles adheridos por atiesadores o alas, o ambos, de quien la menor dimensión del panel es d no excederá lo siguiente (todas las dimensiones en mm):

Atiesadores intermedios en ambos lados del alma

Vigas Interiores

Donde $D/t < 150$ - variación máxima = $d/115$
Donde $D/t \geq 150$ - variación máxima = $d/92$

Vigas Exteriores

Donde $D/t < 150$ - variación máxima = $d/130$
Donde $D/t \geq 150$ - variación máxima = $d/105$

Atiesadores Intermedios solamente a un Lado del Alma

Vigas Interiores

Donde $D/t < 100$ - variación máxima = $d/100$
Donde $D/t \geq 100$ - variación máxima = $d/67$

Vigas Exteriores

Donde $D/t < 100$ - variación máxima = $d/120$
Donde $D/t \geq 100$ - variación máxima = $d/80$

Atiesadores No Intermedios - variación máxima = $D/150$

Como se puede observar algunas tolerancias dimensionales no son rígidamente aplicables después de la soldadura, por lo que se aclara que la utilización de estas tolerancias se dio desde el mismo proceso de habilitación de planchas de acero inclusive, según era el caso.

4.3.3.4 Control de Calidad de la Soldadura

El control de calidad de la soldadura durante la fabricación de los miembros estructurales del puente Santo Cristo fue llevado a cabo hasta por (04) cuatro métodos de inspección en forma oportuna según el tipo, con el objetivo de detectar defectos perjudiciales en los cordones de soldadura, luego evaluarlos bajo las prescripciones establecidas en el reglamento indicado en la referencia (2), y ordenar al fabricante su inmediata reparación. Los métodos de inspección fueron:

4.3.3.4.1 Inspección Visual

Todos los cordones de soldadura fueron inspeccionados visualmente y en forma inmediata después de enfriadas a la temperatura ambiente; la inspección efectuada con el auxilio de instrumentos manuales siempre buscó detectar defectos como:

- Socavación cuya profundidad supere 0.25 mm si el cordón es perpendicular al esfuerzo de tensión de diseño, o 1 mm para los otros casos.
- Porosidad tubular superficial en soldaduras de filete cuya frecuencia sea mayor que 1 en 100 mm o 6 en 1200 mm.

Porosidad tubular superficial en soldaduras de ranura de penetración completa a tope sea cual fuere su frecuencia; y para otras soldaduras de ranura cuya frecuencia supere a 1 en 100 mm.

- Irregularidades en el tamaño de soldaduras de filete que sean menores en 2 mm que el tamaño especificado en los planos y que se extiendan en más del 10% de la longitud de la soldadura o de 2 veces el ancho del ala de las vigas transversales y longitudinales.
- Presencia de grietas e inclusiones de escoria.
- Fusión incompleta entre capas de la soldadura o entre el metal base y la soldadura.

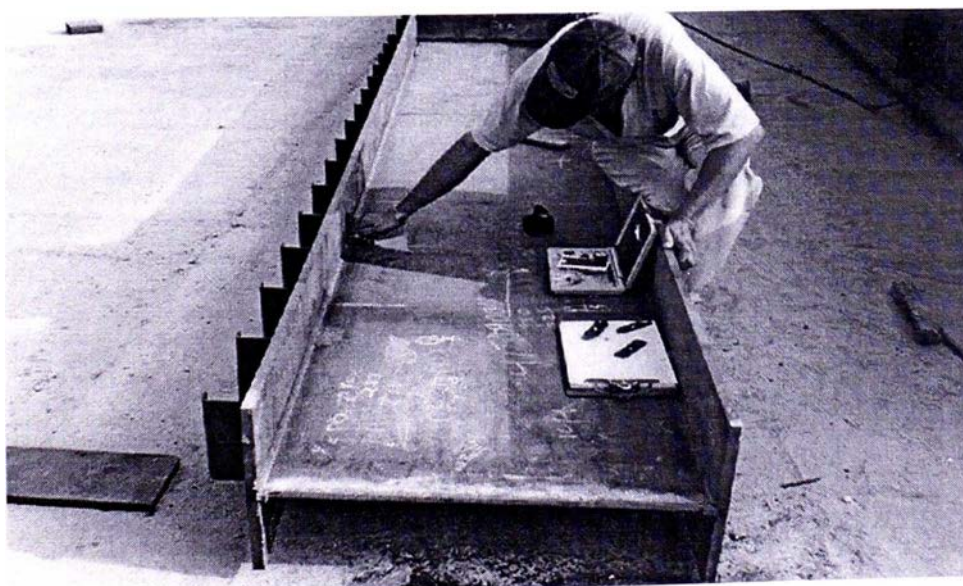


Fig. 4.8 Inspección Visual – Verificación del Tamaño de una Soldadura de Filete.

En conclusión, los defectos descritos se presentaron en algunos casos aislados sin llegar a superar los límites admisibles de magnitud, pero aún así el fabricante los corrigió rápida y oportunamente.

4.3.3.4.2 Inspección con Tintes Penetrantes

En realidad este tipo de prueba fue llevada a cabo por el fabricante como procedimiento auxiliar de los soldadores cuando ejecutaban soldaduras de ranura de penetración completa en juntas a tope de los miembros de las bridas superior e inferior.



Fig. 4.9 Aplicación de Tinte Penetrante



Fig. 4.10 El Revelador del Tinte Penetrante muestra Inexistencia de Porosidades

La inspección con tintes penetrantes permite la detección de porosidades o grietas muy pequeñas que a simple vista el ojo humano no es capaz de ver y mucho menos determinar cómo está difundido en el entorno; fue aplicado después de cada pase de soldadura hasta dejar completamente acabado el cordón.

4.3.3.4.3 Inspección Radiográfica

La prueba radiográfica siendo un método de inspección más refinado que permite detectar defectos internos en los cordones de soldadura, fue llevado a cabo tomando en consideración las especificaciones de reglamento en lo concerniente a: la determinación de cuáles de las soldaduras ejecutadas que habían pasado las pruebas de tinte penetrante y visual debían ser objeto de inspección radiográfica, además de la determinación de las longitudes parciales necesarias en cada uno de los miembros estructurales, por último la evaluación de los resultados obtenidos y plasmados en las placas radiográficas juntamente con las recomendaciones relativas a la reparación de los defectos que eventualmente eran detectados.

Con el propósito de conocer los requerimientos que fija el reglamento sobre el asunto, a continuación se transcribe en letra cursiva parte del Artículo 6.7 Pruebas No Destructivas del documento indicado en la referencia (2):

6.7 Pruebas No Destructivas²

6.7.1 *Soldaduras de ranura en juntas de penetración completa en miembros principales será QC por prueba no destructiva. A menos que por otra parte se haya previsto, prueba radiográfica será usada para examinar soldaduras de ranura en juntas de penetración completa en juntas ensambladas sujetas a tensión calculada o esfuerzos reversibles. Toda soldadura de ranura en junta de penetración completa en T y en juntas en esquina serán probados por prueba de ultrasonido. Cuando son requeridas pruebas en soldaduras de ranura en juntas de penetración completa en juntas ensambladas en compresión o corte debe ser hecho por radiografía o por ultrasonido.*

6.7.1.1 *Soldaduras hechas por cualquier proceso de soldadura de electro escoriación (ESW) o electro gas (EGW) será probado por ambas pruebas radiográfica y ultrasónica.*

6.7.1.2 *Pruebas radiográficas y ultrasónicas de soldaduras serán realizadas de acuerdo con la siguiente frecuencia de requerimientos:*

- 1) *100% de cada junta sujeta a tensión calculada o esfuerzos reversibles, excepto sobre soldaduras en juntas verticales ensambladas en vigas o almas de vigas, será como sigue:*
 - a) *un 1/6 del peralte del alma comenzando del punto o puntos de máxima tensión, y*
 - b) *25% del resto del peralte del alma necesita ser probado.*
 - c) *Si son encontrados discontinuidades no aceptables en a) o b) anteriores el resto de la soldadura será probada.*
- 2) *25% de cada junta sujeta a compresión o corte o a la opción del contrato, 25% del total de juntas sujetas a compresión o corte.*

Cuando el último es seleccionado, la prueba de las juntas será distribuida por todo el trabajo y mínimo el 25% de la longitud de soldadura en compresión o corte.

- a) *Si discontinuidades no aceptables son encontradas manchas de prueba, entonces la longitud entera será probada.*
- b) *Si discontinuidades no aceptables son encontradas en 20% o más de las juntas a compresión o corte en un lote, todas las juntas a compresión y corte en aquel lote serán probadas para su longitud total.*
- c) *Un lote es definido como el grupo de aquellas juntas a tensión o compresión / corte, o ambos, los cuales tienen la soldadura en concordancia con el mismo WPS aprobado.*
- d) *A menos que de otra manera se especifique en los documentos del contrato, los requerimientos anteriores no son aplicables para juntas longitudinales ensambladas en vigas o almas de vigas. Estas soldaduras serán sujetas a criterios de inspección de 6.7.2.*

3) Los requerimientos para prueba radiográfica y de ultrasonido serán aplicables igualmente para soldadura en taller y campo.

De las especificaciones reglamentarias anteriores se desprende que, todas las soldaduras a tope de los miembros de la brida inferior y el 25% de las soldaduras a tope en los miembros de la brida superior como mínimo debían ser sometidas a inspección radiográfica, pero la supervisión adoptó una posición conservadora al respecto, por lo que ordenó al fabricante que la prueba fuera aplicada en el 100% de las soldaduras a tope de las bridas superior e inferior.

Para la ejecución de la prueba radiográfica en sí, el fabricante contrató los servicios de un proveedor especializado quien llevó a cabo su tarea en varias oportunidades conforme los miembros estructurales se encontraban disponibles, luego de la toma presentaba el informe técnico correspondiente el cual incluía principalmente un resumen de los defectos si eran hallados, y las recomendaciones de reparación según sea el caso. Los reportes de inspección radiográfica se adjuntan en el Anexo.

4.3.3.4.4 Inspección Ultrasónica

Conforme a lo especificado en el Artículo 6.7 Pruebas No Destructivas del documento indicado en la referencia (2), las soldaduras de ranura en juntas de penetración completa en esquina serán inspeccionadas por el método de ultrasonido; pero en el presente caso existían soldaduras de ranura en esquina de penetración parcial (miembros diagonales) paralelos al eje longitudinal, donde era necesario conocer la real profundidad de penetración y compararlo con el diseño de la junta mostrado en los planos, por esta razón la supervisión ordena al fabricante la ejecución de esta prueba en dichos cordones de soldadura.

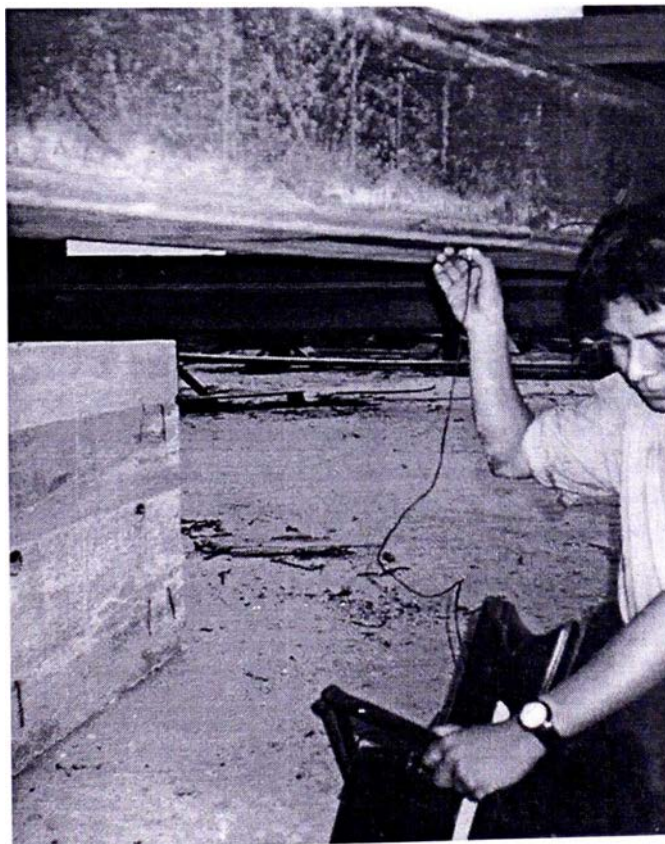


Fig. 4.11 Prueba de Ultrasonido en Junta Soldada en Esquina

El mismo proveedor de servicios de la prueba radiográfica se encargó de ejecutar la prueba de ultrasonido por muestreo en las soldaduras de ranura en esquina paralelos al eje longitudinal; con la presencia de la supervisión se constató que la profundidad de penetración real alcanzada por la soldadura en su mayoría superaba la profundidad de diseño (8 mm) a excepción de un solo caso el cual resultó ser menor en 1 mm.

Teniendo en consideración que los materiales, la calidad de la mano de obra, las condiciones del clima siempre fueron similares para todos los casos, además los cordones de soldadura en esquina de las diagonales siempre fueron ejecutadas en la posición 1G (plana), la supervisión consideró aceptable estas soldaduras.

4.3.4 MAQUINADO DE MIEMBROS

Luego de que los miembros estructurales fueron sometidos a los procesos de soldadura descritos anteriormente, entonces quedaron en condiciones de trabajabilidad para la perforación de los agujeros de conexión previstos en los extremos de cada uno de ellos, labor muy delicada por cierto, ya que implica como meta la sincronización de todos los agujeros de conexión en cuanto al tamaño y posición relativa entre sí en todos los elementos que confluyen en cada nudo de la estructura metálica o empalme empernado. Por tanto, debido a la alta precisión que se requiere para la perforación de los agujeros de conexión, los trabajos se llevaron a cabo conforme a una metodología adecuada al caso que se extendió hasta después de desarmada la estructura inclusive.

Otro trabajo de maquinado es el que se refiere a la preparación de los aparatos de apoyo ya que algunos elementos eran gruesos cuya configuración de la geometría requería la participación de una máquina herramienta llamada cepillo.

En las siguientes sub-secciones se describen con mayor detalle los procedimientos y controles durante la ejecución de los agujeros de conexión y aparatos de apoyo.

4.3.4.1 Perforación de Agujeros de Conexión (Etapa Inicial)

Durante la etapa de ensamblaje de los miembros estructurales, previo al proceso de soldadura, se colocaron provisionalmente mediante puntos de soldadura en su posición relativa sobre el miembro algunas de las planchas de conexión que mostraban los planos, sobre los cuales se perforaron dos o tres agujeros de conexión según cada plancha; la perforación de éstos agujeros por el procedimiento descrito tiene como objetivo preparar a los miembros estructurales para que insertando los pernos y pines de trabajo en éstos agujeros, sirvan de guía y centrado durante el ensamblaje horizontal a fin de manejar con mayor comodidad los desplazamientos de acomodo para reproducir la configuración geométrica de las armaduras reticuladas.

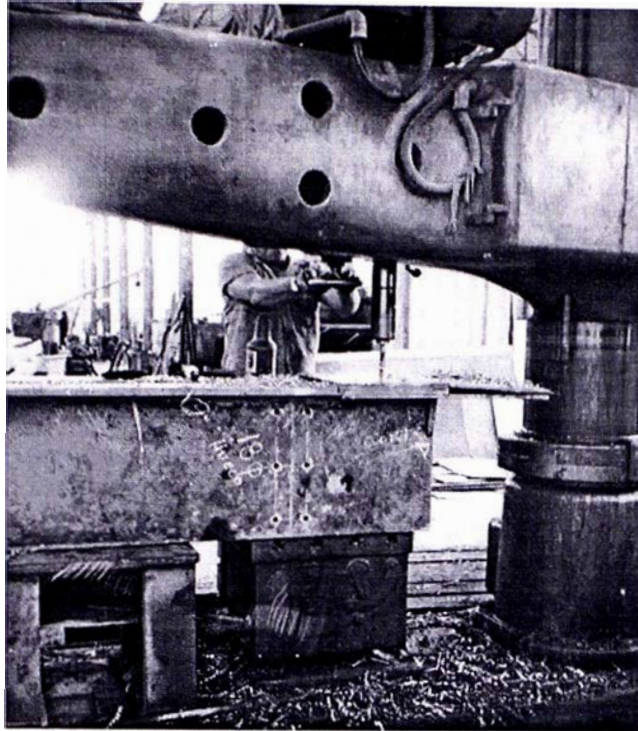


Fig. 4.12 Perforación de Agujeros de Conexión (etapa inicial)

Cuando el fabricante lleva cabo el ensamblaje de las armaduras reticuladas en posición horizontal, también prosigue mediante taladros portátiles de base magnética de operación manual, con la perforación de algunos agujeros de conexión adicionales, los cuales correspondieron a la zona de empalmes empernados entre los miembros de las bridas superior e inferior; éstas operaciones de taladrado se aplicaron solo a la placas exteriores de cada empalme. Posteriormente luego de que la estructura está completamente ensamblada, con la geometría correcta y con el auxilio de cordones cortos de soldadura se taladran los demás agujeros.

Es importante anotar que cuando se desarrollaban los trabajos de ensamblaje horizontal, la supervisión luego de recalcular el valor de la contraflecha máxima fijado en los planos, llegó a la conclusión que dicho valor no era suficiente para la condición de carga permanente total por lo que ordenó su incremento de un valor inicial de 73 mm hasta 80 mm. El incremento del valor de la contraflecha en 7 mm fue suficiente para que se produjeran desplazamientos relativos indeseados en los empalmes empernados de la brida superior, ya que desacomodaban el arreglo logrado en la posición de los agujeros de conexión y con respecto a las longitudes de los miembros éstos apenas si eran suficientes, por lo tanto quedó demostrado que la determinación de introducir una holgura en la longitud del miembro al inicio de su fabricación fue acertado (tales holguras se conocen como demasías).

Durante la ejecución de éstos trabajos la supervisión se encargó de:

- Verificación por muestreo del tamaño de los agujeros de conexión ejecutados.
- Verificar que la geometría real de las armaduras reticuladas que se obtenían conforme se añadían los miembros estructurales tuviera correspondencia con los planos.

- Revisar y llevar un registro por cada nudo sobre el desplazamiento relativo entre sí de las planchas de acero que eran atravesadas por los agujeros de conexión, de modo que ahora se manifestaban defectos de excentricidad, debidos al reajuste de posición derivados del ensamblaje horizontal.

4.3.4.2 Preparación de Aparatos de Apoyo y Pines

Los aparatos de apoyo consisten en dos unidades para el tipo fijo y dos unidades para el tipo móvil, fueron confeccionados a partir de planchas gruesas de calidad EC-35, 90 mm y 100 mm de espesor; para obtener la pendiente de las placas inferiores se utilizó un cepillo, la forma redondeada del péndulo y rodillo fijo fue obtenido por torneado, y para la perforación de los agujeros en las placas se empleó como plantillas las placas de amarre con la estructura reticulada.

Durante la fabricación de estos accesorios la supervisión solo verificó sus dimensiones.

Para el ensamblaje de la estructura metálica reticulada en el taller se necesitan elementos auxiliares que reemplacen en esta etapa a los pernos de alta resistencia ASTM A325, tales elementos auxiliares son denominados pines, los cuales son fabricados con un diámetro menor en 0.2 mm ó 0.3 mm que el agujero para el cual están destinados, entonces al ser introducidos en los agujeros de conexión ofrecen gran ajuste y evitan el deslizamiento relativo entre las planchas de un nudo o empalme; son de dos tipos: de centrado y de fijación.

4.3.5 ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA METALICA

La práctica común en los casos de fabricación de estructuras metálicas es que éstas son ensambladas para presentárselas al propietario o representante para su conformidad final; ahora bien, el ensamblaje en sí de la estructura metálica en taller se constituye en un procedimiento necesario y hasta único para comprobar directamente que todos los miembros estructurales ensamblan entre sí de un modo correcto, esto ocurre así cuando el nivel de la tecnología utilizada por el fabricante no llega a niveles de automatización integral.

Con el ensamblaje en taller, también se busca que la geometría del conjunto sea la correcta en todas sus partes, así como la sincronización de los agujeros de conexión en los elementos que concurren a un nudo o empalme.

Para el caso de la estructura metálica del puente Santo Cristo, el ensamblaje en taller se llevó a cabo primero con el ensamblaje de las armaduras reticuladas en la posición horizontal, y luego el ensamblaje general; en ambos casos la orientación de la supervisión siempre fue verificar el producto antes que los procedimientos para obtenerla, como se verá en las siguientes sub-secciones.

4.3.5.1 Ensamblaje Horizontal de Armaduras Reticuladas

Para este efecto el fabricante despejó de primera intención un área plana, horizontal, pavimentada de aproximadamente 100 m de longitud por 40 m de ancho, dejándolo libre de obstáculos y limpio de la tierra superficial, seguidamente se trazaron a escala natural (utilizando wincha de acero) los ejes principales de las armaduras reticuladas sobre el piso de concreto, y sobre los puntos adyacentes a los sitios que correspondían a los nudos y empalmes empernados de las bridas superior e inferior fueron emplazados bloques de concreto de 1.00 x 0.65 x 0.80 m.

Los miembros de las bridas superior e inferior se transportaron y colocaron sobre los bloques de concreto, cada uno en su posición relativa de conformidad con los ejes ya replantados con el objeto de presentación; en seguida mediante taladros con base magnética portátiles realizó la perforación de algunos agujeros de conexión guía en las placas de amarre de las bridas superior e inferior.

Prosigue el emplazamiento de los miembros diagonales y montantes desde los extremos hacia el centro, terminada esta operación se reacomodan los miembros para corrección de la posición de los mismos a fin de reproducir la geometría de diseño, el cual incluye la curvatura de la contraflecha en la brida inferior

Los bloques son colocados no directamente sobre los nudos sino a un costado, para permitir el taladrado de placas y asegurado de los elementos con soldadura con la finalidad de asegurar la resistencia para la erección.

Como operación final ya cuando la armadura reticulada se encuentra completa, nivelada, y con la geometría correcta, entonces se retoma la ejecución de la perforación de los agujeros de conexión sobre las placas laterales en los empalmes y nudos; por último se insertan los pernos y pines de trabajo además de un pequeño reforzamiento mediante pequeños cordones de soldadura.

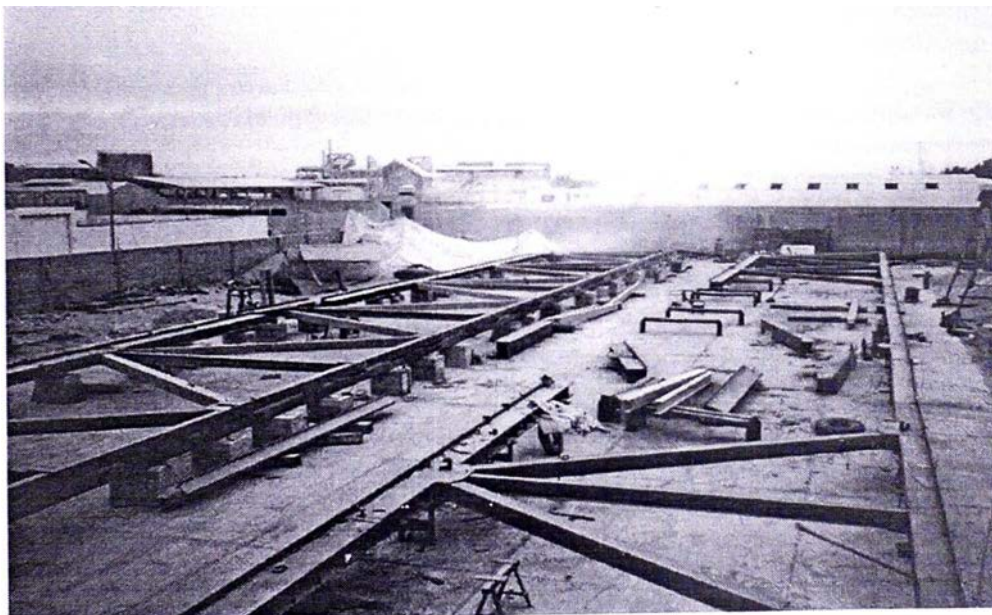


Fig. 4.13 Ensamblaje Horizontal de Armaduras Reticuladas

Durante la ejecución del ensamblaje horizontal de las armaduras reticuladas la supervisión se encargó de:

- Nivelación de verificación de la horizontalidad de la superficie superior de los bloques de apoyo de concreto armado.
- Verificación del emplazamiento correcto de los miembros estructurales sobre la base de los trazos de los ejes en el piso.

- Revisión y registro de la sincronización de los agujeros de conexión ante probables desplazamientos relativos de los elementos que generen defectos por excentricidad.
- Medición de la curvatura de la contraflecha, correspondiendo el valor máximo a 80 mm.
- Verificación de los tamaños de los agujeros perforados.

4.3.5.2 Ensamblaje Definitivo y Control de la Contraflecha

Una vez que las dos armaduras reticuladas se encontraban expeditas, se procedió al levantamiento de ambas a la posición vertical con la participación de (03) tres grúas hidráulicas (2 unidades de 50 ton y 1 unidad de 70 ton), habiendo colocado fundas de protección en los puntos de agarre así como de aquellos expuestos a rozamiento como las alas de las bridas inferiores.

Cuando ya se tenían ambos reticulados en la posición vertical con el aplomo debido y la separación correcta se fueron colocando el resto de los miembros estructurales comenzando con los arriostres superiores al centro y a los extremos, prosiguiendo con las vigas transversales de los extremos, es a esta altura del progreso de los trabajos que se vuelve a nivelar los puntos de apoyo, revisar el aplomo y poner puntales de equilibrio y vientos laterales que restringieran probables movimientos laterales.

Seguidamente el fabricante continuo con el ensamble de las vigas transversales y longitudinales fijándolos mediante pines y pernos de trabajo, completada esta operación se vuelve a verificar el alineamiento de ambas armaduras así como del aplomo, y nivelación de los puntos de apoyo, los cuales describían directamente la geometría de la contraflecha.

Respecto a la contraflecha es importante notar que la medición de la contraflecha fue registrada teniendo en cuenta que las estructuras metálicas son muy sensibles al efecto de la temperatura, por esta razón se efectuaron lecturas en horas de la madrugada (temperatura mínima) y a las 14 horas (temperatura máxima) correspondiendo valores de la contraflecha máximos y mínimos respectivamente pero en ningún caso menores del valor especificado en los planos.

En esta etapa las actividades más importantes de la supervisión consistieron en lo siguiente:

- Revisión de las fundas de protección en los puntos de agarre y deslizamiento previo a la operación de levantamiento de las armaduras reticuladas.
- Revisión del alineamiento y verticalidad de las armaduras reticuladas, y de la configuración de la contraflecha en horas de máxima y mínima temperatura.
- Chequeo y registro de los defectos de excentricidad de los agujeros de conexión debido a los deslizamientos milimétricos de los elementos que confluían en los nudos.
- Revisión de cómo quedaban dispuestos finalmente los extremos de los miembros estructurales en los nudos de conexión o empalmes en general, o dicho de otra manera, se buscaron defectos por desajustes excesivos que impidieran el reinicio de las actividades de perforación correspondientes a la etapa final; no fueron encontrados los defectos supuestos.

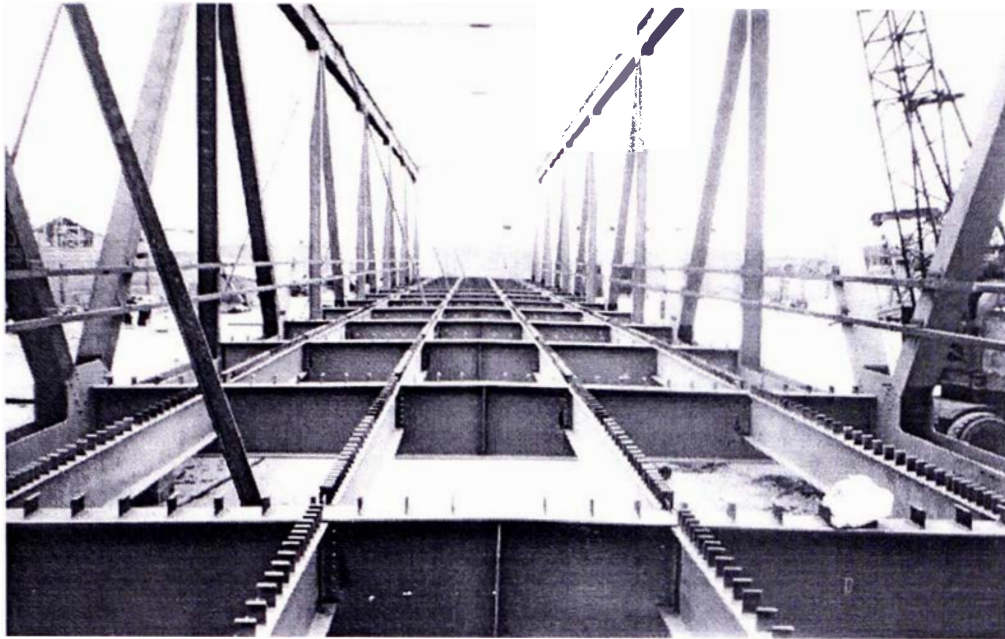


Fig. 4.14 Ensamblaje de la Estructura Metálica Reticulada

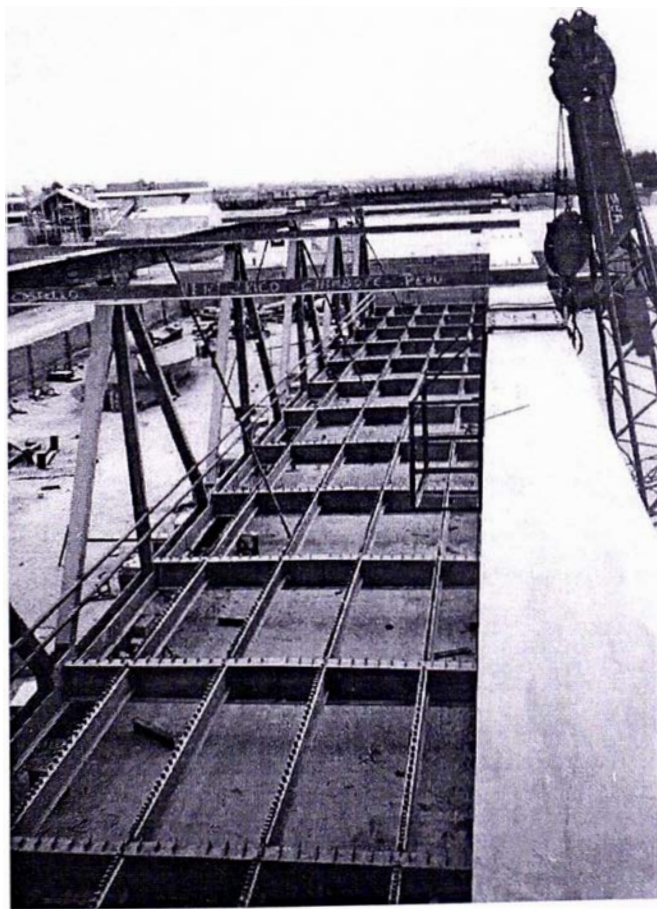


Fig. 4.15 Ensamblaje de la Estructura Metálica Reticulada

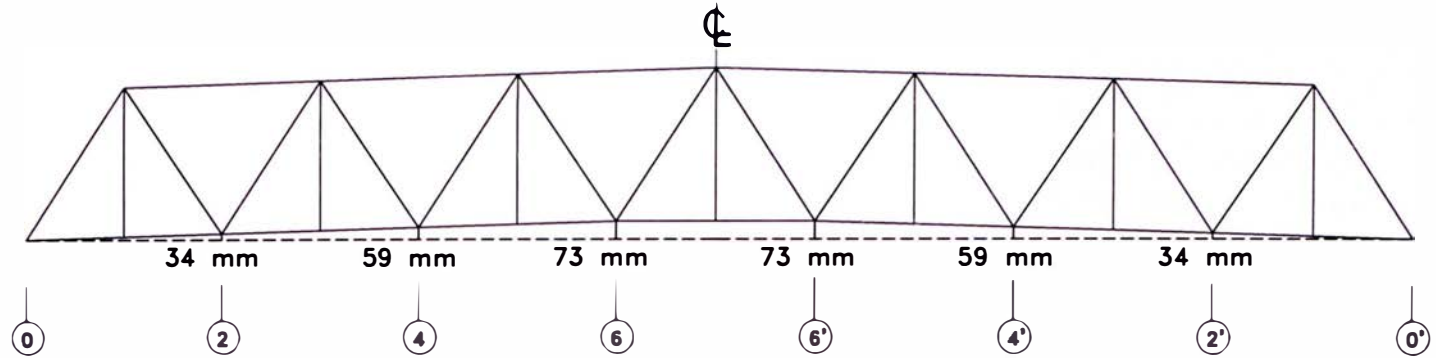
Demasías Arriostres Superiores

+3 mm +4 mm +5 mm +5 mm +4 mm +3 mm

Demasías Bidas Superiores

+7 mm +9 mm +11 mm +11 mm +9 mm +7 mm

Contraflecha



ORIGINAL

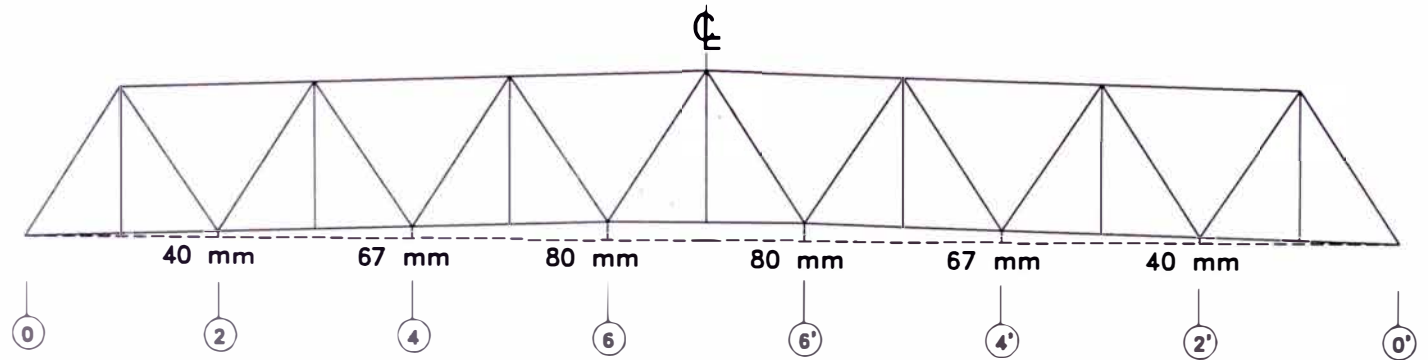
Demasías Arriostres Superiores

+4 mm +5 mm +5 mm +5 mm +5 mm +4 mm

Demasías Bidas Superiores

+10 mm +11 mm +11 mm +11 mm +11 mm +10 mm

Contraflecha



CORREGIDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO

BACH: JUAN AMBAL MIRANDA CAMARENA ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO

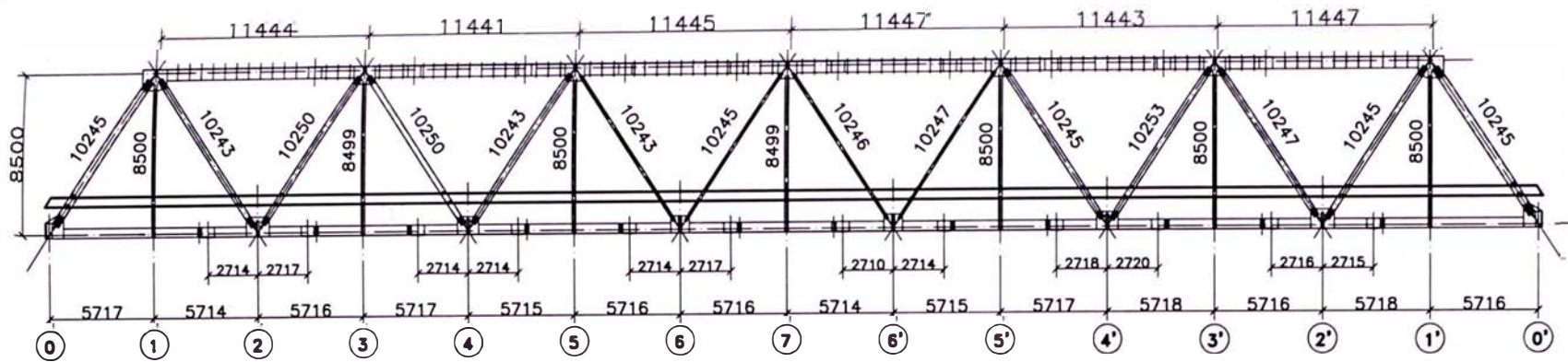
PLANO DE FABRICACION

Configuración de Demasías

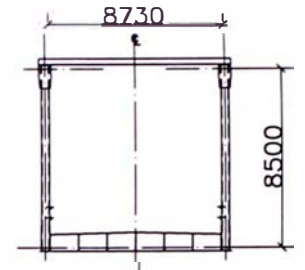
CARGA VIAL: C-30
LAMPARA: LUZ LIBRE
80 M

P-1

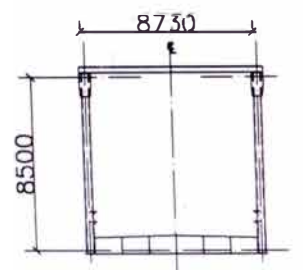
OBJ.: J.A.M.C. ESC.: S/E FECHA: SET. 2000 REV.:



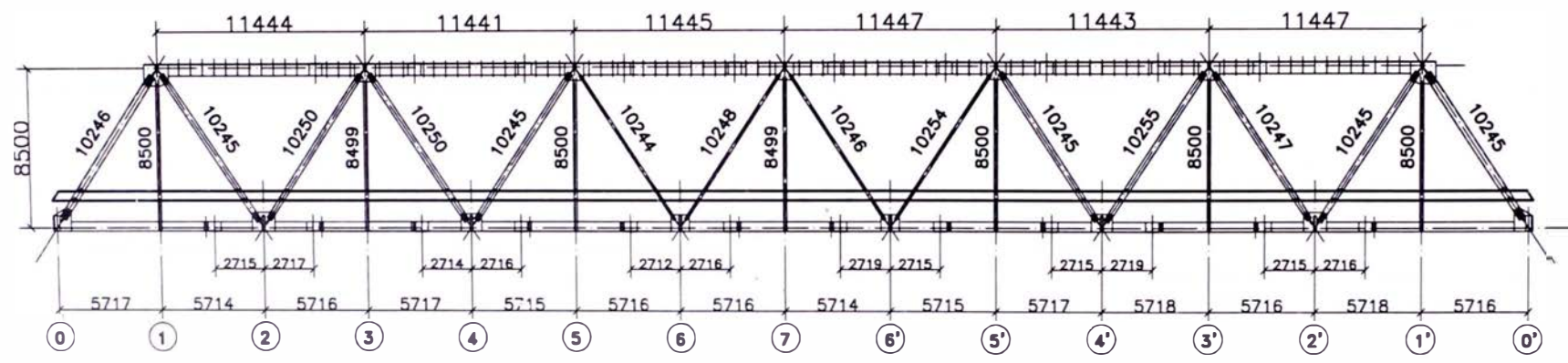
ARMADURA RETICULADA LADO MOSTRADO



ELEVACION FRONTAL



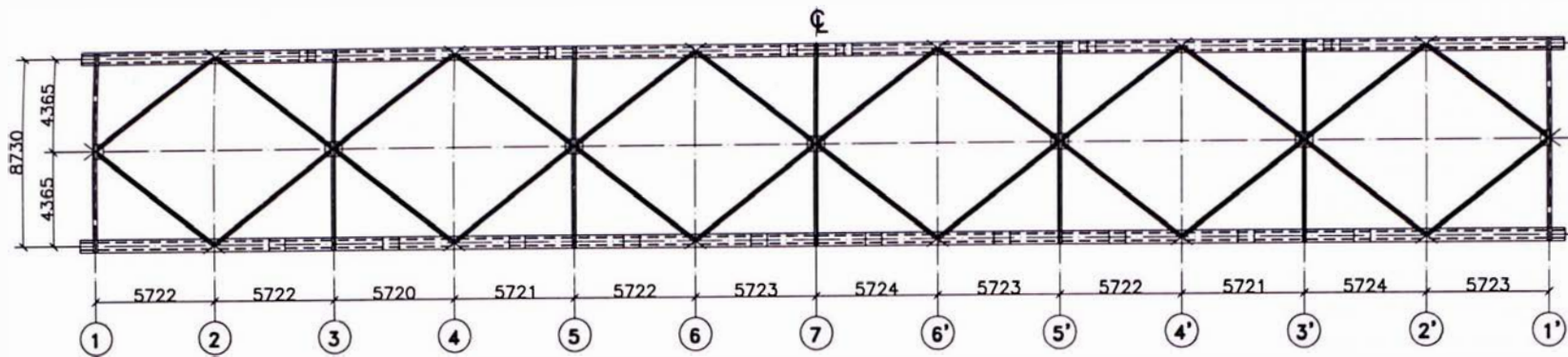
ELEVACION FRONTAL



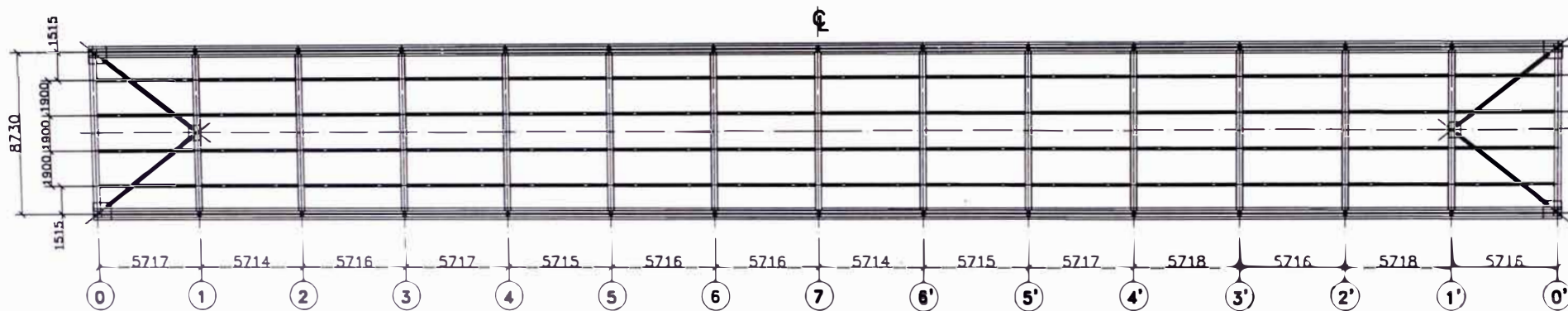
ARMADURA RETICULADA LADO OPUESTO

4-32

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Protocolo de Entrega Estructura Principal</i>			CARGA VIAL: C-30 LIZ LIBRE: 80 M
DEL: J.A.M.C.	ESC.: S/E	FED: SET. 2000	REV.: P-2



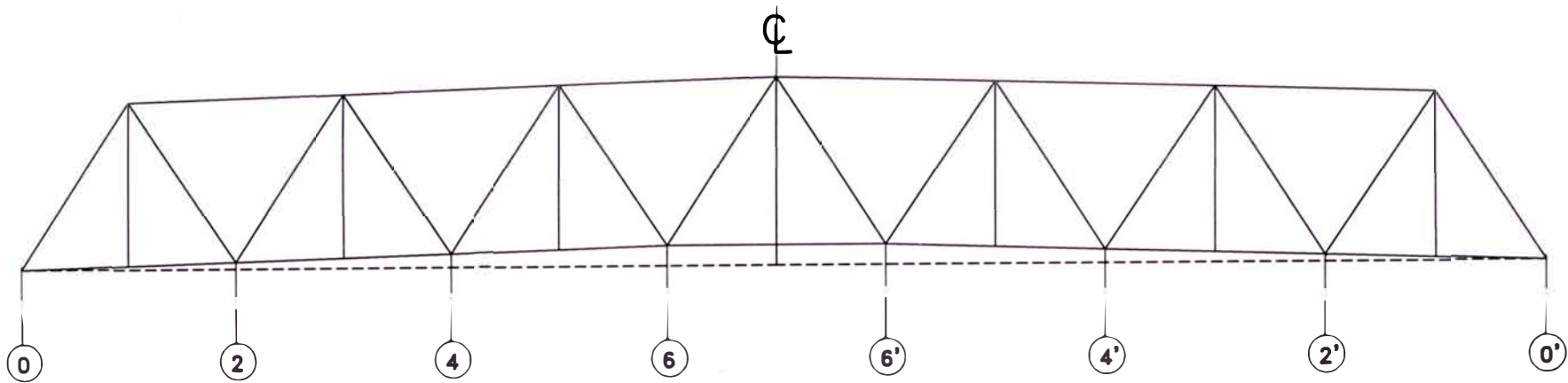
ARROSTRIAMIENTO SUPERIOR



PLATAFORMA

4-33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Protocolo de Entrega Estructura Principal</i>			CARGA VIAL: C-30 LIZ LIBRE: 80 M
DB: J.A.M.C.	ESC: S/E	FECHA: SET. 2000	REV: LAMINA: P-3



CONTRAFLECHA (mm.)

EJE	0	2	4	6	6'	4'	2'	0'
VALOR NOMINAL	0	40	67	80	80	67	40	0
REAL MOST.	0	39	62	79	79	63	42	0
REAL OPT.	0	38	61	79	79	63	43	0

4-34
 NOTA: Las medidas corresponden a una temperatura máxima ambiental de 28 °C, registrada a las 14.00 horas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO

BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA ASesor: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO

PLANO DE FABRICACION

Protocolo de Entrega - Contraflecha

CARGA VIVA: 5-30 LAMINA:
 LIG. LIBRE: 80 M P-4

DEB: J.A.M.C. ESC: S/E FECHA: SET. 2000 REV.:

4.3.5.3 Perforación de Agujeros de Conexión (Etapa Final)

En vista de que la estructura metálica reticulada estaba ahora totalmente ensamblada con todos los miembros en su posición y la geometría global en forma correcta, es entonces que a partir de aquí en adelante el fabricante estuvo autorizado a reanudar la ejecución de los trabajos de perforación (mediante 04 taladros portátiles con base magnética) de los agujeros de conexión restantes los cuales formaban un grupo de aproximadamente el 75% de la cantidad total. En los agujeros ejecutados se insertaban pines o pernos de trabajo con carácter temporal en reemplazo de los pernos de alta resistencia.

Conforme progresaba la ejecución de los trabajos de perforación de los agujeros de conexión se observaron algunos casos visibles sobre defectos por excentricidad superpuesta los que se mostraban como “ochos” u “ojos de buey”; se corrigieron algunos pero desde el lado exterior y accesible, quedando pendiente la corrección de aquellos que eran inaccesibles hasta inmediatamente después de los trabajos de desensamblaje de toda la estructura metálica.

Para todos los casos la holgura del diámetro de los agujeros de conexión respecto al diámetro de los pernos de alta resistencia ASTM A325 fue de +2 mm.

Paralelamente con la ejecución de la perforación también se colocaron las secciones de las barandas metálicas.

4.3.6 MARCAS DE ENSAMBLAJE EN LOS MIEMBROS

Una vez que la estructura metálica se encuentra totalmente ensamblada y se da la conformidad del caso, entonces paralelamente con el proceso de perforación de los agujeros de conexión (etapa final), también se procede a marcar por estampado en bajo relieve a cada uno de los miembros estructurales y piezas libres que no están soldadas a otras como por ejemplo las planchas de unión, con los códigos de marcas establecido en el plano de marcas y número de posición de elemento respectivamente. Las marcas estampadas tienen por objetivo ayudar a la identificación específica de cada miembro estructural o elemento para cuando se realice el montaje de la estructura metálica para ponerlo en servicio, ya que para entonces es muy probable que todas las piezas en general no sean fácilmente identificables a simple vista por causas diversas.

El plano de marcas muestra las marcas que han sido estampadas en cada uno de los miembros estructurales de acuerdo a su tipo y posición relativa en el conjunto ensamblado.

4.3.7 PINTURA

Las estructuras metálicas de puentes cuando están en servicio, siempre resulta de uno u otro modo que se exponen inevitablemente a los efectos del medio ambiente que pueden ser repentinos como la humedad provocada por nieblas y aquellos efectos de largo plazo como la radiación solar, lluvias, salinidad, cambios de temperatura por la estación, etc.; de todos los efectos el más dañino es la corrosión que ataca al sustrato metálico disminuyendo el espesor efectivo, contra el cual se han diseñado distintos sistemas de protección que en su gran mayoría están constituidos por recubrimientos de pintura.

Para el caso de la estructura metálica del puente Santo Cristo está previsto en las especificaciones del contrato de adquisición la utilización de un sistema de pintura epóxica, que cumpla con los espesores mínimos de película contemplados en el reglamento AASHTO-96.

4.3.7.1 Preparación de Superficies

En realidad, es costumbre general que la aplicación de la pintura de protección en los miembros estructurales sea llevada a cabo después del proceso de desensamblaje, pero en el presente caso, debido a problemas de insolvencia económica temporal del fabricante, las actividades de ensamblaje de la estructura demoraron mucho más de lo previsto, a la vez que el sub-contratista encargado de la pintura no podía seguir esperando más tiempo y procedió con su trabajo cuando se ensamblaban las armaduras reticuladas en posición horizontal, habiendo contado con la respectiva autorización de la supervisión.

La limpieza superficial de los miembros fue ejecutada por el método de arenado con el cual se eliminaron residuos de grasa o aceites, escamas, capas de óxido y en general toda sustancia extraña perjudicial; aclarándose que las marcas de ensamblaje impresas en los miembros por estampado en bajo relieve no fueron borradas por efecto de esta operación ni sufrieron deterioro alguno.

De conformidad con las especificaciones técnicas del contrato de adquisición, la supervisión verificó directamente que el grado de limpieza tenía correspondencia con el arenado cercano al metal blanco (SSPC-SP-10), al comparar la apariencia superficial obtenida con la descripción textual y fotográfica del patrón de referencia que corresponde a este grado de limpieza. A continuación se presenta el estándar de grados de limpieza del Consejo para Pintura de Estructuras de Acero (SSPC).

ESPECIFICACIONES PARA PREPARACION DE SUPERFICIES METALICAS

<i>Norma</i>	<i>Denominación</i>	<i>Descripción</i>
SSPC-SP-1	<i>Limpieza con Solventes</i>	<i>Se basa en la acción de los solventes para lograr la limpieza. Se usa para remover grasa, polvo y otros materiales contaminantes. No se elimina : herrumbre, escamas de óxido y escama de laminación.</i>
SSPC-SP-2	<i>Limpieza Manual</i>	<i>Eliminación de óxido, escamas de laminación (mill scale), pintura suelta por medio de espátula, rasquetado, lijado o cepillo de alambre.</i>
SSPC-SP-3	<i>Limpieza Mecánica</i>	<i>Eliminación de óxido, escamas de laminación (mill scale), pintura suelta por medio de esmeriles, lijadoras o cepillos mecánicos.</i>
SSPC-SP-4	<i>Limpieza con Flama</i>	<i>Deshidratación, remoción de óxido, escamas de óxido, se utiliza soplete de llama de acetileno, debe tenerse cuidado con los materiales inflamables.</i>
SSPC-SP-5	<i>Limpieza al Metal Blanco con Chorro de Arena.</i>	<i>Debe eliminarse todas las escamas, escamas de laminación, óxidos, pintura vieja y todo material extraño. Garantiza un óptimo rendimiento de la pintura y se usa en atmósferas muy corrosivas.</i>

SSPC-SP-6	<i>Arenado Comercial</i>	<i>Es el método mas usado, deberá eliminarse todo el óxido, escamas de óxido, escama de laminación y pintura vieja y mal adherida. No se remueven pinturas adheridas, restos de escamas de óxido y óxido bien adherido que garanticen una buena adhesión de la pintura.</i>
SSPC-SP-7	<i>Arenado Superficial</i>	<i>Es una limpieza que exige la eliminación de grasa, aceite, polvo, escama de óxido, escama de laminación suelta, óxido y pinturas mal adheridas. Se permite que quede escama de laminación, óxido o pintura vieja que resista al chorro de arena.</i>
SSPC-SP-8	<i>Limpieza con Ácido</i>	<i>Remoción de óxido, escamas de óxidos y pintura floja con ácido (sulfúrico, clorhidrico, fosfórico) cuidar después de enjuagar con agua la superficie tratada.</i>
SSPC-SP-9	<i>Exposición a la Intemperie y Arenado</i>	
SSPC-SP-10	<i>Limpieza Cercano al Metal Blanco</i>	<i>La remoción de óxido, escamas de óxido y pintura. Se estima que limpia un 95% del área total quedando dicha área libre de óxidos y escamas o residuos visibles (se recomienda en zonas de alta humedad, atmósfera química).</i>



Fig. 4.16 Limpieza con Chorro de Arena

4.3.7.2 Aplicación de la Pintura

La pintura anticorrosiva epóxica que se utilizó fue evaluada por la supervisión con la debida anticipación sobre si cumplía con las características de calidad requeridas, y a la vez también se hizo el mismo chequeo con la pintura esmalte epóxica aunque éste último producto no se aplicó por que lo correcto es hacerlo después que la estructura metálica sea montada para el servicio público aspecto que escapa al alcance del contrato de adquisición.

Inmediatamente después de concluida la limpieza por arenado de un miembro estructural en particular y dentro de las (02) dos horas siguientes con el objetivo de no permitir que la superficie fresca del acero vuelva a oxidarse, el sub-contratista procedió a la aplicación de la pintura anticorrosiva epóxica, teniendo en consideración las recomendaciones del fabricante de la pintura (FAST S.A.). El sistema de pintura epóxica seleccionado está formado por los productos siguientes:

- Anticorrosivo Fast Zinc Epoxy, color gris, espesor seco 3 mils.
- Esmalte Fast Gard Acabado, color naranja, espesor seco 3 mils.

La aplicación de la pintura esmalte fue cancelada por cuanto el uso correcto corresponde después que la estructura ha sido puesta al servicio público.

Previo al proceso de pintado se verificó que las condiciones ambientales eran las adecuadas, es decir, la humedad relativa no sea mayor que 85%, sin lluvia, y cortinas que impidieran la probable incursión de ráfagas de viento.

4.3.7.3 Inspección de la Pintura

Luego de aproximadamente después de 45 minutos de aplicada la pintura anticorrosiva se procedió con la medición del espesor de película húmeda mediante un accesorio rectangular el cual a cada lado tiene pequeños dientes, donde cada uno representa un valor en milésimos de pulgadas o mils.

Al día siguiente se midió el espesor de película seca de la pintura anticorrosiva mediante un calibrador magnético, de acuerdo con el procedimiento recomendado por la SSPC, entidad que establece que deben efectuarse 5 mediciones sobre cada 100 pies cuadrados de área pintada y cada medición consiste de un promedio de 3 lecturas próximas una de otra y el promedio de las cinco mediciones es la medida del espesor de película seca; adicionalmente permite que algunas de las 5 mediciones sea del orden del 80% del valor especificado y que una de las 3 lecturas que corresponden a una medición tenga un valor menor al 80% del valor especificado.

4.3.8 MISCELANEOS

Finalmente, en esta seccion se tocan variados temas que tienen relación complementaria con el proceso de fabricación de la estructura metálica del puente Santo Cristo, pero que de igual modo son importantes y es necesario registrar los hechos actuados tanto del fabricante como de la supervisión hasta el cierre del caso

Los temas que aquí se exponen no incluyen a todos en el sentido estricto de la palabra, pero sí a los de mayor importancia, dejando en claro que todos ellos se desarrollaron hasta algunos meses después de vencido el plazo contractual vigente, y ante tal situación la supervisión continuó con sus labores en forma relativa mas por

colaboración con el MTC puesto que su contrato (a suma alzada) también se encontraba vencido.

4.3.8.1 Pernos de Alta Resistencia

El contrato de adquisición tenía especificado claramente que la totalidad de los pernos de alta resistencia que el fabricante estaba obligado a suministrar, sean de calidad ASTM A325 sustentado con los certificados de calidad que exige esta norma técnica.

Desde el inicio de la fabricación el contratista tuvo la intención de sub-contratar el suministro de éstos materiales mediante un proveedor del mercado local, para fabricarlos en el medio y no importarlos del mercado internacional, haciéndolo saber a la supervisión, quien luego de evaluar el caso autoriza esta forma de suministro, siempre y cuando cumpla con adjuntar en forma oportuna los certificados de calidad expedidos por un Laboratorio de Materiales de reconocido prestigio.

Conforme transcurría el plazo de fabricación de la estructura metálica, el sub-contratista encargado del suministro de los pernos de alta resistencia, también se dedicó a fabricar éstos materiales en medio de una serie de irregularidades que no permitían al supervisor tener plena certeza de si la fabricación de los pernos se estaba llevando de un modo correcto; tales irregularidades fueron:

- A pesar de haber solicitado oportunamente al fabricante el certificado de calidad del material utilizado, este nunca fue presentado a la supervisión.
- Algunas veces el sub-contratista permitió la visita a las instalaciones del taller donde se fabricaban los pernos de alta resistencia, pero siempre evadió el compromiso de mostrar el laboratorio de tratamiento térmico por ejemplo.
- El sub-contratista pretendió entregar los pernos de alta resistencia en el almacén del MTC sin antes proporcionar los certificados de calidad; y ante la insistencia de la supervisión se limitó a mostrar los reportes de ensayos de laboratorio llevados a cabo en una Universidad particular, con lo cual demuestra fehacientemente que realmente pretendió sorprender al fabricante y a la supervisión ya que tales documentos no representaban los requerimientos mínimos establecidos en la norma ASTM A325.
- Del grupo de pernos producidos por el sub-contratista en muchos de ellos se encontraron grietas visibles a simple vista en la cabeza y el cuerpo del perno.

Los reportes de los ensayos de laboratorio que el sub-contratista presentó se encuentran en el Anexo, pero con el objetivo de disponer de una referencia se muestra un resumen en la tabla siguiente:

N°	Ensayo	Perno	Resultado
1.0	Tracción	M 20x65 y M 24x80	Bueno
2.0	Dureza	M 20x65 y M 24x80	Bueno
3.0	Tracción	M 24x80 (2 unidades)	Bueno
4.0	Tracción	M 20x80 (2 unidades)	Bueno
5.0	Análisis Metalográfico	M 24x80	---

Por otro lado, se transcribe en letra cursiva los requerimientos de propiedades mecánicas y tamaño de muestras para ensayos de laboratorio establecidos en la norma ASTM A325 correspondiente a la versión 1997:

6. Propiedades Mecánicas⁵

6.1 Dureza.- Los pernos deberán estar conforme a la dureza especificada en la Tabla 3.

6.2 Propiedades de Tensión:

6.2.1 Los pernos que tienen una longitud de 3 veces el diámetro o más (ver 6.2.3) será probado para todo tamaño y deberá estar conforme a la resistencia a la tensión y carga de prueba o la carga de prueba alternativa especificada en la Tabla 4.

6.2.2 Los pernos que tienen una longitud menor que 3 veces el diámetro no están sujetos a pruebas de tensión, excepto como está permitido en 6.2.3.

6.2.3 Los pernos que tienen una longitud de 2 veces el diámetro o más pueden ser probados para todo tamaño para propiedades de tensión sin embargo si el equipo de prueba está disponible. En tal caso la referencia a "3 veces el diámetro" en la Tabla 3, 6.2.1, y 6.2.2 deberá ser considerado como "2 veces el diámetro".

6.2.4 Los pernos sobre los cuales las pruebas de tensión y dureza son ejecutados, la aceptación basada sobre los requerimientos de tensión será tomado como precedente en el eventual caso de controversia, por encima de los ensayos de la dureza con valores de resultados bajos.

6.3 Pruebas de Capacidad Rotacional:

6.3.1 Definición.- La prueba de capacidad rotacional está entendida para evaluar la presencia de un lubricante, la eficiencia del lubricante, y la compatibilidad de ensamblaje como está representado por los componentes seleccionados para la prueba.

6.3.2 Requerimiento.- Pernos revestidos de zinc y tuercas lubricadas y revestidas con zinc probadas en todo tamaño en una junta ensamblada o un equipo de medición de tensión, en concordancia con 10.2, no mostrará señales de fracaso cuando se sujetó a la rotación de la tuerca como está en la Tabla 5. La prueba será ejecutada por el interesado responsable (ver Sección 15) previamente al embarque después de revestir con zinc y lubricación de tuercas.

6.3.3 Criterio de Aceptación.- El ensamblamiento de pernos y tuercas será considerado como no conforme si el ensamblaje falla hasta que pasa algunos de los requerimientos especificados:

6.3.3.1 Inhabilidad para el ensamblaje de la rotación de la tuerca en la Tabla 5.

6.3.3.2 Inhabilitada para remover la tuerca después de instalado a la rotación especificada en la Tabla 5.

6.3.3.3 Falla por corte de la rosca como determinado por examen visual de perno y tuerca siguiente a la remoción.

6.3.3.4 Falla por Torsión o torsión / tensión de el perno, elongación del perno, en la rosca entre la tuerca y la cabeza del perno, es para ser espectado a la rotación requerida y no está clasificado como una falla.

TABLA 3 Requerimientos de Dureza para Pernos

Tamaño de Perno ("")	Longitud de Perno ("")	Brinell		Rockwell C	
		Minima	Máxima	Minima	Máxima
½" hasta 1", inclusive	Menores que 3D ^A y mayores	253	319	25	34
		-	319	-	34
1 1/8" hasta 1 ½", inclusive	Menores que 3D ^A y mayores	223	286	19	30
		-	286	-	30

^A Pernos que tienen una longitud menor que 3 veces el diámetro están sujetos solamente a la dureza mínima / máxima. Tales longitudes no pueden ser razonablemente probados a la tensión. D = Diámetro nominal o tamaño de la rosca.

TABLA 4 Requerimientos de Tensión para Todo Tamaño de Pernos

Tamaño de Perno, Rosca por pulgada y Designación de Serles	Area de Esfuerzo^A (pulg²)	Resistencia a la Tensión^B Mínima, lbf	Carga de Prueba^B Método de Medición	Carga de Prueba Alternativa,^B Método de Resistencia a la Fluencia, Mín.
<i>Columna 1</i>	<i>Columna 2</i>	<i>Columna 3</i>	<i>Columna 4</i>	<i>Columna 5</i>
½ - 13 UNC	0.142	17,050	12,050	13,050
5/8 - 11 UNC	0.226	21,100	19,200	20,800
¾ - 10 UNC	0.334	40,100	28,400	30,700
7/8 - 9 UNC	0.462	55,450	39,250	42,500
1 - 8 UNC	0.606	72,700	51,500	55,750
1 1/8 - 7 UNC	0.763	80,100	56,450	61,800
1 1/8 - 8 UN	0.790	82,950	58,450	64,000
1 ¼ - 7 UNC	0.969	101,700	71,700	78,500
1 ¼ - 8 UN	1.000	105,000	74,000	81,000
1 3/8 - 6 UNC	1.155	121,300	85,450	93,550
1 3/8 - 8 UN	1.233	129,500	91,250	99,870
1 ½ - 6 UNC	1.405	147,500	104,000	113,800
1 ½ - 8 UN	1.492	156,700	110,400	120,850

^a El área de esfuerzo es calculado como sigue:

$$A_s = 0.7854 (D - (0.9743/n))^2$$

Donde :

A_s = Area de esfuerzo, pulg²

D = Tamaño nominal de perno, y

N = Roscas por pulgada.

^B Las cargas tabuladas están basadas en lo siguiente:

Tamaño de Perno (pulg.)	Columna 3	Columna 4	Columna 5
½ hasta 1, inclusive	120,000 psi	85,000 psi	92,000 psi
1 1/8 hasta 1 ½ inclusive	105,000 psi	74,000 psi	81,000 psi

TABLA 5 Prueba de Capacidad Rotacional para Pernos Revestidos de Zinc

Longitud de Perno, pulg.	Rotación Nominal de Tuerca, grados (giro)
Hasta incluyendo 4 x diámetro	240 (2/3)
Sobre 4 x diámetro, pero no excediendo 8 x diámetro	360 (1)
Sobre 8 x diámetro, pero no excediendo 12 x diámetro	420 (1 1/6)
Sobre 12 x diámetro	Prueba no aplicable

9. Número de Pruebas y Nuevas Pruebas⁵

9.1 Responsabilidad de la Prueba:

9.1.1 Cada lote deberá ser probado por el fabricante previamente al embarque en concordancia con la identificación del lote de producción para asegurar el plan de control de calidad en 9.2 hasta 9.6.

9.1.2 Cuando los pernos son acabados por una fuente diferente que el fabricante, el individuo responsable como está definido en 15.1 deberá ser responsable para asegurar que todas las pruebas tienen que ser ejecutadas y los pernos cumplen con los requerimientos de esta especificación (ver 4.5).

9.2 Propósito de Inspección del Lote.- El propósito de un programa de inspección de un lote de producción es para asegurar que cada lote está conforme a los requerimientos de esta especificación. Para un plan tal para ser totalmente efectivo es esencial que los procesos secundarios, distribuidores, y compradores mantengan la identificación e integridad de cada lote hasta que el producto sea instalado.

9.3 Método de Producción del Lote.- Todos los pernos deberán ser procesados en concordancia con un plan de identificación de lote para asegurar el control de calidad. El fabricante, procesador secundario, y distribuidores deberán identificar y mantener la integridad de cada lote de producción de pernos de selección de material crudo hasta todas las operaciones de procesamiento y tratamiento hasta el empaquetamiento final y embarque. Cada lote deberá ser asignado con un número de identificación propio, cada lote deberá ser probado, y los reportes de prueba para lote deberán ser retenidos.

9.4 Definición de Lote de Producción.- Un lote de producción, para propósitos de asignación de un número de identificación y del cual muestras de prueba serán seleccionados, deberá consistir de todos los pernos procesados esencialmente juntos hasta todas las operaciones hasta el embarque en el contenedor que son del mismo tamaño nominal, la misma longitud nominal, y producido al mismo calor del acero en fábrica.

9.5 Número de Pruebas:

9.5.1 El mínimo número de pruebas de cada lote de producción deberá estar conforme a la tabla siguiente:

Prueba	Número de Piezas en el Lote de Producción	Número de Pruebas	Número de Aceptación
Dureza	800 y menos	1	0
	801 hasta 8000	2	0
Tensión	8001 hasta 35000	3	0
Carga de Prueba	35001 hasta 150000	8	0
	150001 y más	13	0
Capacidad Rotacional	150000 y menos	2	0
Peso del Revestimiento	250000 y menos	4	0
Dimensiones	En concordancia con la práctica estándar de control de calidad del fabricante. En caso de disputa, la aceptación deberá estar basada sobre los requerimientos para Inspección Final No Destructiva mostrado en ASME/ANSI B18.18.3M		
Rosca ajustada	Muestra como dimensiones		
No revestido	En concordancia con 7.4 y la Tabla 6		
Revestido			
Estallidos de cabeza	En concordancia con la Sección 11 y la Tabla 7		

9.6 Cuando la prueba está en concordancia con el plan de muestreo requerido, un lote deberá ser rechazado si alguno de los especímenes de prueba falla hasta encontrar los requerimientos aplicables de la prueba.

En conclusión, los ensayos de laboratorio ordenados por el sub-contratista tienen resultados buenos, pero adolece en cuanto al tamaño de la muestra ensayada que no es representativa (06 und para Tracción y 02 und para Dureza) al cual debió incluir mayor número de pernos, ya que teniendo en consideración la definición de lote de producción según la norma y la cantidad de pernos por diámetro y longitud inmersos dentro del universo poblacional de 9,963 unidades* las cantidades correctas que debieron ser ensayadas son:

- Dureza 29 unidades
- Tracción 12 unidades

* ver el listado de pernos incluido en el Capítulo 2

Por las razones expuestas en el párrafo anterior, la supervisión rechazó la cantidad total de los pernos y ordenó al fabricante de la estructura metálica suministrar pernos de alta resistencia ASTM A325 de importación. Después de vencido el plazo contractual vigente el fabricante declaró que no podía suministrar éstos materiales por falta de recursos económicos.

4.3.8.2 Desensamblaje de la Estructura Metálica

En cuanto fueron completados los trabajos de: perforación de los agujeros de conexión en todos los nudos y empalmes, así como del estampado de marcas en bajo relieve, el fabricante procedió a desensamblar los miembros estructurales comenzando con la fijación de las armaduras reticuladas mediante cables de acero a manera de vientos que previnieran probables movimientos laterales perjudiciales; el paso siguiente fue retirar los arriostres superiores juntamente con las vigas transversales y longitudinales; cada armadura reticulada se desarmó a partir de la brida superior, seguida de las diagonales y montantes, finalmente los miembros de la brida inferior.

El método de desensamblaje de las armaduras reticuladas en la posición vertical no es el más seguro y trae riesgos de que los miembros libres queden deformados o se produzcan accidentes, estos riesgos se superaron sobre todo por la gran experiencia, habilidad y destreza del personal obrero que participó en la fabricación; quedando demostrado con ello una vez más que un factor principal para lograr el éxito en la construcción de estructuras metálicas de gran envergadura se necesita personal obrero calificado además de experimentado.

Los miembros estructurales libres fueron clasificados y apilados por tipo en las áreas libres del taller de modo que fuera posible reparar los defectos de perforación en los agujeros de conexión que eventualmente eran hallados.

4.3.8.3 Corrección de Defectos en Agujeros de Conexión

Conforme los miembros estructurales eran desensamblados se observaron en sus extremos algunos defectos en los agujeros de conexión, los cuales consistían en dobles agujeros excéntricos en algunas de las planchas de acero que concurrían en los nudos o empalmes; éstos defectos tipificados como “ojos de buey” u “ochos” eran de esperarse ya que inicialmente fue una necesidad perforar algunos agujeros con motivo del ensamblaje horizontal y levantamiento de las armaduras reticuladas, pero cuando se lleva a cabo el ensamblaje de la estructura los miembros estructurales sufren un pequeñísimo reacomodo entre sí, de modo que cuando se ejecuta la perforación definitiva del resto de los agujeros de conexión y se re-perforan algunos en los que se observaban desplazamientos en las planchas de acero que no permitían la colocación de los pernos o pernos de trabajo.

La corrección de éstos defectos de perforación en algunos de los agujeros de conexión se llevó cabo mientras la estructura se mantenía ensamblada, pero sólo desde el lado exterior, dejando para después del desensamblaje la corrección de los agujeros en las planchas interiores ya que en ese momento no era posible.

La corrección en sí, consistió en rellenar con soldadura todos aquellos defectuosos, dar un acabado suave a la superficie mediante esmerilado y la nueva perforación en el punto correcto. El fabricante corrigió una parte del grupo de agujeros defectuosos en las instalaciones de su taller y el resto fue completado en el interior del almacén del MTC.

Como hecho final la supervisión verificó que todos los defectos fueron realmente corregidos por el método antes descrito, siendo relativamente sencillo la identificación rápida, pues se contaba con un registro sobre los miembros estructurales para conocer en cuáles de ellos y en qué parte se hallaban éstos defectos, adicionalmente también se verificó que todas aquellas áreas relativas a los nudos o empalmes donde algunos elementos de acero tenían superficies de contacto directo entre sí, fueran recubiertas con una capa de barniz marino que lo protegiera de los agentes de oxidación, que trae consigo un tipo de intemperismo húmedo al aire libre que predomina en el almacén del MTC en Lima, ya que en principio la permanencia del conjunto de los miembros estructurales en dicho almacén es por tiempo indefinido.

4.3.8.4 Embarque y Entrega de los Miembros Estructurales

Para efectos de manipulación y control de la distribución de los miembros estructurales al momento de cuando éstos fueron trasladados del taller del fabricante al almacén del propietario, y más aún con el objetivo de proporcionar una herramienta de manejo versátil, se elaboró un registro que incluía a todos ellos, para facilitar las labores de gestión técnica-administrativa que se dieron en ese momento y eventualmente también pueden darse más adelante, como por ejemplo, durante el montaje para el servicio público, mantenimiento preventivo o correctivo, u otros.

Este registro de todos los miembros estructurales contiene información sobre los miembros estructurales y elementos accesorios como las planchas de empalme, conectores, etc., relativas a su descripción, cantidad, peso unitario y total; la información complementaria como las áreas de pintura se encuentran en la lista de elementos de donde es posible extraer también otros tipos de información. Para el caso de las dimensiones basta recurrir a los planos de fabricación.

Los miembros estructurales fueron entregados individualmente no requiriendo embalaje alguno, para identificarlos bastaba sólo la marca de fábrica por estampado en bajo relieve y en el caso de las planchas de empalme de la brida superior, y los conectores de la brida inferior, juntas metálicas, barandas, aparatos de apoyo, y tubos de drenaje; éstos fueron empaquetados en bultos de aproximadamente 2.0 ton de peso.

4.3.8.5 Calendario de Fabricación Ejecutado

El Calendario de Fabricación Ejecutado con respecto a la estructura metálica reticulada del puente Santo Cristo, que se muestra en el Diagrama Gantt adjunto, refleja de cómo las actividades principales se desarrollaron en el tiempo; durante el plazo contractual vigente el avance de la fabricación fue medido mensualmente teniendo como referencia única al peso de los miembros estructurales, por lo cual era posible determinar en primer lugar el avance de los trabajos en alguna actividad principal, el valor de avance en cada actividad era afectada por un factor de ponderación particular a cada uno y la suma de los productos era el indicador del avance de la fabricación en toda la estructura metálica.

Se puede observar de primera intención que el lapso de tiempo empleado por el contratista en cumplir con la entrega de la estructura metálica, supera inclusive el plazo

contractual vigente en aquella fecha; el plazo contractual original (130 días calendario) fue ampliado hasta en dos oportunidades de 5 días calendario la primera, y 30 días calendario la segunda y última.

Entre los motivos por los cuales el contratista se extendió más allá del plazo contractual vigente, se encuentra en orden cronológico, primero, la escasez temporal de planchas de acero en el mercado local, segundo, la corrección de la contraflecha desde un valor de 73 mm hasta 80 mm obligando a un reacomodo de los miembros de las armaduras reticuladas además de la re-perforación de algunos agujeros de conexión, tercero, debido a que el fabricante atravesó una situación de insolvencia económica temporal que no le permitía cumplir con el personal obrero y proveedores varios; como una forma de ilustrar esta situación se dio el caso en la que el contratista teniendo ya casi fabricada la estructura en su totalidad, no había posibilidad de hacer algún pago adicional sobre el adelanto en efectivo (50% del monto contratado) por cuanto el contrato era "a suma alzada" y el saldo se pagaba contra entrega de todos los bienes y documentos especificados en el contrato.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

A continuación se presenta una serie de conclusiones sobre todo de carácter técnico debidamente clasificadas, las que se han recogido a partir de la experiencia que significó la fabricación de la estructura metálica del puente Santo Cristo; cabe la oportunidad para dejar en claro que el objetivo principal es de contribuir, por lo menos, hacia una sistematización de los procedimientos para un control eficaz de los procesos de fabricación de estructuras de acero en nuestro medio.

5.1.1 ESTADO DEL ARTE EN ESTRUCTURAS METALICAS DE PUENTES

A nivel mundial, las estructuras de puentes tienen sistemas estructurales diversos como son por ejemplo, puentes de vigas simplemente apoyados, isostáticos con voladizos, continuos, parcialmente continuos, puentes tipo pórtico, puentes en arco de tímpano lleno o abierto, reticulados, colgantes, atirantados; cuyos materiales pueden ser concreto armado, concreto postensado, acero estructural o una combinación de ellos. Siendo más puntual se observan superestructuras de acero sección cajón con tablero ortotrópico; sistemas de sección compuesta con dos vigas sección I, atirantados con acero en los cables o en todo el sistema completo, arcos atirantados con cables radiales con o sin sistema de arriostre superior, entre otros.

En la fabricación de éstas estructuras se utilizan ampliamente los sistemas CAD y CAM; la calidad de acero más difundida corresponde al grado 50 ksi; con tendencia creciente para los grados superiores; los procesos de soldadura son semiautomáticos o automáticos; finalmente los fabricantes al obtener la certificación ISO 9001 adquieren mayor crédito, de modo que los clientes ya no requieren servicios de inspección pormenorizada.

En el Perú, los sistemas estructurales de acero para puentes son similares, entre las cuales tenemos: sistema compuesto con vigas de alma llena sección I, armaduras reticuladas, estructuras colgantes importadas de doble vía y en menor cantidad estructuras colgantes antiguas de fabricación nacional de una sola vía, un solo puente atirantado de primera generación, por último aquellos para uso "provisional" como los tipos Bailey o Mabey que dicho sea de paso muchos son utilizados como definitivos.

En nuestro medio las estructuras de acero para puentes que se fabrican son: vigas de alma llena, armaduras reticuladas, y en menor escala armaduras modulares semejantes al tipo Bailey. La mayoría de los fabricantes son capaces de trabajar con sistemas CAD sobre todo para el dibujo o eventualmente el diseño; los procesos de soldadura predominantes son SMAW y FCAW manuales; el control de calidad de la soldadura es mediante tintes penetrantes y radiográfica, este último muchas veces no ajustado al reglamento; los sistemas de protección son epóxicos aunque también se nota una preferencia creciente por el poliuretano. También podemos distinguir otro grupo de fabricantes que son pocos y aislados quienes además de lo ya expuesto usan el sistema CAM; incluyen procesos de soldadura semiautomáticos; los controles de

calidad son ejecutados conforme a los reglamentos; cuentan con personal calificado y equipos idóneos y propios; en fin, cumplen con los requerimientos mínimos de la certificación ISO 9001.

5.1.2 PLANEAMIENTOS DE FABRICACIÓN Y SUPERVISION

5.1.2.1 FABRICACION

a) Planos de Fabricación

El fabricante luego de recibir los planos estructurales del cliente tiene la obligación de elaborar con el debido cuidado y minuciosidad los planos de fabricación de todos los miembros y elementos que componen la estructura metálica indicando, la calidad del acero si fuere necesario, acotamiento de dimensiones y diseño de juntas soldadas; en esta etapa y en forma paralela también se codifican cada uno de los elementos de acuerdo a un sistema consistente.

b) Requerimiento de Recursos

El requerimiento de recursos es formulado luego de evaluar los documentos incluidos en el expediente técnico y los planos de fabricación; respecto a los recursos materiales éstos deberán tener las propiedades y características especificadas sustentadas con certificados de calidad, o en su defecto los informes técnicos de ensayos de prueba pertinentes expedido por un Laboratorio de Materiales de prestigio reconocido.

El personal profesional, técnico y obrero que participó tenía la calificación y experiencia suficiente que le acreditaba capacidad, habiéndolo demostrado a lo largo de todo el proceso hasta concluir la fabricación, sin que se produjeran errores irreparables pese a la falta de equipos y herramientas adecuadas.

5.1.2.2 SUPERVISION

a) Verificación Documentos en Gabinete

Antes del inicio del proceso de fabricación la supervisión revisó el expediente técnico completo buscando probables inconsistencias entre sus partes que induzcan a errores, se encontraron algunos que posteriormente se corrigieron; los planos de fabricación también se revisaron en el acotamiento dimensional y codificación de elementos. La verificación de la validez de los certificados de calidad fue realizada teniendo como patrón de referencia las características y propiedades establecidas dentro de las Normas.

Aunque el contrato de adquisición establecía que los pagos al fabricante serían dos como es el adelanto en efectivo al inicio y cancelación contra entrega al final del proceso; la supervisión en todo momento chequeó que por lo menos el valor del avance físico acumulado fuera igual o mayor que el adelanto en efectivo, esto para estar seguro de que la inversión sea real y efectiva.

b) Inspección y Control en el Taller

El equipo de supervisión identificó en su forma y alcances todas las fases de trabajo que implicaba la fabricación de la estructura metálica, para ello estableció una metodología ordenada de chequeo y control de calidad sobre la base de las

especificaciones y recomendaciones de los reglamentos AASHTO-96, ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code, AISC y otros. También se pidió al contratista la elaboración del Calendario de Fabricación Programado para disponer de una herramienta de control del avance en forma continua.

c) Organización del Equipo de Supervisión

El equipo de supervisión se organizó sobre la base del contrato pactado con el propietario, documento en el cual se especificaron una serie de obligaciones que debía cumplir; por otra parte, también se recogieron y tomaron en consideración las cláusulas del contrato de adquisición y los requerimientos de calidad de la estructura establecidos en el expediente técnico. Al interior, la supervisión estuvo organizada por áreas, conforme a un orden determinado por la jerarquía de los niveles de responsabilidad y la división por tipo de trabajo.

5.1.3 INSPECCION DEL PROCESO DE FABRICACION

Durante el proceso de fabricación la supervisión desarrolló sus actividades con el objetivo de controlar y/o verificar los aspectos siguientes:

a) Habilitación de Elementos de Miembros

La habilitación de las planchas de acero incluyeron trabajos relacionados a: el trazado geométricos de elementos individuales: corte de panchas y preparación de bordes para las uniones soldadas con chorro de oxígeno; También se encuentran, los métodos de enderezado en frío y en caliente, éste último sólo en algunas oportunidades; al tiempo del trazado de los elementos sobre las planchas de acero, también se marcaron los códigos de identificación en taller, los que estuvieron representados por números de posición correlativos.

b) Soldadura de Miembros

Los miembros ensamblados y unidos entre sí por puntos de soldadura provisionales que mantenían los elementos en su posición relativa en forma correcta, cuidando de que la disposición de los elementos en sus bordes no sobrepasen los límites de tolerancia, fueron soldados mediante procesos manuales SMAW con electrodos E-60XX, E-7018 y GMAW (MIG-MAG) con alambre ER 70S-6, los electrodos y alambres fueron de primera mano nuevos y frescos. Por la calificación y experiencia de los soldadores no fue necesario entrar en detalles de procedimientos, por cuanto una medida eficaz en este caso, es inspeccionar los cordones de soldadura producidos desde el comienzo, con la inspección visual y radiográfica que si detectaban defectos en repetidas veces, entonces era condición más que suficiente para revisar los procedimientos de soldadura o pedir el cambio del soldador o soldadores; situaciones como la descrita no sucedieron.

c) Control de la Distorsión y Encogimiento

El fenómeno de distorsión y encogimiento de los miembros estructurales que se origina por el calor que induce la soldadura, fue controlado por la disposición en cuanto a la ejecución de los cordones en sí, en dos formas, la primera consiste en hacerlo de manera intermitente y de acuerdo a una secuencia que minimizara el aporte de calor teniendo en el banco de trabajo un sistema de accesorios que sujetaban rígidamente el miembro impidiendo toda deformación hasta que enfriara a la temperatura ambiente;

otra forma consiste, en aprovechar que algunos miembros tendrían los cordones de soldadura dispuestos simétricamente (diagonales), en estos casos la soldadura también se aplicó intermitente y simétricamente en una secuencia que minimiza el aporte de calor, no necesitando el auxilio de accesorios de sujeción.

d) Tolerancias Dimensionales

Las deformaciones en la rectitud y llanura de los elementos y miembros estructurales debidos a la distorsión y encogimiento, o manipulación, no siempre fueron posibles de controlar con exactitud, habiéndose observado con mayor incidencia en aquellos miembros compuestos por elementos delgados (< 12.5 mm) como los arriostres superiores y montantes por ejemplo; las deformaciones posteriormente fueron corregidos por el método de enderezado en frío, hasta que no sobrepasen los límites admisibles de reglamento.

e) Control de Calidad de la Soldadura

El control de calidad de la soldadura se llevó a cabo mediante (04) cuatro métodos de inspección: la primera consiste en la inspección visual inmediatamente después de enfriada la soldadura a la temperatura ambiente, con el propósito de detectar defectos como socavación, porosidad superficial, presencia de escorias, falta de fusión entre el metal de aporte y el metal base, se hallaron defectos aislados que de inmediato se corrigieron.

El segundo consiste en los tintes penetrantes aplicados en todas las soldaduras a tope al tiempo que eran ejecutados.

El tercero consiste en la inspección radiográfica de todas las juntas soldadas a tope en los miembros de las bridas superior e inferior de conformidad con el reglamento ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code.

El cuarto y último consiste en la inspección por ultrasonido aplicado en las juntas soldadas en esquina de los miembros diagonales para verificar la profundidad alcanzada por la soldadura y chequear que sea igual o mayor que el valor mostrado en los planos.

f) Perforación de Agujeros de Conexión

Los agujeros de conexión de los miembros estructurales se perforaron en dos etapas; en la primera, luego la inspección visual de la soldadura con las eventuales correcciones, se perforaron tres o cuatro agujeros en cada extremo para posibilitar el ensamblaje horizontal de las armaduras reticuladas; la segunda después del ensamblaje de toda la estructura con la geometría y contraflecha correctas; en esta situación los defectos de perforación se corrigen desde el lado exterior.

g) Ensamblaje de la Estructura Metálica

La estructura se ensambló en dos etapas, en la primera, se ensamblaron las armaduras reticuladas en posición horizontal, habiéndose verificado en esta condición que todos los miembros estructurales se encuentren emplazados en la posición correcta, así como la configuración de la contraflecha en la brida inferior; por otro lado, el dar un incremento longitudinal de 7 a 11 mm en los miembros de la brida superior, y de 3 a 5 mm en los arriostres superiores fue acertado, puesto que permitió principalmente absorber la mayor demanda de longitud en los miembros de la brida superior.

En la segunda etapa, se ensambló toda la estructura metálica, habiéndose chequeado en forma permanente la geometría que se iba obteniendo hasta lograr el arreglo dimensional correcto.

h) Marcas de Ensamblaje

Los miembros estructurales una vez que el ensamblaje estuvo conforme se marcaron por estampado en bajo relieve con la codificación que muestra el plano de marcas; las marcas en bajo relieve no se borraron por acción del arenado, ni tampoco por la superposición de la película de pintura anticorrosiva.

i) Pernos de Alta Resistencia A-325

El Contratista sub-contrató la fabricación de los pernos de alta resistencia de calidad A325, pero por irregularidades en su proceso, y más aún cuando la cantidad de la muestra que fue sometida a ensayos de control de calidad no fue en la cantidad suficiente tal como está especificado en la Norma, y ante la negativa de realizar más ensayos, la supervisión rechazó el lote completo y ordenó al contratista el suministro de pernos de alta resistencia A325 importados sustentados con los respectivos certificados de calidad. En aquel tiempo el contratista atravesaba una temporada de insolvencia económica por lo que aceptó la deducción correspondiente.

j) Pintura

Previamente a la aplicación del sistema de protección se llevó a cabo la limpieza superficial mediante chorro de arena a alta presión hasta lograr un grado de limpieza cercano al blanco (SSPC-SP-10). El sistema de protección aplicado dentro de las dos horas sub-siguientes sobre los miembros estructurales corresponde a una pintura epóxica anticorrosiva rico en zinc orgánico con una capa de 3 mils de espesor seco; las superficies de empalme y unión en los extremos recibieron una capa de barniz marino para evitar la corrosión.

La pintura esmalte no se aplicó, por cuanto su uso correcto se dará cuando la estructura metálica del puente Santo Cristo sea puesta en servicio, mientras tanto permanece guardado en los almacenes del MTC.

5.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones vertidas en los párrafos siguientes han sido tomadas, en primer lugar, de la experiencia de la fabricación de la estructura metálica del puente Santo Cristo, en segundo lugar; de información relativa a los avances tecnológicos sobre fabricación de estructuras de acero para puentes en algunos países avanzados. Mediante ellas se pretende aportar para a la elaboración de especificaciones técnicas de este tipo en nuestro medio.

5.2.1 PLANEAMIENTOS DE FABRICACIÓN Y SUPERVISION

5.2.1.1 FABRICACION

a) Requerimiento de Recursos

En muchos casos de fabricación de estructuras de acero en nuestro medio, tuvieron dificultades en el suministro de las planchas de acero del grado que indicaba el proyecto, debido a que en el mercado local la producción no siempre es continua, y por otro lado si se importa del extranjero toma tiempo (2 a 3 meses); esta situación se torna más agudo si se trata de un acero con grado superior a 50 ksi. Con esta afirmación no pretendo desanimar al proyectista en estructuras de acero, sino recomiendo al fabricante que sea cual fuere el grado de acero mostrado en los planos él es responsable principal por el suministro de este material.

Reconociendo en principio, que la calidad del personal, equipos y herramientas del fabricante muchas veces determinan el éxito o fracaso final de una empresa; y que no siempre es posible reunir lo más idóneo de éstos elementos, entonces creo sensato que los fabricantes en nuestro medio apunten a innovarse cada vez más conforme a los requerimientos de ISO 9001 hasta que en el tiempo oportuno obtengan la debida Certificación; tienen que ser más competitivos de lo contrario desaparecerán inexorablemente.

5.2.1.2 SUPERVISION

a) Verificación Documentos en Gabinete

Se recomienda que para que las labores de la supervisión sean más efectivas y versátiles, exista acceso directo a las especificaciones y recomendaciones de variados reglamentos de los países avanzados mientras no exista un documento semejante y oficial en el Perú. Lo que se trata es de asimilar la experiencia adquirida por éstos países, aunque esto tiene que ver con los derechos de propiedad intelectual y patentes extranjeras con todas sus implicancias, siendo preferible, seguir este camino a esperar que nuestra tecnología se desarrolle por sí misma durante décadas.

b) Inspección y Control en el Taller

Dependiendo de la forma y dimensiones de una estructura metálica en general y de la tecnología disponible, es posible que ésta sea fabricada por procedimientos que difieren del caso presente. Por lo tanto, se recomienda que ante otro hipotético caso éste sea estudiado o evaluado siempre con el reglamento aceptado como referencia, que no necesariamente serán las americanas.

c) Organización del Equipo de Supervisión

Es importante que al momento de organizar el equipo de supervisión se tenga presente que cada una de las áreas que se formen, éstas tienen que desarrollar sus funciones de una manera compacta y sólida, ser responsables por sus actos, que no permitan en lo posible las interferencias inútiles con las demás áreas y otros conceptos más. Estas razones y los ejemplos de organización sólida que demuestran algunas empresas del medio nos recomiendan implícitamente que tales cualidades no necesariamente se logran con una organización frondosa y lenta.

5.2.2 INSPECCION DEL PROCESO DE FABRICACION

a) Habilitación de Elementos de Miembros

En principio, las planchas de acero que tienen los certificados de calidad conforme a los requisitos de las propiedades mecánicas y composición química especificados en la Norma que lo controla son autorizados para ser habilitados; pero no es demás que aquellas planchas de acero sean inspeccionadas visualmente con el uso auxiliar de tintes penetrantes para detectar porosidades superficiales por ejemplo.

b) Soldadura de Miembros

Es preferible que la aplicación de la soldadura sea ejecutada mediante métodos automáticos o semiautomáticos ya que la calidad del cordón que se obtiene en todo tiempo es superior en apariencia y con poca frecuencia de defectos, además la productividad es mayor; la soldadura manual poco a poco se está convirtiendo en un método auxiliar localizado antes que el método de soldadura preponderante en la producción principal.

c) Control de la Distorsión y Encogimiento

En cualquier proyecto de estructuras metálicas los cordones de soldadura no necesariamente serán diseñados simétricamente, motivo por el cual se recomienda que en la fabricación, sea cual fuere el sistema de sujeción que proponga el fabricante es recomendable que los sujetadores principales sean marcos rígidos y macizos con cuñas, además de que el banco de trabajo tiene que ser mucho más rígido que el miembro que se suelda. Si no es posible la recomendación anterior, como en el caso de un tablero ortotrópico por ejemplo, estudiar mejor la alternativa que aplica la soldadura intermitentemente.

d) Tolerancias Dimensionales

En realidad, el chequeo de la rectitud y llanura de los elementos y miembros estructurales se lleva a cabo desde la etapa de habilitación de planchas de acero inclusive, es una buena práctica cuyos resultados se van manifestando poco a poco mientras transcurre el proceso de fabricación al no presentarse problemas dimensionales irreversibles, sino por el contrario se nota que el “rompecabezas” de la estructura metálica va “encajando” cada vez más.

e) Control de Calidad de la Soldadura

Se recomienda que la inspección visual sea lo bastante minuciosa como sea posible, ya que permite un control directo y rápido sobre la calidad superficial de las soldaduras

proporcionando un indicador referencial sobre la calidad al interior de las mismas y que posteriormente la inspección radiográfica corrobora dicha calidad.

Aún cuando la inspección radiográfica se aplica totalmente ajustado al reglamento, resulta que representa al final un costo significativo; por tal motivo es recomendable que el método de inspección ultrasónica sea mejor asimilada en nuestro medio y sobre todo enfatizar su dominio por cuanto el costo final es muchísimo menor. En Japón esta técnica es de uso amplio y con buenos resultados.

f) Perforación de Agujeros de Conexión

En la etapa final de la perforación de los agujeros de conexión conforme progresa su ejecución, se van observando defectos debido a desplazamientos milimétricos entre sí de las planchas en los nudos o empalmes, éstos defectos tienen forma de “ochos” u “ojos de buey” , entonces se recomienda registrar estos defectos en cada nudo o empalme identificando los miembros estructurales y extremos concurrentes; esto servirá después del desensamblaje facilitando la identificación rápida en los miembros libres para proceder con los trabajos de reparación.

g) Ensamblaje de la Estructura Metálica

Por la seguridad de las personas frente a los accidentes de trabajo, y acabar con éxito pleno el ensamblaje de la estructura, es recomendable que este proceso sea realizado por personal experimentado, con el equipamiento suficiente para desplazar y manejar cargas pesadas, consistente en lo fundamental en dos o tres vigas grúa instaladas permanentemente en los talleres del fabricante.

En el caso presente, el fabricante no disponía de vigas grúa, pero se logró terminar con éxito el ensamblaje y posterior desensamblaje de toda la estructura sin accidentes incapacitantes, sobre todo debido a la experiencia, habilidad y destreza del personal obrero que conocía muy bien su trabajo.

h) Marcas de Ensamblaje

La codificación de los miembros estructurales establecida en el planos de marcas no necesariamente se hace tal como está mostrado; se recomienda en todo caso que otro sistema más sencillo y versátil pueda ser mejor.

i) Pernos de Alta Resistencia A-325

Se recomienda que para las uniones empernadas de estructuras metálicas de puentes, no necesariamente tienen que ser de calidad A325, sino que es posible reemplazarlos en principio, por pernos de igual o mayor calidad y como éstos pernos los producen fábricas debidamente certificadas además están en el extranjero, entonces de ser posible es necesario disponer de cuadros de equivalencia referidos a la resistencia, dureza, capacidad rotacional, galvanizado, etc. entre los pernos que corresponden a los sistemas utilizados en Japón, Alemania, Reino Unido, Francia y otros países; esto permite hacer cambios rápidos y hasta realizar importación directa.

j) Pintura

Existe un sistema de protección de estructuras de puentes muy bueno con excelentes resultados en muchos países alrededor del mundo, resistente a los rayos ultravioleta (no pierde brillo ni color), resistente a los productos químicos, evita la corrosión del

acero y otros; su costo es caro, pero se compensa con el tiempo relativamente largo de vida útil (20 años aproximadamente). Hasta la fecha existe un solo ejemplo en el Perú y se trata de la estructura metálica reticulada del puente Virú, ubicado a la altura del Km. 514+200 de la Carretera Panamericana Norte.

5.3 COMENTARIOS SOBRE ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS RETICULADAS DE PUENTES EN EL PERU

En nuestro país aún todavía no se tienen los documentos oficiales completos relativo a la especificaciones para el diseño, fabricación, montaje, mantenimiento, rehabilitación, reparación, y reforzamiento de estructuras metálicas de puentes; sólo que hasta la fecha es de conocimiento general que dentro de las Normas Peruanas de Estructuras está considerado como proyecto la norma E-060 Estructuras Metálicas la que en principio estaría incluyendo lo siguiente:

- a) Especificaciones para el Diseño, Fabricación y Montaje de Acero Estructural para Edificios, Anexo B-11.
- b) Código para Soldadura en Construcción de Edificios, Anexo-12.
- c) Especificaciones para el Diseño de Elementos de Acero de Espesor Ligero Doblados en Frío, Anexo B-13.
- d) Otras normas debidamente reconocidas.

Como se puede apreciar éstas especificaciones en principio están orientadas a las estructuras metálicas de edificaciones, no haciendo mención alguna a otro tipo de estructuras como es el caso de los puentes por ejemplo.

Esta falta de información tecnológica en nuestro medio es suplida en la actualidad, por la asimilación parcial de estándares Americanos, Europeos, Japoneses, o de otros países más por esfuerzos individuales o de instituciones y organismos que trabajan sin una coordinación eficaz que capitalicen gradualmente los logros alcanzados, obteniéndose con ello productos incompletos o dispersos que no proveen de las herramientas suficientes para el desarrollo de ingeniería en todas las áreas.

Ahora bien, nos encontramos en una época en la que cualquier clase de información se encuentra disponible para cualquier ente interesado siempre y cuando esté dispuesto a pagar su costo, por que el conocimiento tiene un nuevo valor, es un nuevo recurso –o un recurso redescubierto- que empieza a primar sobre los demás y que, definitivamente, no tiene bandera ni localización geográfica fija; es móvil y no se le puede encasillar dentro de determinadas fronteras; más aún cuando se tiende hacia una economía intensiva en conocimientos, a la cual los países o, mejor dicho, las zonas económicas, serán atraídas.

Finalmente, pienso que en el Perú todos quienes tenemos que ver en este caso con las estructuras metálicas en general, tenemos que participar por iniciativa propia y decidida en la asimilación de la tecnología de los países avanzados respecto a temas que se encuentren a la altura de nuestro nivel de producción actual y a futuro en el plazo mediano, no esperando necesariamente en las iniciativas de las Entidades del Estado ya que sería caer en antiguos y anticuados procedimientos sustentados en conceptos de modelos de un Estado investigador, benefactor, etc. que son cosas que en lugar de impulsar el desarrollo produce adormecimiento.

El problema principal reside en cómo lograr un sistema compacto y sólido; y no sea una mera institución más.

ANEXO

- A.** Resumen de Eventos Diarios
- B.** Lista de Elementos de Miembros Estructurales
- C.** Certificados de Control de Calidad
- D.** Lista de Paquetes
- E.** Glosario
- F.** Referencias
- G.** Planos Estructurales
- H.** Planos de Fabricación

Eventos Diarios

RESUMEN DE EVENTOS DIARIOS

JULIO '97

Aún no se entregan los certificados de calidad correspondiente a las planchas de acero empleados; no hay reporte de las pruebas de los análisis físicos y químicos del material.

En las diagonales las soldaduras entre planchas es de penetración parcial según detalle (1); el reglamento de la AASHTO no permite soldadura de penetración parcial en puentes; además de ser cordones continuos se recomienda la verificación por prueba ultrasónica.

AGOSTO '97

Teniendo en cuenta que el Contratista durante la mayor parte del mes realizó trabajos complementarios correspondientes a las partidas de Habilitado, Armado, Soldado y en pequeña escala el Maquinado; el presente resumen toma en consideración aquellos días en que los trabajos eran más significativos.

Martes 06/08/97

Se observa que la soldadura de la junta a tope de los elementos identificados según las posiciones 47 y 48 es de proceso manual y luego de cada pase se chequea la existencia de porosidades mediante la aplicación de tinte penetrante.

Viernes 08/08/97

Se realiza el habilitado de los elementos de las diagonales identificados como D-01M, D-01P, D-14M y D-14P; el corte y biselado se realiza mediante proceso semi - automático empleando una mezcla de oxígeno con gas propano.

Lunes 11/08/97

La prueba de Control de Calidad de la Soldadura por inspección radiográfica en las juntas a tope de los elementos de la brida inferior es llevada a cabo por personal técnico de la empresa Control Service S.A. en horas de la tarde y por la noche.

Jueves 14/08/97

Por falta de gatas de 50 y 100 Ton. de capacidad los elementos de las diagonales identificados como D-01P, D-01M, D-14P y D-14M no pueden ser enderezados y proseguir con el armado.

Sábado 16/08/97

Armado y soldado de los elementos identificados según las posiciones 44 y 45 de la brida inferior mediante proceso semi - automático MIG / MAG de arco protegido con gas carbónico.

Martes 19/08/97

En general el personal obrero viene realizando las siguientes labores : trazado y armado de elementos de las bridas inferiores, soldado de elementos de la brida superior, corte semi - automático de planchas y maquinado de las placas de amarre.

Jueves 21/08/97

Mediante Guía de Remisión N° 0001017 de Wiese Representaciones S.A. llega a la obra 32.788 Ton. de planchas acero de calidad EC - 24.

Sábado 23/08/97

Habilitado de planchas según la posición 6A y armado de un segmento de la brida superior según el eje 3. Es preciso que el soldado manual de los elementos 47, 43 y 41 que no se chequearon con tinte penetrante sea verificado por inspección ultrasónica.

Lunes 25/08/97

Armado de brida inferior, eje 7; soldado de brida superior, eje 3, proceso MIG / MAG y enderezado de arriostre transversal superior.

Miércoles 27/08/97

- . Soldado de junta en "T", brida inferior, eje 6, pos. 49, proceso MAG.
- . Soldado de juntas a tope en planchas para diagonales, proceso manual.
- . Soldado de junta a tope en diagonales pos. 95A y 95B.

Jueves 28/08/97

- . Esmerilado de protuberancias de soldadura en vigas transversales y longitudinales.
- . Soldado manual de atiesadores de alma en vigas transversales.
- . Soldado de brida superior, eje 4, proceso semi - automático MIG.
- . Recepción de planchas acero procedentes de la distribuidora César Gayoso Rodríguez.

Viernes 29/08/97

- . Soldado de juntas a tope en alas de la brida superior, pos. 14ª y 14B, proceso manual.

Sábado 30 y Domingo 31/08/97

- . Habilitación de planchas para diagonales.
- . Maquinado de las placas de amarre de manera conjunta con los segmentos de la brida superior.
- . Corte de planchas, proceso semi - automático.

SETIEMBRE '97

rtes 02/09/97

Se prosiguen con los trabajos de armado y soldado de diagonales D-01 y D-14. El día de ayer y hoy se realizaron pruebas de inspección radiográfica a las juntas a tope de elementos de la Brida Superior y Brida Inferior en los siguientes elementos

Brida Superior	10, 11 y 14
Brida Inferior	8 y 10
Diagonal	01 y 14

ado 06/09/97

- . Corte semi - automático de planchas pos. 129 (3 und.) y pos 130 (1 und.)
- . Armado de planchas extremas en diagonal pos. 94A y pos 95A .
- . Corte de ángulos para vigas transversales pos. 180.
- . Apuntalado y maquinado de ángulos pos. 180 (24 und.)
- . Soldado de diagonal pos. 130 proceso semi - automático MIG.

es 08/09/97

- . Emplazamiento en campo de los dados de apoyo para armado en blanco de estructura en general (20 und.)
- . Soldadura de penetración parcial en diagonal pos. 129 y 130; proceso manual
- . Brida inferior eje 3, relleno de cuatro (04) esquinas mediante proceso manual.
- . Se prosigue con la perforación inicial de huecos en el alma de las vigas transversales; se hace uso de una perforadora eléctrica (con electroimán en la base) con las siguientes características

MILWAUKEE Serie : 505 - 2939

CAT 4297 - 4
V : 220 Volts.
I : 6.0 Amp.
P : 1250 Watts.
250 / 500 RPM

rtes 09/09/97

- . Maquinado de huecos en extremo de diagonales pos. 94 y 95.
- . Emplazamiento de dados de apoyo para armado en blanco; 36 und.
- . Segmentos de la Brida Inferior emplazadas sobre los dados; 10 und.

ércoles 10/09/97

Trabajos que se vienen desarrollando durante el día :

- . Soldado manual de atiesadores centrales de las vigas transversales.
- . Colocación de placas extremas en diagonales pos. 129 y 130.
- . Para el armado en blanco de la estructura, el Contratista ha pre - armado algunos segmentos de una de las Bridas Inferiores, comenzando en simultáneo desde los

extremos.

Extremo Norte

Extremo Sur

04 unidades

07 unidades

. Como consecuencia de lo ordenado por la Supervisión según el asiento N° 029 del 09/09/97, se procedió en presencia del Contratista con la toma de probetas de 4" x 14" de las planchas de acero suministradas por WIESE REPRESENTACIONES S.A., y son los siguientes

Calidad	Espesor (mm)	Cantidad
EC - 24	9.5	01
	12.5	01
	16.0	01
	20.0	01
	25.0	01
EC - 35	32.0	01
	20.0	01
	24.0	01

Jueves 11/09/97

En general los trabajos de habilitación, armado y soldadura de los elementos están casi terminados; el personal obrero se dedica a los trabajos de ensamblado de la estructura haciendo perforaciones en las alas de los empalmes. Los segmentos de la brida inferior del reticulado opuesto están siendo colocadas de costado para proceder con las perforación de huecos en las almas.

Viernes 12/09/97

El Contratista casi ha suspendido los trabajos relacionados con la Fabricación de los segmentos de las bridas para concentrar esfuerzos en el ensamblado de la Estructura. Los trabajos no pueden llevarse a cabalidad por falta del equipamiento necesario y suficiente.

Sábado 13/09/97

Los trabajos del ensamblado previo están casi paralizados por encontrarse malograda la grúa y escasez de herramientas adecuadas. A un costado del área de trabajo existe espacio que se encuentra ocupado por objetos grandes y pesados.

Lunes 15/09/97

El Contratista está colocando ángulos en las almas de las vigas transversales de tal forma que permitan su empalme con las vigas longitudinales; también están preparando el área de trabajo y los puntos de apoyo para el ensamblado del reticulado mostrado.

Miércoles 17/09/97

El ensamblado del reticulado opuesto se viene realizando haciendo las perforaciones en las almas de los extremos de diagonales y montantes mas no en las planchas de

conexión .

Aún no llegan las planchas EC-35 de 32 mm. de espesor; tampoco el equipo y herramientas solicitado para el ensamblado de la Estructura.

Jueves 18/09/97

El reticulado mostrado viene ensamblándose a partir de un extremo con ambas bridas y la primera diagonal. Los apoyos no son bloques de concreto sino segmentos metálicos obtenidos a partir de un banco de trabajo existente.

Viernes 19/09/97

El proveedor CESAR GAYOSO RODRIGUEZ hizo llegar el día de hoy, 8.18 Ton de planchas de acero EC-24 de 32 mm. de espesor. También está trabajando con las planchas de empalme de la brida superior, colocando pines y esmerilando protuberancias.

Aún se prosigue con el maquinado de huecos en las almas de las vigas transversales en aquellas partes donde se unen con las vigas longitudinales.

Sábado 20/09/97

Los brazos de levante del montacargas KOMATSU, han fallado por fatiga. La contraflecha del reticulado opuesto ya es visible; los nudos ya fueron nivelados.

Martes 23/09/97

A partir de hoy martes la Cía. Servicio de Arenado y Pintura Valdemar Cerna empezó con el arenado y pintado con anticorrosivo de las vigas longitudinales.

Miércoles 24/09/97

Llegaron 5.35 Ton. de planchas de acero EC-35 de 32 mm. de espesor suministradas por el proveedor CESAR GAYOSO RODRIGUEZ.

La partida de arenado y pintado ha sido suspendida temporalmente por falta de pintura anticorrosiva.

Jueves 25/09/97

Las probetas de las planchas de acero de Wiese Representaciones S.A., (02) EC-35 y (06) EC-24, fueron remitidas al Laboratorio N° 4 de la Universidad Nacional de Ingeniería para someterlos a los ensayos de Tracción y Análisis de Composición Química. También se está trabajando en el armado y soldado de elementos de la brida superior faltantes (Pos. 16+17+16 y 11+12+12) ; el ritmo de trabajo es bastante bueno y se espera que para el lunes 29/09/97 los segmentos se encuentren terminadas.

Viernes 26/09/97

Los cordones de soldadura de las juntas a tope entre los elementos de las posiciones 11, 12 y 12 , fueron realizadas en jornada nocturna; existen (08) unidades observadas que luego de la Prueba Radiográfica se evaluará si la calidad es la

requerida.

Sábado 27/09/97

El personal obrero trabajó hasta la 1:00 p.m. y decidió no hacer horas de sobre tiempo por cuanto la empresa les adeuda el equivalente a una semana y media de trabajo; cada uno solo recibió un adelanto de S/. 50.00.

Lunes 29/09/97

El personal sigue desarrollando sus labores con relativa normalidad. Un segmento de la brida superior identificada según el eje 5 viene siendo soldada en la junta en □T□ entre el ala y las almas mediante soldadura de filete de proceso manual.

Otro segmento de la brida superior, eje 5, está siendo soldada mediante soldadura de filete de proceso semi-automático (MIG) en (02) tramos según cada alma.

Martes 30/09/97

Se amplía el plazo contractual en (05) días calendario en razón de un mejoramiento de la geometría de la contraflecha. El sub-contratista del arenado y pintado ha logrado el siguiente avance a la fecha

Montantes	06 unidades
Diagonales	12 unidades
Vigas Longitudinales	24 unidades.

OCTUBRE '97

Miércoles 01/10/97

Los reticulados siguen en proceso de ensamblado; se realizan los ajustes necesarios en las dimensiones de los miembros.

Lunes 13/10/97

Existe una reducida cantidad de personal obrero; el avance en la aplicación de la pintura anticorrosiva es el siguiente

Vigas Transversales	15 und.
Vigas Longitudinales	49 und.
Arriostre Sup. Diagonal	33 und.
Arriostre Sup. Transversal	02 und.
Diagonales	18 und.

Jueves 16/10/97

Respecto al Control de Calidad de la Soldadura mediante pruebas radiográficas con Rayos Gamma, la deuda pendiente del Contratista con la empresa Control Service S.A. ha sido cancelada, por tanto se proseguirán con las pruebas de los elementos faltantes el día de mañana.

Por otro lado, el día de ayer el Contratista hizo efectivo el pago correspondiente a las pruebas de Tracción y Análisis de Composición Química de las probetas remitidas a la UNI.

Viernes 17/10/97

Entre hoy y mañana Control Service S.A. reanuda con la toma de placas de inspección radiográficas en las juntas a tope de los elementos de la parte central de la brida superior.

Los dos reticulados están casi terminados en cuanto a su ensamblado en sí; a partir del día lunes 21 o martes 22 se prevé que sean levantados hasta su posición vertical.

Lunes 20/10/97

Llegó al almacén una plancha de acero de 100 mm. de espesor, suministrada por el proveedor FABMIN S.A. , con Guía de Remisión N° 0032.

Lunes 27/10/97

La plancha de 100 mm. a ser empleada en los aparatos de apoyo ha cortada el día de hoy. Ambos reticulados han sido pintados parcialmente con pintura anticorrosiva.

Miércoles 29/10/97

Control Service S.A. aún no cumple con entregar los informes de la inspección radiográfica realizada durante los días : 29 y 30 de agosto, 1 y 2 de Setiembre y 11 de Octubre. El sub-contratista de arenado y pintura sigue trabajando con el reticulado mostrado.

NOVIEMBRE '97

Lunes 03/11/97

El Contratista viene gestionando ante diferentes empresas de servicios de grúa, para el levantamiento de los reticulados que se encuentran en posición horizontal; paralelamente el sub-contratista de arenado y pintura prosigue con su trabajo con los elementos ensamblados.

La empresa Control Service no hace efectiva la prueba de ultrasonido.

Martes 04/11/97

El día de hoy se llevó a cabo la prueba de ultrasonido en las diagonales de los dos reticulados en forma intercalada y en forma discreta por puntos cada 1.50 m. Esta prueba tiene la finalidad de comprobar la penetración de la soldadura en las juntas en esquina.

Miércoles 05/11/97

El Contratista da inicio al levantamiento de las armaduras reticuladas mediante tres grúas alquiladas a la compañías de Transportes Terrestres.

Debido a la estrechez del área para maniobras se ha optado por dividir el reticulado mostrado en dos partes, levantarlos independientemente y unirlos nuevamente en la posición vertical.

Jueves 06/11/97

El reticulado mostrado ha sido dividido en dos partes por la dificultad en las maniobras; el re-ensamblado del mismo se terminará en uno o dos días.

Martes 11/11/97

El Contratista hace entrega de los documentos siguientes : Informe sobre ensayos de Tracción Análisis Químico cuantitativo de las probetas extraídas a las planchas de acero de Wiese Representaciones S.A. que no tenían Certificados de Calidad satisfactorios.

También hace entrega del reporte del ensayo de tracción y dureza realizada a (02) dos pernos de alta resistencia en el Laboratorio del Area de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Jueves 13/11/97

Los trabajos que se vienen efectuando son los siguientes

- . Colocación de barandas (apuntalado para el posterior perforado)
- . Apuntalado de vigas transversales.
- . Apuntalado de vigas longitudinales.

Se recibe el Certificado de Calidad de las planchas de acero Ñ 287-97 que corresponde a la colada 471398 con designación de plancha PG-1-EC-35-SN-R 32 mm.

Miércoles 19/11/97

La Estructura Reticulada se encuentra ensamblada pero aún falta reajustar algunas dimensiones y corrección del alineamiento longitudinal. Aún falta el chequeo de la contraflecha y el alineamiento longitudinal y verificación de los empalmes de las vigas transversales en sus extremos con las armaduras reticuladas.

Viernes 21/11/97

En compañía del Coordinador del Ministerio se inspeccionó la estructura reticulada del puente Santo Cristo que está casi terminada. También se inspeccionaron los pernos de alta resistencia puestos por el Contratista en el almacén de Cantagallo; algunos pernos están fallados y no llevan la marca correspondiente a la calidad ASTM A-325.

Sábado 24/11/97

El día de hoy se realizó una nueva verificación del alineamiento y contraflecha. El puente presenta un desalineamiento máximo de 49 mm. en el centro de luz y debe ser corregido.

Se ha indicado al Contratista que los pernos de alta resistencia fabricados por Brenis Industrias S.A. no cumplen con las características técnicas requeridas.

Viernes 28/11/97

La estructura esta siendo nivelada en los nudos de la brida inferior de ambos reticulados para lograr la configuración final de la contraflecha; también se vienen soldando las vigas transversales con las placas extremas de empalme de la brida superior y la colocación de los arriostres diagonales superiores.

Sábado 29/11/97

Nuevamente se verificó la geometría de la estructura y se deja constancia en el cuaderno de obra de los desplazamientos laterales en los nudos los serán corregidos en el transcurso de los días siguientes.

Se ha verificado que la contraflecha es la de diseño a medio día, y que se incrementa cuando la temperatura disminuye (6:00 de la tarde).

I e Elementos de Miembros Estructurales

ESTRUCTURA METALICA RETICULADA PUENTE - SANTO CRISTO

LISTA DE ELEMENTOS DE MIEMBROS ESTRUCTURALES

(en correspondencia con los planos de fabricación)

N°	MIEMBRO ESTRUCTURAL	POS	PIEZA	CALIDAD	DIMENSIONES (mm)				CANT.	PESO (kg)					AREA (m ²)	OBSERVACIONES	
					e	t	L	H		Planchas		Angulos A-36	Tubos A-53	Barra Rígida			
										EC-24	EC-35			SAE 1020			SAE 1045
1.0	BRIDA SUPERIOR	1	PL	EC-35		20	1,131.0	1,393.0	8		1,978.81					25.21	ELEM. BRIDA SUPERIOR
		1A	PL	EC-24		10	520.0	600.0	4	97.97						2.50	*
		2	PL	EC-24		20	600.0	9,438.5	4	3,556.43						45.30	*
		3	PL	EC-24		16	600.0	8,045.5	8	4,850.47						77.24	*
		4	PL	EC-24		8	320.0	590.0	168	1,991.92						63.44	*
		5	PL	EC-24		32	600.0	5,436.0	4	3,277.26						26.09	*
		6	PL	EC-24		25	600.0	2,101.5	8	1,979.61						20.17	*
		6A	PL	EC-35		25	1,010.0	1,187.0	8		1,882.23					19.18	*
		7	PL	EC-24		25	600.0	2,147.5	8	2,022.95						20.62	*
		8	PL	EC-24		32	600.0	6,000.0	4	3,617.28						28.80	*
		9	PL	EC-24		25	600.0	6,000.0	8	5,652.00						57.60	*
		10	PL	EC-24		32	600.0	5,438.0	4	3,278.46						26.10	*
		11	PL	EC-24		25	600.0	2,180.5	8	2,054.03						20.93	*
		12	PL	EC-35		32	1,038.0	894.0	8		1,864.85					14.85	*
		12A	PL	EC-24		32	600.0	2,219.5	8	2,676.18						21.31	*
		13	PL	EC-24		32	600.0	6,000.0	4	3,617.28						28.80	*
		14	PL	EC-24		32	600.0	6,000.0	8	7,234.56						57.60	*
15	PL	EC-24		32	600.0	5,439.0	2	1,639.53						13.05	*		
16	PL	EC-24		32	600.0	2,219.5	8	2,676.18						21.31	*		
17	PL	EC-35		32	888.0	1,000.0	4		892.26					7.10	*		
2.0	BRIDA INFERIOR	31	PL	EC-35		20	1,006.0	1,191.0	8		1,504.87					19.17	ELEM. BRIDA INFERIOR
		32	PL	EC-24		9.5	260.0	8,941.0	8	1,386.89						37.19	*
		33	PL	EC-24		9.5	500.0	7,935.0	8	2,367.01						63.48	*
		34	PL	EC-24		20	260.0	5,428.0	8	1,772.57						22.58	*
		35	PL	EC-24		16	500.0	2,042.0	8	1,025.90						16.34	*
		36	PL	EC-24		16	500.0	2,090.0	8	1,050.02						16.72	*
		37	PL	EC-35		20	1,063.0	1,296.0	8		1,730.33					22.04	*
		38	PL	EC-24		20	260.0	6,000.0	8	1,959.36						24.96	*
		39	PL	EC-24		16	500.0	6,000.0	8	3,014.40						48.00	*
		40	PL	EC-24		25	260.0	5,428.0	8	2,215.71						22.58	*
		41	PL	EC-24		16	500.0	2,143.0	8	1,076.64						17.14	*
		42	PL	EC-24		25	500.0	2,143.0	8	1,682.26						17.14	*
		43	PL	EC-35		25	1,142.0	913.0	8		1,636.95					16.68	*
		44	PL	EC-24		25	260.0	6,000.0	8	2,449.20						24.96	*
		45	PL	EC-24		25	500.0	6,000.0	8	4,710.00						48.00	*
46	PL	EC-24		25	260.0	5,428.0	8	2,215.71						22.58	*		
47	PL	EC-24		25	500.0	2,214.0	8	1,737.99						17.71	*		
48	PL	EC-24		32	500.0	2,214.0	8	2,224.63						17.71	*		
49	PL	EC-35		25	1,000.0	858.0	8		1,347.06					13.73	*		
50	PL	EC-24		25	260.0	6,000.0	4	1,224.60						12.48	*		
51	PL	EC-24		32	500.0	6,000.0	4	3,014.40						24.00	*		

N°	MIEMBRO ESTRUCTURAL	POS	PIEZA	CALIDAD	DIMENSIONES (mm)				CANT.	PESO (kg)				AREA (m2)	OBSERVACIONES		
					e	t	L	H		Planchas		Angulos A-36	Tubos A-53			Barra Rígida	
										EC-24	EC-35					SAE 1020	SAE 1045
3.0	PLACAS DE EMPALME	52	PL	EC-24		6.5	280.0	470.0	8	53.72					0.00	EMP. BRIDA INF. TIPO A	
		53	PL	EC-24		9	560.0	470.0	16	297.52					4.21	*	
		54	PL	EC-24		12	100.0	600.0	16	90.43					0.96	*	
		55	PL			ANULADO										*	
		56	PL	EC-24		12	600.0	600.0	4	135.65					1.44	*	
		57	PL	EC-24		4	300.0	600.0	4	22.61					0.00	*	
		58	PL	EC-24		6.5	300.0	600.0	4	36.74					0.00	*	
		59	PL	EC-24		8	620.0	470.0	16	292.80					4.66	EMP. BRIDA INF. TIPO B	
		60	PL	EC-24		12	100.0	660.0	16	99.48					1.06	*	
		61	PL	EC-24		12	600.0	660.0	4	149.21					1.58	*	
		62				ANULADO											
		63	PL	EC-24		12.5	470.0	620.0	16	457.50					4.66	EMP. BRIDA INF. TIPO D	
		64	PL	EC-24		12.5	100.0	660.0	16	103.62					1.06	*	
		65	PL	EC-24		5	600.0	330.0	4	31.09					0.00	*	
		66	PL	EC-24		12.5	600.0	660.0	4	155.43					1.58	*	
		67	PL	EC-24		12.5	470.0	680.0	32	1,003.54					10.23	EMP. BRIDA INF. TIPO E	
		68	PL	EC-24		12.5	280.0	720.0	8	158.26					1.61	*	
		69	PL	EC-24		12.5	100.0	720.0	16	113.04					1.15	*	
		70	PL	EC-24		12.5	600.0	720.0	8	339.12					3.46	*	
		71	PL	EC-24		16	470.0	680.0	16	642.27					5.11	EMP. BRIDA INF. TIPO H	
		72	PL	EC-24		12.5	280.0	720.0	4	79.13					0.81	*	
		73	PL	EC-24		12.5	90.0	720.0	8	50.87					0.52	*	
		74	PL	EC-24		12.5	600.0	720.0	4	169.56					1.73	*	
		18	PL	EC-24		16	660.0	600.0	4	198.95					1.58	EMP. BRIDA SUP. TIPO C	
		19	PL	EC-24		12	330.0	600.0	4	74.61					0.00	*	
		20	PL	EC-24		16	100.0	660.0	8	66.32					0.53	*	
		21	PL	EC-24		16	280.0	660.0	4	92.84					0.74	*	
		22	PL	EC-24		12.5	620.0	570.0	16	554.84					5.65	*	
		22A	PL	EC-24		9	310.0	570.0	8	99.87					0.00	*	
		23	PL	EC-24		16	600.0	720.0	8	434.07					3.46	EMP. BRIDA SUP. TIPO F	
24	PL	EC-24		16	100.0	720.0	16	144.69					1.15	*			
25	PL	EC-24		16	280.0	720.0	8	202.57					1.61	*			
26	PL	EC-24		12.5	570.0	680.0	32	1,217.06					12.40	*			
27	PL	EC-24		16	600.0	720.0	8	434.07					3.46	EMP. BRIDA SUP. TIPO G			
28	PL	EC-24		16	100.0	720.0	16	144.69					1.15	*			
29	PL	EC-24		16	280.0	720.0	8	202.57					1.61	*			
30	PL	EC-24		16	570.0	680.0	32	1,557.84					12.40	*			
4.0	SEPARADORES (CONECTORES)	75	PL	EC-24		12.5	295.0	775.0	4	89.74					1.83	CONECTORES EJE 0	
		76	PL	EC-24		12.5	300.0	775.0	8	182.51					1.86	*	
		77	PL	EC-24		12	300.0	795.0	4	89.87					0.00	*	
		78	PL	EC-24		20	318.0	350.0	4	69.90					0.45	*	
		79	PL	EC-24		9.5	350.0	310.0	4	32.37					0.00	*	
		80	PL	EC-24		12.5	910.0	990.0	4	353.60					3.60	*	
		81	PL	EC-24		9.5	180.0	295.0	4	15.84					0.00	CONECTORES EJE 1	
		82	PL	EC-24		12.5	180.0	795.0	4	56.17					0.00	*	
		83	PL	EC-24		8	180.0	318.0	0	0.00					0.00	*	
		84	PL	EC-24		10	180.0	795.0	4	44.93					0.00	*	
		85	PL	EC-24		3	180.0	795.0	8	26.96					0.00	CONECTORES EJE 2-2', 4-4', 6-6'	
		85A	PL	EC-24		4	180.0	795.0	0	0.00					0.00	*	
		86	PL	EC-24		8	180.0	318.0	12	43.14					0.69	*	
		87	PL	EC-24		8	180.0	787.0	12	106.75					4.53	*	
88	PL	EC-24		8	304.0	787.0	24	360.59					4.78	*			
89	PL	EC-24		12	180.0	795.0	4	53.92					0.00	*			

N°	MIEMBRO ESTRUCTURAL	POS	PIEZA	CALIDAD	DIMENSIONES mm			CANT.	PESO				AREA m2	OBSERVACIONES				
					e	t	L		H	Planchas		Angulos			Tubos	Barra Rf da		
								EC-24	EC-35	A-36	A-53	SAE 1020	SAE 1045					
4.0	SEPARADORES (CONECTORES)	85	PL	EC-24		3	180.0	795.0	4						0.00	CONECTORES EJE 3-3',5-5',7-7'		
		85A	PL	EC-24		4	180.0	795.0	4						0.00	*		
		90	PL	EC-24		8	180.0	318.0	0						0.34	*		
		91	PL	EC-24		16	180.0	795.0	4						0.00	*		
		92	PL	EC-24		16	180.0	295.0	4						0.21	*		
		92A	PL	EC-24		25	180.0	295.0	4						0.00	*		
		92B	PL	EC-24		32	180.0	295.0	2						0.00	*		
		90	PL	EC-24		8	180.0	318.0	28						1.60	CONECTORES INTERMEDIOS		
		93	PL	EC-24		8	304.0	470.0	28						8.00	*		
		93A	PL	EC-24		8	180.0	470.0	56						4.74	*		
		5.0	DIAGONALES	94	PL	EC-24		25	268.0	9,036.0	8						19.37	ELEM. DIAGONALES D-01
				95	PL	EC-24		25	400.0	9,147.0	8						29.27	*
				96	PL	EC-24		50	318.0	390.0	4						0.50	*
97	PL			EC-24		25	260.0	680.0	8						1.41	*		
98	PL			EC-24		25	260.0	680.0	8						1.41	*		
99	PL			EC-24		50	318.0	380.0	4						0.48	*		
100	ANG			A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8					18.94	0.41	*		
101	PL			EC-24		12.5	286.0	9,131.0	8						20.89	ELEM. DIAGONALES D-02		
102	PL			EC-24		16	300.0	9,280.0	8						22.27	*		
103	PL			EC-24		32	318.0	390.0	4						0.50	*		
104	PL			EC-24		12.5	270.0	680.0	8						1.47	*		
105	PL			EC-24		12.5	270.0	680.0	8						1.47	*		
106	PL			EC-24		32	318.0	390.0	4						0.50	*		
107	ANG			A-36	12.7	76.2	76.2	280.0	8					31.20	0.68	*		
108	PL			EC-24		20	278.0	9,279.0	8						3,239.93	20.64	ELEM. DIAGONALES D-03	
109	PL			EC-24		20	300.0	9,306.0	8						3,506.50	22.33	*	
110	PL			EC-24		40	318.0	284.0	4						113.43	0.36	*	
111	PL			EC-24		20	270.0	520.0	8						176.34	1.12	*	
112	PL			EC-24		20	270.0	520.0	8						176.34	1.12	*	
113	PL			EC-24		40	318.0	328.0	4						131.01	0.42	*	
114	ANG			A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8					18.94	0.41	*		
115	PL			EC-24		12.5	299.0	9,311.0	8						2,185.43	22.27	ELEM. DIAGONALES D-04	
116	PL			EC-24		9.5	300.0	9,400.0	8						1,682.41	22.56	*	
117	PL			EC-24		25	318.0	305.0	4						76.14	0.39	*	
118	PL			EC-24		12.5	290.0	440.0	8						100.17	1.02	*	
119	PL			EC-24		12.5	280.0	440.0	8						96.71	0.99	*	
120	PL			EC-24		25	318.0	305.0	4						76.14	0.39	*	
121	ANG			A-36	12.7	76.2	76.2	280.0	8					31.20	0.68	*		
122	PL			EC-24		12.5	293.0	9,371.0	8						2,155.38	21.97	ELEM. DIAGONALES D-05	
123	PL			EC-24		12.5	300.0	9,340.0	8						2,199.57	22.42	*	
124	PL			EC-24		25	318.0	245.0	4						61.16	0.31	*	
125	PL			EC-24		12.5	280.0	400.0	8						87.92	0.90	*	
126	PL			EC-24		12.5	280.0	440.0	8						96.71	0.99	*	
127	PL			EC-24		25	318.0	305.0	4						76.14	0.39	*	
128	ANG			A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8					18.94	0.41	*		
129	PL			EC-24		8	302.0	9,238.0	16						2,803.27	44.64	ELEM. DIAGONALES D-06 Y 07	
130	PL	EC-24		8	180.0	9,192.0	16						1,662.50	26.47	*			
131	PL	EC-24		16	318.0	326.0	8						104.17	0.83	*			
132	PL	EC-24		8	290.0	440.0	16						128.21	2.04	*			
133	PL	EC-24		8	290.0	440.0	16						128.21	2.04	*			
134	PL	EC-24		16	318.0	326.0	8						104.17	0.83	*			
135	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	280.0	8					31.20	0.68	*				
135A	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8					18.94	0.41	*				

N°	MIEMBRO ESTRUCTURAL	POS	PIEZA	CALIDAD	DIMENSIONES (mm)				CANT.	PEÑO (kg)					AREA (m2)	OBSERVACIONES	
										Planchas		Angulos	Tubos	Barra Rígida			
					e	t	L	H		EC-24	EC-35	A-36	A-53	SAE 1020			SAE 1045
6.0	MONTANTES	136	PL	EC-24		8	180.0	8,832.0	8	798.70						25.44	MONTANTES M-01 EJES 1-1'
		137	PL	EC-24		8	302.0	8,832.0	4	670.02						21.34	*
		137A	PL	EC-24		8	180.0	318.0	4	14.38						0.46	*
		138	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8			18.94				0.41	*
		139	PL	EC-24		8	180.0	8,832.0	8	798.70						25.44	MONTANTES M-02 EJES 3-3'
		140	PL	EC-24		8	302.0	8,832.0	4	670.02						21.34	*
		140A	PL	EC-24		8	180.0	318.0	4	14.38						0.46	*
		141	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8			18.94				0.41	*
		142	PL	EC-24		8	180.0	8,832.0	8	798.70						25.44	MONTANTES M-03 EJES 5-5'
		143	PL	EC-24		8	302.0	8,832.0	4	670.02						21.34	*
		144A	PL	EC-24		8	180.0	318.0	4	14.38						0.46	*
		144	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	8			18.94				0.41	*
		145	PL	EC-24		8	180.0	8,832.0	4	399.35						12.72	MONTANTE M-04 EJE 7
		146	PL	EC-24		8	302.0	8,832.0	2	335.01						10.67	*
146A	PL	EC-24		8	180.0	318.0	2	7.19						0.23	*		
147	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	170.0	4			9.47				0.21	*		
7.0	VIGAS TRANS-VERSALES	165	PL	EC-24		16	350.0	8,308.0	2	730.44						5.82	VIGA TRANSV. VP-04 EJE 0-0'
		166	PL	EC-24		20	350.0	8,306.0	2	912.83						11.63	*
		166A	PL	EC-24		12.5	842.0	8,306.0	2	1,372.50						27.97	*
		167	PL	EC-24		20	300.0	795.0	4	149.78						0.95	*
		168	PL	EC-24		20	168.0	780.0	4	82.29						1.05	*
		169	PL	EC-24		8	168.0	780.0	8	65.83						2.10	*
		170	PL	EC-24		6	146.0	180.0	64	79.22						3.36	(C 6x30x110x180) VP-04
		166A	PL	EC-24		12.5	842.0	8,306.0	4	2,745.01						55.95	V. TRAN. VP-01 EJE 1-1' Y 2-2'
		170	PL	EC-24		6	146.0	180.0	128	158.44						0.00	(C 6x30x110x180) VP-01
		171	PL	EC-24		12.5	300.0	8,308.0	4	978.27						9.97	*
		172	PL	EC-24		20	350.0	8,306.0	4	1,825.66						23.26	*
		173	PL	EC-24		20	180.0	795.0	8	179.73						1.14	*
		173A	PL	EC-24		8	130.0	827.0	8	54.01						1.72	*
		174	PL	EC-24		12.5	654.0	800.0	2	102.68						2.09	*
		171	PL	EC-24		12.5	300.0	8,308.0	9	2,201.10						22.43	VP-01 EJE 3-3', 4-4', 5-5', 6-6' Y 7
		172	PL	EC-24		20	350.0	8,306.0	9	4,107.73						52.33	*
		173	PL	EC-24		20	180.0	795.0	18	404.40						2.58	*
		173A	PL	EC-24		8	130.0	827.0	18	121.53						3.87	*
170	PL	EC-24		6	146.0	180.0	288	356.48						0.00	(C 6x30x110x180) VP-01		
166A	PL	EC-24		12.5	842.0	8,306.0	9	6,176.27						125.89	*		
175	PL	EC-24		12.5	180.0	6,314.0	4	446.08						9.09	VP-03 (DIAG. EJES 0-1 Y 0'-1)		
176	PL	EC-24		12.5	180.0	6,314.0	4	446.08						9.09	*		
8.0	VIGAS LONGITUDINALES	170A	PL	EC-24		6	146.0	70.0	2016	970.43						0.00	VP-02 (VIGAS LONGIT.)
		177	PL	EC-24		9.5	120.0	5,334.0	56	2,673.10						35.84	*
		178	PL	EC-24		16	180.0	5,674.0	56	7,183.56						114.39	*
		179	PL	EC-24		8	500.0	5,674.0	56	9,977.16						317.74	*
		180	ANG	A-36	9.5	102	102.0	440.0	224			1,429.60				40.21	*
9.0	ARRIOSTRE SUP. TRANSVERSAL	152	PL	EC-24		20	200.0	9,330.0	4	1,171.85						14.93	ARRIOST.SUP. AS-01 (TRANSV)
		153	PL	EC-24		12.5	300.0	9,330.0	2	549.30						11.20	*
		160	PL	EC-24		12	200.0	600.0	4	45.22						0.00	*
		164	PL	EC-24		9.5	93.0	300.0	16	33.29						0.89	*
		154	PL	EC-24		8	180.0	9,330.0	5	527.33						16.79	ARRIOST.SUP. AS-02 (TRANSV)
		155	PL	EC-24		8	180.0	9,330.0	5	527.33						16.79	*
10.0	ARRIOSTRE SUP. DIAGONAL	156	PL	EC-24		8	180.0	7,008.0	12	950.62						30.27	ARRIOST.SUP. AS-02 (DIAG)
		157	PL	EC-24		8	180.0	7,008.0	12	950.62						30.27	*
		158	PL	EC-24		8	180.0	7,009.0	12	950.76						30.28	*

N°	MIEMBRO ESTRUCTURAL	POS	PIEZA	CALIDAD	DIMENSIONES (mm)				CANT.	PESO (kg)					AREA (m2)	OBSERVACIONES	
					e	t	L	H		Planchas		Angulos A-36	Tubos A-53	Barra Rígida			
										EC-24	EC-35			SAE 1020			SAE 1045
10.0	ARRIOSTRE SUP. DIAGONAL	159	PL	EC-24		8	180.0	7,009.0	12	950.76					30.28	*	
		161	PL	EC-24		8	400.0	600.0	2	30.14					0.96	*	
		162	PL	EC-24		12	235.0	1,082.0	4	95.81					0.00	*	
		163	PL	EC-24		8	600.0	600.0	5	113.04					3.60	*	
11.0	JUNTAS DE DILATACION	181	ANG	A-36	12	100	100.0	7,200.0	1			127.51			0.00	JUNTA - APOYO MOVIL	
		182	PL	EC-24		20	210.0	7,200.0	1	237.38					1.51	*	
		183	PL	EC-24		12	190.0	7,200.0	1	128.87					1.37	*	
		184	PL	EC-24		25	25.0	7,200.0	1	35.33					0.18	*	
		185	PL	EC-24		5	30.0	7,200.0	1	8.48					0.00	*	
		186	PL	EC-24		12	100.0	7,200.0	1	67.82					0.00	*	
		187	BarrRda	SAE-1020			12.7	480.0	48				22.91		0.00	*	
		188	BarrRda	SAE-1020			12.7	480.0	48				22.91		0.00	JUNTA - APOYO FIJO	
		189	PL	EC-24			16	150.0	7,200.0	1	135.65					1.08	*
		190	PL	EC-24			16	15.0	7,200.0	1	13.56					0.11	*
191	ANG	A-36	12	100	100.0	7,200.0	2			255.02			0.00	*			
12.0	BARANDAS	148	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	570.0	4			31.75			0.69	BARANDAS	
		149	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	9,762.0	4			543.84			11.90	*	
		150	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	10,434.0	4			581.27			12.72	*	
		151	ANG	A-36	12.7	76.2	76.2	11,425.0	20			3,182.41			69.65	*	
13.0	APARATOS DE APOYO	192	PL	EC-35		90	450.0	800.0	2		508.68				0.72	APOYO MOVIL	
		193	PL	EC-35		100	400.0	800.0	2		502.40				1.28	*	
		194	PL	EC-35		90	500.0	800.0	2		565.20				0.80	*	
		195	BarrRda	SAE-1045			32.0	65.0	12					4.92	0.00	*	
		196	BarrRda	SAE-1020			38.0	350.0	8				24.93		0.00	*	
		197	PL	EC-35		90	450.0	800.0	2		508.68				0.72	APOYO FIJO	
		198	PL	EC-35		90	500.0	800.0	2		565.20				0.80	*	
		199	BarrRda	SAE-1020			38.0	350.0	16				49.86		0.43	*	
		200	PL	EC-35		50	100.0	750.0	2		58.88				0.15	*	
		201	BarrRda	SAE-1045			46.0	65.0	6					5.09	0.00	*	
14.0	TUBOS DE DESAGUE	01	Tubo SCH-40	A-53			101.6	550.0	12						2.11	DESAGUE PLUVIAL	
		02	Tubo SCH-40	A-53			203.6	112.0	12						0.86	*	
		03	PL	EC-24		10	260.0	260.0	12	63.68					1.62	*	
		04	PL	EC-24		10	40.0	187.0	48	28.18					0.72	*	

RESUMEN

N°	DESCRIPCION	PESO (kg)						AREA (m2)
		Planchas		Angulos A-36	Tubos A-53	Barra Rígida		
		EC-24	EC-35			SAE 1020	SAE 1045	
1.0	BRIDA SUPERIOR	50,222.1	6,618.2					597.20
2.0	BRIDA INFERIOR	35,127.3	6,219.2					525.21
3.0	PLACAS DE EMPALME	9,906.6	0.0					91.58
4.0	SEPARADORES (CONECTORES)	2,374.1	0.0					32.63
5.0	DIAGONALES	37,038.7	0.0	169.4				320.65
6.0	MONTANTES	5,190.9	0.0	66.3				166.75
7.0	VIGAS TRANSVERSALES	23,696.4	0.0					372.29
8.0	VIGAS LONGITUDINALES Y ARRIOSTRES INFERIORES	20,804.3	0.0	1,429.6				508.19
9.0	ARRIOSTRES SUPERIORES TRANSVERSALES	2,854.3	0.0					60.60
10.0	ARRIOSTRES SUPERIORES DIAGONALES	4,041.8	0.0					125.67
11.0	JUNTAS DE DILATACION METALICAS	627.1	0.0	382.5		45.8		4.25
12.0	BARANDAS	0.0	0.0	4,339.3				94.96
13.0	APARATOS DE APOYO	0.0	2,709.0			74.8	10.0	4.90
14.0	TUBOS DE DESAGUE	91.9	0.0		161.2			5.31
	PARCIAL	191,976.0	15,547.0	6,388.0	162.0	121.0	11.0	
	TOTAL	214,205						2,911.00

C. Certificados de Control de Calidad

- C.1 Planchas de Acero
- C.2 Pernos de Alta Resistencia
- C.3 Inspección Radiográfica de la Soldadura
- C.4 Inspección Ultrasónica de la Soldadura

PLANCHAS DE ACERO



SIDERPERU

CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Av. Santiago Antunez de Mayolo s/n. Chimbote, Peru

Tel (044) 321261, Fax (044) 331848

Certificado No. 265-97-M

Fecha de emision 19-Ago-97

Orden No. 4014144-Fact 001-68428

4014122-Fact 001-68222

4014034-Fact 001-67918

Cliente WIRRE REPRESENTACIONES S.A.

Especificacion PG-1-EC24-SR-P

Producto FLANCHA GRUESA

Dimensiones			Cantidad	Peso Balanza
Espeor mm	Ancho mm	Largo mm		
20.0	1520	6000	4	-
16.0	1520	6000	24	27.875
20.0	1520	6000	14	20.265
6.4	1520	6000	4	1.900
9.5	1520	6000	14	9.690
12.5	1520	6000	37	33.430

No de Paquete	Ensayo de traccion (min)			Doblado	Dureza	Peso de revest. gr/m ²	Composicion quimica en la cuchara (promi)				
	Limite de fluencia kg/mm ²	Resist. Traccion kg/mm ²	Alarga- miento %				C %	Mn %	Si %	S %	P (T) %
	24.0	41.0	20.0	BUENO			0.15	0.80	0.20	0.040	
	24.0	41.0	20.0	BUENO			0.15	0.80	0.20	0.040	
	24.0	41.0	20.0	BUENO			0.15	0.80	0.20	0.040	
	24.0	41.0	20.0	BUENO			0.15	0.80	0.20	0.040	
	24.0	41.0	20.0	BUENO			0.15	0.80	0.20	0.040	

SIDERPERU S.A.

ING. JOSE WILLSTATTER
GERENTE DE CALIDAD Y METALURGIA

Control de Calidad y Metalurgia



SIDERPERU

CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Av. Santiago Antunez de Mayolo s/n, Chimboite, Perú

Tel (044) 321261, Fax (044) 331848

Certificado No. 206-97 M

Fecha de emision 19 Ago-97

Orden No. 401414 Fac: 011-65447

4014166 Fac: 011-65449

4014195 Fac: 011-65551

Cliente WIESE REPRESENTACIONES (109447)

Especificacion EG-1-EC35-SR-F

Producto PLANCHAS GRUESAS

Dimensiones			Cantidad	Peso Balanza	No de Paquete	Ensayo de Traction (min)			Doblado	Dureza	Peso de revest. g/m ²	Composicion quimica en la cuchara (promj)				
Espesor	Ancho	Largo				Limite de Fluencia kg/mm ²	Resist. Traction kg/mm ²	Alargamiento %				C %	Mn %	Si %	S %	P (%)
20.0	1520	7500	3	5.400		34.0	48.0	16.0	BUENO		0.17	1.18	0.25	0.030		
24.0	1520	7000	1	2.010		34.0	48.0	16.0	BUENO		0.17	1.18	0.25	0.030		
24.0	1520	6000	3	5.170		34.0	48.0	16.0	BUENO		0.17	1.18	0.25	0.030		

SIDERPERU S.A.

ING° JOSE WILSTATLER
GERENTE DE CALIDAD Y METALURGIA

Control de Calidad y Metalurgia

**INFORME TECNICO SOBRE ENSAYO DE TRACCION Y ANALISIS QUIMICO
CUANTITATIVO EN PLANCHAS DE ACERO**

OLICITANTE : METAL CALLAO
 REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 91032
 FECHA : Lima, 07 de Noviembre de 1997
 INFORME N° : L4-446-97

1.- ANTECEDENTES : Se recibió ocho (08) muestras de plancha de acero para ser sometidos a ensayo a la tracción elongación, y análisis químico cuantitativo.

2.- DE LAS MUESTRAS : Se identificaron como:

N° 1: EC-24 (9.5 mm)
 N° 2: EC-24 (12.5 mm)
 N° 3: EC-24 (16.0 mm)
 N° 4: EC-24 (20.0 mm)
 N° 5: EC-35 (20.0 mm)
 N° 6: EC-24 (25.0 mm)
 N° 7: EC-35 (24.0 mm)
 N° 8: EC-24 (32.0 mm)

3.- PROCEDIMIENTO
DE ENSAYO

Se efectuó según Normas : ASTM E-8 "METHODS OF TENSION TESTING OF METALLIC MATERIALS"

4. EQUIPOS

UTILIZADOS :


Máquina de tracción Universal marca AMSLER.
 Vernier digital marca MITUTUYO con una exactitud de 0.01 mm.
 Un equipo de emisión óptica computarizado marca BARD

5.- CONDICION DE
ENSAYO :

Medio ambiente.

6.- RESULTADO
DE ENSAYOS :

Se detalla en Anexo "RESULTADO DE ENSAYOS"

Atentamente

 Ing. MARIO ARREDONDO MEDINA
 Jefe de Laboratorio N° 4

6-23

ANEXO "RESULTADO DE ENSAYOS"

1.- ENSAYO DE TRACCION-ELONGACION:

MUESTRA N°	ESPELOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	FUERZA DE FLUENCIA (Kg-f)	FUERZA ROTURA (Kg-f)	ESFUERZO DE FLUENCIA (Kg-f/mm ²)	ESFUERZO DE ROTURA (Kg-f/mm ²)	ELONGACION (%)
1	7.3	12.7	50	67.0	3,000	4,550	32.36	49.08	34.00
2	7.3	12.7	50	68.2	2,750	4,240	29.66	45.73	36.40
3	7.3	12.7	50	66.8	2,580	4,260	27.83	45.95	33.60
4	12.1	19.0	50	70.6	6,880	10,940	29.20	46.43	41.20
5	12.6	18.8	50	67.2	10,200	14,880	43.06	62.82	34.40
6	12.6	19.0	50	71.1	6,520	10,940	27.23	45.70	42.20
7	12.4	18.9	50	68.8	9,220	13,320	39.34	56.84	37.60
8	12.5	19.1	50	70.2	7,300	11,780	30.58	49.34	40.40



2.- ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO:

ELEMENTO	MUESTRAS (%)							
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8
Fierro (Fe)	98.32	98.41	98.35	98.57	97.92	98.45	98.01	98.34
Aluminio (Al)	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Carbono (C)	0.16	0.15	0.15	0.15	0.20	0.15	0.19	0.18
Cromo (Cr)	0.09	0.07	0.08	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07
Cobre (Cu)	0.15	0.08	0.08	0.08	0.02	0.07	0.03	0.11
Manganeso (Mn)	0.86	0.89	0.93	0.80	1.32	0.88	1.25	9.88
Molibdeno (Mo)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Nobidio (No)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Niquel (Ni)	0.06	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05
Fosforo (P)	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Azufre (S)	0.037	0.028	0.037	0.025	0.027	0.034	0.027	0.036
Silicio (Si)	0.22	0.23	0.25	0.21	0.28	0.25	0.26	0.27
Estaño (Sn)	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Titanio (Ti)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vanadio (V)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.08	0.01





CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Ru. Santiago, 90. Torre de Acapala S.A. Chimbote, Peru.

Orden No. 2005089 - F.C.T. 001-67304

Certificado No. 21597

Cliente CESAR GAYOSO RODRIGUEZ

Tel: 041-377261 Fax: 0441-371846

Fecha de emision 25-Ago-97

Especificacion PG-1 EC248NR

Producto : PLANCHAS DELGADAS

Espesor mm	Dimensiones		Cantidad	No. de Colada	Peso Bobaza	Ensayo de Traccion			Doblado	Dureza	Peso de revest. gr/cm ²	Composicion quimica en la cuchara				
	Ancho mm	Largo mm				Limite de Fluencia kg/cm ²	Resist. Traccion kg/cm ²	Alarga miento %				C %	Mn %	Si %	S %	P ^(*) %
B.0	1800	6000	53	470046	36.95	31.0	46.0	21.0	BUENO		0.15	0.78	0.21	0.037		

[Signature]
P. Control de Calidad y Metalurgia



SIDERPERU

CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Orden No. 2025049 - FACT 001-67304

Av. Santiago Antunez de Valdivia s/n. Chimbote, Peru

Certificado No. 276 97

Cliente CISA S.A. (CASA RODRIGUEZ)

Tel (041) 321261, Fax (041) 331648

Fecha de emision 29 Ago 97

Especificacion PG-ASTM A36

Producto PLANCHA GRUESA

Dimensiones			Cantidad	No de Colada	Peso Balanza	Ensayo de Traccion			Doblado	Dureza	Peso de revest. g/m ²	Composicion quimica en la columna				
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm				Limite de Fluencia kg/mm ²	Resist. Traccion kg/mm ²	Alargamiento %				C %	Mn %	Si %	S %	P (S) %
8.0	1800	6000	3	470046	2.090	31.0	46.0	24.0	BUENO		0.15	0.78	0.21	0.037		
25.0	2000	4800	1	170066	1.880	28.0	44.0	29.0	BUENO		0.13	0.88	0.21	0.030		
25.0	1800	6000	1	370093	2.120	28.0	44.0	28.0	BUENO		0.16	0.78	0.17	0.035		


 P. Control de Calidad Metalurgia



SIDERPERU

CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Orden No. 2025786 - FACT 001-69159

Av. Santiago Antunez de Mayolo s/n, Clumbote, Peru

Certificado No. 271-97

Cliete CESAR GAYOSO RODRIGUEZ

Tel (044) 3212611, Fax (044) 331868

Fecha de emision 29-Ago-97

Especificacion PG-1-EC24-SN-R

Producto FLANCHA GRUESA

Dimensiones			Cantidad	No de Colada	Peso Balanza	Ensayo de Traction			Doblado	Dureza	Peso de revest. gr/m ²	Composicion quimica en la cuchara				
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm				Limite de Fluencia kg/mm ²	Resist. Traction kg/mm ²	Alarga miento %				C	Mn	Si	S	P
40.0	1220	2000	1	270930	6.770	26.0	41.0	28.0	BUENO		0.12	0.70	0.20	0.037		
25.4	1520	6000	1	370194	1.840	31.0	62.0	28.0	BUENO		0.20	1.17	0.26	0.030		
32.0	1520	3000	2	170994		32.0	49.0	26.0	BUENO		0.18	0.76	0.20	0.048		
			6	270951		31.0	47.0	25.0	BUENO		0.17	0.89	0.19	0.047		
			2	472457		28.0	43.0	29.0	BUENO		0.13	0.79	0.20	0.025		
					11.450											
PG-1-EC35-SN-R																
20.0	1520	11000	1	471398		36.0	66.0	22.0	BUENO		0.19	1.35	0.21	0.028		


 p. Control de Calidad y Metalurgia



SIDERPERU

CERTIFICADO DE CALIDAD

SIDERPERU

Orden No. 1025050 - FACT 601-67333

Av. Santiago Antunez de Alvarado s/n. Chimbote, Peru.

Certificado No. 278-97

Cliente CESAR GARCIA ZUMO ROVEDERUEZ

Tel (041) 921261, Fax (041) 331230

Fecha de emision 29-Ago-97

Especificacion PG-1-EC24-SHP

Producto PLANCHA GRUESA

Dimensiones			Cantidad	Cede Carga	Peso Balanza	Ensayo de Traction			Doblado	Dureza	Peso de revest. gr/m ²	Composicion quimica en la cuchara				
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm				Limite de Fluencia kg/mm ²	Resist. Traction kg/mm ²	Alarga- miento %				C	Mn	Si	S	P (P)
26.0	1800	6000	2	370220		31.0	48.0	24.0	BUENO		0.18	1.16	0.23	0.028		
25.0	1800	6000	5	370238		33.0	52.0	25.0	BUENO		0.19	1.25	0.23	0.024		
					15.160											
25.0	1830	7300	1	370413	2.660	34.0	55.0	23.0	BUENO		0.19	1.35	0.27	0.024		
25.0	1520	4800	1	170198	1.430	31.0	47.0	27.0	BUENO		0.16	0.71	0.20	0.042		

[Signature]
 P. Control de Calidad y Metalurgia

ENSAYO DE TRACCIÓN

SOLICITADO POR : METAL CALLAO
 REALIZADO POR : ING. FRANCO CALDERÓN Y EDGARD VERA.
 MATERIAL : PROBETAS DE ACERO.
 FECHA : 97.12.04
 EQUIPO : MÁQUINA UNIVERSAL DE TRACCIÓN.

RESULTADOS

MUESTRA		1	2
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	12,5	12,5
	ÁREA (mm ²)	122,65	122,7
CARGAS (N)	FL	47,0	30,0
	M	71,0	53,0
	R	49,0	37,0
TENSIONES (MPa)	FLUENCIA	383,0	245,0
	MÁXIMA	579,0	432,0
	ROTURA	400,0	302,0
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		50,0	50,0
ALARGAMIENTO ENTRE MARCAS (mm)		16,5	21,0
ALARGAMIENTO (%)		33,0	42,0

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

San Miguel

San Miguel

Eng. José Roberto Casavieira CIP 48418

Área de Materiales

OBSERVACIONES

- *Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante
- *Muestra 1 : Espesor 4".
- *Muestra 2 : Espesor 32mm.
- *Norma de referencia : ASTM A370.

DIC- 502 - 1 /97

ANÁLISIS QUÍMICO

SOLICITADO POR : METAL CALLAO
MÉTODO : ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN.
MUESTRA : PLANCHAS DE ACERO
FECHA : 97.12.04
EQUIPO : ESPECTOMETRO DE EMISIÓN

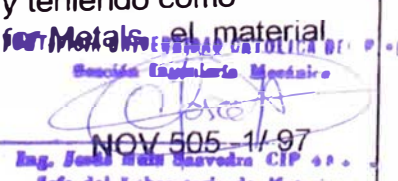
RESULTADOS:

ELEMENTO	MUESTRA 1 %	MUESTRA 2 %
%C	0,27	0,24
%Mn	1,44	0,93
%Si	0,31	0,03
%P	0,004	0,005
%S	0,019	0,023
%Ni	0,00	0,00
%Cr	0,02	0,01
%Mo	0,001	0,001
%Cu	0,00	0,00

OBSERVACIONES

-La muestra analizada ha sido proporcionada por el solicitante.
 -De acuerdo con la composición química de la muestra y teniendo como referencia el Metals Handbook of the American Society for Metals, el material de las mismas corresponde a :

- *Muestra 1 : (4" de espesor) : Acero **AISI/SAE 1527**
- *Muestra 2 : (32 mm de espesor) : Acero **SAE 1525**


 NOV 505 - 11-97
 Ing. José Luis Navarro CIP 490
 Jefe del Laboratorio de Materiales

P AU

ARTIETIA PIVIBRIDIA AT
in lingua

1118
1118

1118
e del Laboua 110

1

2

PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

ACCIÓN

Pontificia Universidad Católica del Perú

Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica
Área de Materiales

INTEGRAL

ENSAYO DE TRACCIÓN

SOLICITADO POR : BRENIS INDUSTRIAS S.A.
REALIZADO POR : ING.S.FRANCO CALDERÓN Y EDGARD VERA
MUESTRA : PERNOS Y TUERCAS HEXAGONAL DE ACERO
FECHA : 97.11.07

RESULTADOS

		MUESTRA 1	MUESTRA 2
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (mm)	M20 x 2,5	M24 x 3,0
	ÁREA (mm ²)	245,0	353,0
CARGAS	FLUENCIA (kN)	245,0	385,0
	MÁXIMA (kN)	245,0	399,0
TENSIONES	FLUENCIA (MPa)	1000	1090
	MÁXIMA (MPa)	1000	1130

OBSERVACIONES

*Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

*Muestra 1 : Falló el hilo del perno y tuerca

*Muestra 2 : Falló el perno en la zona roscada

*NORMA DE REFERENCIA : ASTM A 325

Perno M20x2,5 Carga máxima : 203 KN mín.

Perno M24x3,0 Carga máxima : 293 KN mín.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

Ing. Jesús Ruiz Saavedra CIP 48432
Jefe del Laboratorio OCT 470-1 / 97

60 K

(A)

PORTAFOLIO UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sociedad Ingenua de Ingenieros

1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

0

(2)

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Escuela de Ingeniería Mecánica

Int. 1001
Jefe del Laboratorio

AL

ACCIÓN

Pontificia Universidad Católica del Perú

Departamento de Ingeniería

Sección Ingeniería Mecánica

Area de Materiales

INTEGRAL

ENSAYO DE DUREZA

SOLICITADO POR : BRENIS INDUSTRIAS S.A
REALIZADO POR : INGS. FRANCO CALDERÓN Y EDGARD VERA.
MUESTRA : TUERCAS HEXAGONALES DE ACERO.
TIPO DE ENSAYO : ROCKWELL
FECHA : 97.11.07

RESULTADOS

MUESTRA	MEDICIONES			DUREZA
	1°	2°	3°	
TUERCA M20x2,5	26	26	27	27 HRC
TUERCA M24x3,0	35	34	35	35 HRC

OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron suministradas por el solicitante.
- NORMA DE REFERENCIA : ASTM A 325 :
Dureza del perno : 23 a 34 HRC

OCT - 470 - 2 / 97



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE MATERIALES

MAT-JUN-437 / 98

INFORME TÉCNICO ENSAYO DE TRACCIÓN

JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.

RECIBIDO

Fecha 13/07/98

Hora: 4:50 p.m.

SOLICITADO POR : BRENIS INDUSTRIAS S.A.

REALIZADO POR : ING. FRANCO CALDERÓN A.

MUESTRA : PERNOS DE 24 x 80

FECHA : 98.07.01

RESULTADOS

MUESTRA		1	2
SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO (mm.)	24	24
	ÁREA (mm ²)	353,00	353,00
CARGAS (kN)	FLUENCIA	*****	*****
	MAXIMA	405,0	395,0
TENSIONES (MPa)	FLUENCIA	*****	*****
	MAXIMA	1147	1119
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm.)		*****	*****
ALARGAMIENTO ENTRE MARCAS (mm.)		*****	*****
ALARGAMIENTO (%)		*****	*****

Fecha de ejecución : 98.07.01

OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante
- Norma de ensayo ASTM A-370
- Falló hilo del perno por corte

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

1. 第一组：(1) 1949年10月1日，中华人民共和国成立。 (2) 1954年9月，第一届全国人民代表大会第一次会议在北京召开。 (3) 1956年9月，中国共产党第八次全国代表大会在北京召开。 (4) 1958年5月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (5) 1960年6月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (6) 1962年9月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (7) 1966年5月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (8) 1969年4月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (9) 1972年9月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (10) 1976年10月，中国共产党八届十二中全会在北京召开。 (11) 1978年12月，中国共产党十一届三中全会在北京召开。 (12) 1982年9月，中国共产党十二次全国代表大会在北京召开。 (13) 1987年10月，中国共产党十三次全国代表大会在北京召开。 (14) 1992年10月，中国共产党十四次全国代表大会在北京召开。 (15) 1997年9月，中国共产党十五次全国代表大会在北京召开。 (16) 2002年11月，中国共产党十六次全国代表大会在北京召开。 (17) 2007年10月，中国共产党十七次全国代表大会在北京召开。 (18) 2012年11月，中国共产党十七次全国代表大会在北京召开。 (19) 2017年10月，中国共产党十八次全国代表大会在北京召开。 (20) 2022年10月，中国共产党十九次全国代表大会在北京召开。



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
SECCION INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE MATERIALES

MAT-JUN-437 / 98

INFORME TÉCNICO ENSAYO DE TRACCIÓN

SOLICITADO POR : BRENIS INDUSTRIAS S.A.

REALIZADO POR : ING. FRANCO CALDERÓN A.

MUESTRA : PERNOS DE 20 x 80

FECHA : 98.07.01

RESULTADOS

MUESTRA		3	4
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIAMETRO (mm.)	20	20
	ÁREA (mm ²)	245,00	245,00
CARGAS (kN)	FLUENCIA	*****	*****
	MÁXIMA	215,0	240,0
TENSIONES (MPa)	FLUENCIA	*****	*****
	MÁXIMA	878	980
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm.)		*****	*****
ALARGAMIENTO ENTRE MARCAS (mm.)		*****	*****
ALARGAMIENTO (%)		*****	*****

Fecha de ejecución : 98.07.01

OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante
- Norma de ensayo ASTM A-370
- Falló hilo del perno por corte

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

Handwritten text in Chinese characters, appearing to be a list or ledger with multiple columns and rows. The text is very faint and difficult to read.



Pontificia Universidad Católica del Perú
Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica
Área de Materiales

JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.

RECIBIDO

ANALISIS METALOGRAFICO

Fecha 18/10/1997
Hora 4.50 pm.

SOLICITADO POR : BRENIS INDUSTRIAS S.A.
REALIZADO POR : ING. SOCRATES CUTIPA CASTELO.
MUESTRA : PERNO HEXAGONAL M24 x 3,0
FECHA : 97.11.10

1.- FOTOMICROGRAFIA:

- a) Sección : Transversal.
- b) Aumentos : 1000 X
- c) Reactivo Químico : Nital al 3%

2.- OBSERVACION METALOGRAFICA:

a) Microconstituyentes:

Matriz : Martensita revenida.
Otras : Carburo globular fino.

b) Tamaño de grano : _____
Según ASTM E112

c) Inclusiones : Tipo sulfuro, serie gruesa No 3.
Según ASTM E 45

3.- INFORMACION COMPLEMENTARIA:

Foto No 2 : a 1000X , corresponde al perno hexagonal M24 x 3,0
Material: Acero de medio carbono, con tratamiento térmico : templado revenido.
Detalle : Martensita revenida, carburo globular fino.

NOV - 470-4/97

CIÓN

Pontificia Universidad Católica del Perú

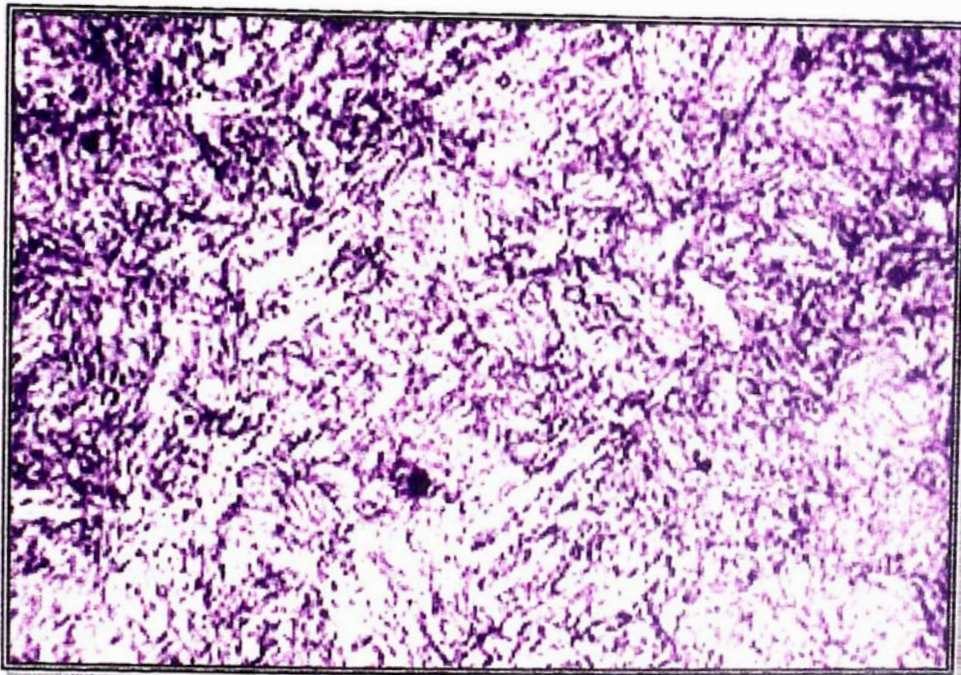
Departamento de Ingeniería

Sección Ingeniería Mecánica

Area de Materiales

RAL

OTOMICROESTRUCTURA:



***FOTO No 2: a 1000X, Perno hexagonal M24 X 3,0
Detalle: Martensita revenida , carburo globular fino***

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

P. J. S. (2)

Ing. Jesús Ruiz Saavedra C.P.
Jefe del Laboratorio de Materiales

REPORTES DE INSPECCION RADIOGRAFICA

tro
rvic S.A.

JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRAFICA
DE LA UNIDAD DE FABRICACIÓN N° 100000
DE PUENTE RETICULADO SANTO CRISTO
METAL CALLAO S.A.
AGOSTO 1997

REPORTE DE INSPECCIÓN POR TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS

FECHAS DE LA INSPECCIÓN : 17 de Julio de 1997.

SOLICITADO POR : METAL CALLAO S.A.

LUGAR DE LA INSPECCIÓN : Taller de METAL CALLAO

ASUNTO : Realización de pruebas no destructivas mediante las técnicas de Radiografía - Gammagrafia a la soldadura de fabricación de bridas del puente reticulado Santo Cristo.

MATERIAL : Acero tipo Estructural

ALCANCE : Evaluar y calificar los cordones de soldadura a tope para la eliminación de defectos no aceptables por la norma en uso, antes de su montaje y puesta en servicio.

REALIZADO POR : CONTROL SERVICE S.A.
Ing. Antonio Montoya A.
Nivel II - END.

ORMA APLICADA : American Welding Society -AWS.
ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 and
American National Standard.
Bridge Welding Code.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRAFICA

I.- ALCANCE.-

Evaluar la soldadura a tope de unión de a vigas y determinar si cumplen con los requerimientos mínimos solicitados por la norma en uso. Los cordones de soldadura rechazados serán reparados e inspeccionados nuevamente.

II.- IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO INSPECCIONADO.-

Los códigos de las estructuras inspeccionadas fueron dados por el fabricante en coordinación con el personal supervisor en obra (ver ítem 7)

III.- DOCUMENTOS APLICABLES.-

Código ASME (American Society of Mechanical Engineers), Sección V -
Nondestructive Testing, Procedimientos :
Art. 2 ; Radiographic Examination
Art. 22 ; SE : 142 ; Standard Method for controlling of radiographic testing.
Sección VIII - Calificación.

IV.- FUENTE DE RADIACIÓN.-

Equipo de gammagrafía	fuelle de Iridio-192 (radioisotopo).
Marca :	Tech-Ops
Modelo	660.
Actividad	75 curies.

V.- PANTALLAS INTENSIFICADORAS.-

Pantallas de plomo a ambos lados de la película.
espesor de pantalla anterior 0.12 mm
espesor de pantalla posterior : 0.12 mm

VI.- PELÍCULAS Y GEOMETRÍA DE LA EXPOSICIÓN.-

Marca	Agfa Gevaert
Tipo	Structurix D-7 de grano fino y alta
sensibilidad.	
Efecto	De contraste elevado
Distancia Fuente - Película	variable
Tiempo de Exposición	variable
Longitud de película	17 pulgadas

VII.- MATERIAL A RADIOGRAFIAR.-

Cordones de soldadura en Alma de vigas identificados en la siguiente tabla resumen.

Tipo de estructura	Ubicación	Código	Eje	Tipo de pruebas
Brida longitudinal	Inferior	BI-12M-1	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12M-2	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12M-3	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12M-4	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02M-1	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02M-2	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02M-3	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02M-4	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02P-1	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02P-2	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02P-3	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-02P-4	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12P-1	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12P-2	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12P-3	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-12P-4	2'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-01P-1	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-01P-2	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-13P-1	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-13P-2	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-01M-1	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-01M-2	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-13M-1	0 - 1'	Rx
Brida longitudinal	Inferior	BI-13M-2	0 - 1'	Rx

VIII.- RESULTADOS.-

Se inspeccionaron 24 juntas soldadas a tope de unión de almas en las bridas longitudinales siendo los resultados de las pruebas radiográficas los indicados en las hojas de Reporte de inspección radiográfica que se adjuntan a este informe entregándose una copia de los resultados de manera inmediata en obra.

IX.- Observaciones.-

- No se encontraron defectos rechazados por la norma en uso.

ntrol ervice s.a.

JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

El presente informe consta de *Cuatro*
hojas selladas, firmadas y correlativamente numeradas
del 1 al⁴..... y anexo de resultados.

Lima, 23 de Julio de 1997


.....
Ing. Antonio Montoya R.
Nivel II - END.



Control Service S.A.

CLIENTE:
METAL
CALLAO

HOJA 1 DE 2
FECHA 17/07/97
INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: PUNTE RETICULADO SANTO CRISTO

Inspector: ING. RODOLFO GONZALES M.

Tipo Junta: A TOPE

Proceso Soldadura: SMAW

Norma Calificación: AWS D1.1

Tipo de Película: STRUCTURIX D7

T. Exposición: IR-192

Técnica: GAMMAGRAFICA

Indicador Calidad: 17

Nº Placas: 12

Fabricante _____
Equipo _____
Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
BI-12M-1					✓								✓			
BI-12M-2													✓			
BI-12M-3													✓			
BI-12M-4													✓			
BI-02M-1													✓			
P-02M-2													✓			
BI-02M-3													✓			
BI-02M-4													✓			
BI-02P-1													✓			
BI-02P-2													✓			
BI-02P-3													✓			
BI-02P-4													✓			

POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

Control Service S.A.

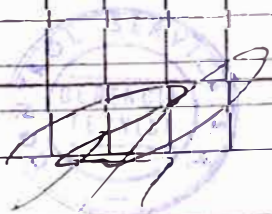
CLIENTE:
METAL
CALLAO

HOJA 2 DE 2
FECHA 17, 07, 97
INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: <u>PUENTE RETICULADO SANTO CRISTO</u>			Fabricante _____
Inspector: <u>ING. RODOLFO GONZALES</u>	Tipo Junta: <u>A TOPE</u>	Proceso Soldadura: <u>SMAW</u>	Equipo _____
Norma Calificación: <u>AWS D1.1</u>	Tipo de Película: <u>STRUCTURIX D1</u>	T. Exposición: <u>12. 192</u>	Parte Insp. _____
Técnica: <u>GAMMAGRAFICA</u>	Indicador Calidad: <u>17</u>	Nº Placas: <u>12</u>	

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
BI-12P-1													✓			
BI-12P-2													✓			
BI-12P-3													✓			
BI-12P-4													✓			
BI-01P-1													✓			
BI-01P-2													✓			
BI-13P-1													✓			
BI-13P-2													✓			
BI-01M-1													✓			
BI-01M-2													✓			
BI-13M-1											✓		✓			
BI-13M-2											✓		✓			



POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRAFICA
A SOLDADURA DE FUSIÓN DE BILAS Y
VIGAS TRANSVERSALES DE PISO
DE PUENTE RETICULADO SANTO CRISTO
METAL CALLAO S.A.
AGOSTO 1997

REPORTE DE INSPECCIÓN POR TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS

FECHAS DE LA INSPECCIÓN : 11 - 12 y 13 de Agosto de 1997.

SOLICITADO POR : METAL CALLAO S.A.

LUGAR DE LA INSPECCIÓN : Taller de METAL CALLAO

ASUNTO : Realización de pruebas no destructivas mediante las técnicas de Radiografía - Gammagrafia a la soldadura de fabricación de bridas del puente reticulado Santo Cristo.

MATERIAL : Acero tipo Estructural

ALCANCE : Evaluar y calificar los cordones de soldadura a tope para la eliminación de defectos no aceptables por la norma en uso, antes de su montaje y puesta en servicio.

REALIZADO POR : CONTROL SERVICE S.A.
Ing. Antonio Montoya A.
Nivel II - END.

NORMA APLICADA : American Welding Society -AWS.
ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96
American National Standard.
Bridge Welding Code.



REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRAFICA

I.- ALCANCE.-

Evaluar la soldadura a tope de unión de a vigas y determinar si cumplen con los requerimientos mínimos solicitados por la norma en uso. Los cordones de soldadura rechazados serán reparados e inspeccionados nuevamente.

II.- IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO INSPECCIONADO.-

Los códigos de las estructuras inspeccionadas fueron dados por el fabricante en coordinación con el personal supervisor en obra (ver ítem 7)

III.- DOCUMENTOS APLICABLES.-

Código ASME (American Society of Mechanical Engineers), Sección V -
Nondestructive Testing, Procedimientos :
Art. 2 ; Radiographic Examination
Art. 22 ; SE : 142 ; Standard Method for controlling of radiographic testing.
Sección VIII - Calificación.

IV.- FUENTE DE RADIACIÓN.-

Equipo de gammagrafia	:	fuentes de Iridio-192 (radioisotopo).
Marca :	:	Tech-Ops.
Modelo	:	660.
Actividad	:	75 curies.

V.-PANTALLAS INTENSIFICADORAS.-

Pantallas de plomo a ambos lados de la película.
espesor de pantalla anterior : 0.12 mm
espesor de pantalla posterior : 0.12 mm

VI.- PELÍCULAS Y GEOMETRÍA DE LA EXPOSICIÓN.-

Marca	:	Agfa Gevaert.
Tipo	:	Structurix D-7 de grano fino y alta
sensibilidad.	:	
Efecto	:	De contraste elevado
Distancia Fuente - Película	:	variable
Tiempo de Exposición	:	variable
Longitud de película	:	17 pulgadas

Control Servicio S.A.

JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

13.08.97

Tipo de estructura	Ubicación	Código	Eje	Tipo de pruebas
Viga transversal de piso	-	VP-01-A	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-B	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-C	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-D	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-E	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-F	-	Rx
Viga transversal de piso	-	VP-01-G	-	Rx

VIII.- RESULTADOS.-

Se inspeccionaron 41 juntas soldadas a tope de unión de almas en las bridas longitudinales siendo los resultados de las pruebas radiográficas los indicados en las hojas de Reporte de inspección radiográfica que se adjuntan a este informe entregándose una copia de los resultados de manera inmediata en obra.

IX.- Observaciones.-


- No se encontraron defectos rechazados por la norma en uso.
- En el metal base adyacente a la soldadura inspeccionada se observaron socavaciones los cuales se indicaron para su reparación.

Control Service S.A.

5
JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

El presente informe consta de *Cinco*
hojas selladas, firmadas y correlativamente numeradas
del 1 al⁵..... y anexo de resultados.

Lima, 15 de Agosto de 1997


Ing. Antonio Montoya A.
Nivel II - END.

Control Service S.A.

CLIENTE:
METAL CALLAO S.A.

HOJA 1 DE 1
FECHA 11 / 08 / 97
INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: **VIGAS PUENTE SANTO CRISTO**

Inspector: **ING. ANTONIO MONTOYA**

Tipo Junta: **A TOPE**

Proceso Soldadura: **SMAW**

Norma Calificación: **A.W.S.**

Tipo de Película: **STRUCTURIX - D7**

T. Exposición: **IR. 192**

Técnica: **GAMMAGRAFICA**

Indicador Calidad: **17 Y 25**

Nº Placas: **20**

Fabricante _____

Equipo _____

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES				PENETRACION				OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
BI-04-M1													✓			
M2													✓			
M3													✓			
M4			✓										✓			
BI-06-M1											✓		✓			
M2													✓			
M3													✓			
M4													✓			
BI-08-M1													✓			
M2													✓			
BI-10-M1											✓		✓			
M2													✓			
BI-04-P1													✓			
P2													✓			
P3											✓		✓			
P4													✓			
BI-06-P1													✓			
P2												✓	✓			
P3													✓			
P4													✓			

POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

Control Service S.A.

CLIENTE:
METAL CALLAO S.A.

HOJA 1 DE 1

FECHA 12, 08, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: **VIGAS PUENTE SANTO CRISTO**

Inspector: **ING. ANTONIO MONTOYA**

Tipo Junta: **A TOPE**

Proceso Soldadura: **SMAW**

Norma Calificación: **A.W.S.**

Tipo de Película: **STRUCTURIX - D7**

T. Exposición: **IR. 192**

Técnica: **GAMMAGRAFICA**

Indicador Calidad: **17 Y 25**

Nº Placas: **14**

Fabricante _____

Equipo _____

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavacion					Desnivel del Tubo - HL
BI-10-P1													✓			
P2													✓			
BS-01-P1													✓			
P2													✓			
BS-02-P1													✓			
P2											✓		✓			
P3													✓			
P4													✓			
BS-01-M1											✓		✓			
M2													✓			
BS-02-M1													✓			
M2													✓			
M3													✓			
M4											✓		✓			

POR CONTROL SERVICE S.A.



AUTORIZADO POR:

Control Service S.A.

CLIENTE: **METAL CALLAO S.A.**

HOJA 1 DE 1
 FECHA 13 / 08 / 97
 INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: **VIGAS PUENTE SANTO CRISTO**

Inspector: **ING. ANTONIO MONTOYA** Tipo Junta: **A TOPE** Proceso Soldadura: **SMAW**

Norma Calificación: **A.W.S.** Tipo de Película: **STRUCTURIX-D7** T. Exposición: **IR. 192**

Técnica: **GAMMAGRAFICA** Indicador Calidad: **10 ISO 16** Nº Placas: **14**

Fabricante _____
 Equipo _____
 Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS			UBICACION DEL DEFECTO	
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL		
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
VP-01-A: 0-40 40-78													✓			
VP-01-B: 0-40 40-78													✓			
VP-01-C: 0-40 40-78											✓		✓			
VP-01-D: 0-40 40-78											✓		✓			
VP-01-E: 0-40 40-78			✓										✓			
VP-01-F: 0-40 40-78													✓			
VP-01-G: 0-40 40-78													✓			



POR CONTROL SERVICE S.A. *[Signature]*

AUTORIZADO POR: _____

REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD
POR INSPECCIÓN RADIOGRAFICA
DE SOLDADURA DE BRIDAS
PUENTE RETICULADO SANTO CRISTO

METAL CALLAO S.A.

DICIEMBRE - 1997

REPORTE DE INSPECCIÓN POR PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

FECHAS DE LA INSPECCIÓN : El 29 de Agosto, el 1º y 2 de Setiembre, 1997
El 18 de Octubre de 1997

SOLICITADO POR : METAL CALLAO S.A.

LUGAR DE LA INSPECCIÓN : Taller de METAL CALLAO.

ASUNTO : Realización pruebas no destructivas mediante radiografía industrial a soldadura de fabricación de bridas del Puente reticulado Santo Cristo

MATERIAL INSPECCIONADO : Acero tipo estructural.

ALCANCE : Evaluar y calificar los cordones de soldadura a tope para la eliminación de defectos no aceptables por la norma en uso, antes de su montaje y puesta en servicio.

REALIZADO POR : CONTROL SERVICE S.A.
Ing. Rodolfo Gonzales M.

CÓDIGO APLICADO : AWS - American Welding Society
ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96
Bridge Welding Code.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

I.- Alcance.-

Evaluar por muestreo la soldadura a tope de unión de vigas y determinar si cumplen con los requerimientos mínimos solicitados por la norma en uso. Los cordones de soldadura rechazados serán reparados e inspeccionados nuevamente hasta su aceptabilidad antes de entrar en servicio.

II.- Identificación del Equipo Inspeccionado.-

Las códigos de las estructuras inspeccionadas fueron dados por el fabricante en coordinación con el personal supervisor en obra.

III.- Documentos Aplicables.-

Código **ASME** (American Society of Mechanical Engineers), Sección V - Nondestructive Testing , Procedimientos :

API - 1104.

Art.2 ; Radiographic Examination

Art. 22 ; SE:142 ; Standard Method for controlling of radiographic testing.

Sección VIII - Calificación.

III.- Fuente de Radiación.-

Equipo de Gammagrafia	:	Fuente de Iridio-192 (radioisotopo).
Marca :	:	Tech-Ops.
Modelo	:	660.
Actividad	:	65 curies.

IV.- Pantallas Intensificadoras.-

Pantallas de plomo a ambos lados de la película.		
Espesor de pantalla anterior	:	0,12 mm.
Espesor de pantalla posterior	:	0,12 mm.

V.- Películas y geometría de la exposición.-

Marca	:	Agfa Gevaert.
Tipo	:	Structurix D-7 de grano fino y alta sensibilidad.
Efecto	:	De contraste elevado.
Distancia Fuente - Película	:	variable a doble pared.
Longitud de película	:	variable

VI.- Material a Radiografiar.-

Cordones de soldadura en alma de vigas identifiados en la siguiente tabla resumen:

29.08.97

Código de estructura Posic.de Placa		Tipo de Prueba	Observaciones
VP - 01C	0-40	RX	OK
VP - 01C	40-80	RX	OK
VP - 01H	0-40	RX	OK
VP - 01H	40-80	RX	OK
VP - 01I	0-40	RX	OK
VP - 01I	40-80	RX	OK
VP - 01K	0-40	RX	OK
VP - 01K	40-80	RX	OK
VP - 01L	0-40	RX	OK
VP - 01L	40-80	RX	OK
VP - 01M	0-40	RX	OK
VP - 01M	40-80	RX	OK
VP - 01P	0-40	RX	OK
VP - 01P	40-80	RX	OK
BS-10-1		RX	OK
BS-10-2		RX	OK

01.09.97

Código de estructura	Tipo de Prueba	Observaciones
BS-10-M1	RX	OK
BS-10-M2	RX	OK
BS-10-M3	RX	OK
BS-10-M4	RX	OK
BS-11-M1	RX	OK
BS-11-P1	RX	OK
BS-11-P2	RX	OK
BS-14-1	RX	OK
BS-14-2	RX	OK
BI-08-P1	RX	OK
BI-08-P2	RX	OK
BI-08-P3	RX	OK
BI-08-P4	RX	OK
BI-08-M3	RX	OK
BI-08-M4	RX	OK
BI-10-M3	RX	OK
BI-10-M4	RX	OK

02.09.97

Código de estructura	Tipo de Prueba	Observaciones
D-01-M1	RX	OK
D-01-M2	RX	OK
D-01-M3	RX	OK
D-01-M4	RX	OK
D-01-P1	RX	OK
D-01-P2	RX	OK
D-01-P3	RX	OK
D-01-P4	RX	OK
D-14-M1	RX	OK
D-14-M3	RX	OK
D-14-M4	RX	OK
D-14-P1	RX	OK
D-14-P3	RX	OK

18.10.97

Código de estructura	Tipo de Prueba	Observaciones
BS-04P-1	RX	OK
BS-04P-2	RX	OK
BS-04P-3	RX	OK
BS-04P-4	RX	OK
BS-06P-1	RX	OK
3S-06P-2	RX	OK
BS-06P-3	RX	OK
BS-06P-4	RX	OK
BS-08P-2	RX	OK
BS-08P-3	RX	OK
BS-08P-4	RX	OK
BS-10P-1	RX	OK
BS-10P-2	RX	OK
BS-10P-3	RX	OK
BS-10P-4	RX	OK
BS-10-3	RX	OK
BS-10-4	RX	OK
BS-14-3	RX	OK
BS-14-4	RX	OK
BS-04M-1	RX	OK
BS-04M-2	RX	OK
BS-04M-3	RX	OK
BS-04M-4	RX	OK
BS-06M-1	RX	OK
BS-06M-2	RX	OK
BS-06M-3	RX	OK
BS-06M-4	RX	OK
BS-08M-1	RX	OK
BS-08M-2	RX	OK
BS-08M-3	RX	OK
BS-08M-4	RX	OK

Control Servicio S.A.

JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

BI-10P-3	RX	OK
BI-10P-4	RX	OK
D14-P-2	RX	OK
D14-P-4	RX	OK
BS-08P-1	RX	Rep. Parcial
D14-M2	RX	OK
BS-08P-1R	RX	OK

VII.- Resultados.-

Se inspeccionaron 83 juntas soldadas a tope siendo los resultados de las pruebas radiográficas los indicados en las hojas de Registro de Inspección Radiográfica, las cuales fueron remitidas a Uds.

VIII.- Conclusiones.-

- Se encontró un defecto en la Brida BS-08P-01, la cual fue reparada e inspeccionada nuevamente, quedando aceptadas de acuerdo a lo indicado por la norma en uso.
- Los cordones de soldadura de las 83 Juntas inspeccionadas cumplen con los criterios de aceptación del Código ASME Secc. VIII.

Control Servicio S.A.

JR. CARACAS 2402 OF. 2
JESUS MARIA
LIMA 11
TEL FONO : 261-5820
TELEFAX : 463-7167

BI-10P-3	RX	OK
BI-10P-4	RX	OK
D14-P-2	RX	OK
D14-P-4	RX	OK
BS-08P-1	RX	Rep. Parcial
D14-M2	RX	OK
BS-08P-1R	RX	OK

VII.- Resultados.-

Se inspeccionaron 83 juntas soldadas a tope siendo los resultados de las pruebas radiográficas los indicados en las hojas de Registro de Inspección Radiográfica, las cuales fueron remitidas a Uds.

VIII.- Conclusiones.-

- Se encontró un defecto en la Brida BS-08P-01, la cual fue reparada e inspeccionada nuevamente, quedando aceptadas de acuerdo a lo indicado por la norma en uso.
- Los cordones de soldadura de las 83 Juntas inspeccionadas cumplen con los criterios de aceptación del Código ASME Secc. VIII y el Bridge Welding Code. ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 (AWS - American Welding Society)

Control Service S.A.

CLIENTE:

METAL CALLAO S.A.

HOJA 1 DE 1

FECHA 29, 08, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: **VIGAS PUENTE SANTO CRISTO**

Fabricante _____

Inspector: **ING. ANTONIO MONTOYA**

Tipo Junta: **A TOPE**

Proceso Soldadura: **SMAW**

Equipo _____

Norma Calificación: **A.W.S.**

Tipo de Película: **STRUCTURIX - D7**

T. Exposición: **IR. 192**

Parte Insp. _____

Técnica: **GAMMAGRAFICA**

Indicador Calidad: **DIN**

Nº Placas: **16**

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS					
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO		
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL	
VP-01C: 0-40 40-80													✓				
VP-01H: 0-40 40-80													✓				
VP-01I: 0-40 40-80													✓				
VP-01K: 0-40 40-80			✓										✓				
VP-01L: 0-40 40-80													✓				
VP-01M: 0-40 40-80													✓				
VP-04P: 0-40 40-80													✓				
BS-10-1 2													✓				

POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:



Control Service S.A.

CLIENTE:

METAL

CALLAO S.A

HOJA 1 DE 1

FECHA 01, 09, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: **VIGAS PUENTE SANTO CRISTO**

Inspector: **ING. ANTONIO MONTOYA**

Tipo Junta: **A TOPE EN "V"**

Proceso Soldadura: **STAW**

Fabricante _____

Norma Calificación: **A.W.S**

Tipo de Película: **STRUCTURIX - D7**

T. Exposición: **12- 192**

Equipo _____

Técnica: **GAMMAGRAFICA**

Indicador Calidad: **20- 25**

Nº Placas: **18**

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS			UBICACION DEL DEFECTO		
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION				OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL				
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión				Socavación		Desnivel del Tubo - HL	
BS-10-M1													✓				
M2													✓				
M3													✓				
M4					✓								✓				
BS-11-M1													✓				
M2													✓				
BS-11-P1													✓				
P2													✓				
BS-14-1													✓				
2					✓								✓				
BI-08-P1													✓				
P2													✓				
P3													✓				
P4													✓				
BI-08-M3													✓				
M4													✓				
BI-10-M3													✓				
M4													✓				



POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

[Handwritten Signature]

Control Service S.A.

CLIENTE:

METAL CALLAO

HOJA 1 DE 1

FECHA 02, 09, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Objeto: VIGAS - PUENTE SANTO CRISTO

Fabricante _____

Inspector: ANTONIO MONTOYA A.

Tipo Junta: A TOPE

Proceso Soldadura: SMAN

Equipo _____

Calificación: AWS D1.1

Tipo de Película: STRUCTURIX - D7

T. Exposición: 1R 192

Parte Insp. _____

Técnica: GAMMAGRAFICA

Indicador Calidad: 20-25

Nº Placas: 13

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO												RESULTADOS			
	FISURAS		INCLUSIONES				PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación	Desnivel del Tubo - HL				
01- M1													✓			
M2													✓			
M3													✓			
M4													✓			
1- P1													✓			
P2													✓			
P3													✓			
P4													✓			
4- M1													✓			
M3													✓			
M4													✓			
4- P1													✓			
P3													✓			

CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

[Signature]
7 ✓

Control Service S.A.

CLIENTE:

Metal Callao

HOJA 1 DE 3

FECHA 18, 10, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: Puente Reticulado Santo CRISTO

Inspector: Ing. RODOLFO GONZALES

Tipo Junta: A TOPE EN "V"

Proceso Soldadura: SMAW

Norma Calificación: AWS-D1.5

Tipo de Película: ESTRUCTURIX D-7

T. Exposición: IR-192

Técnica: GAMMAGRAFICA

Indicador Calidad: G ISO.12

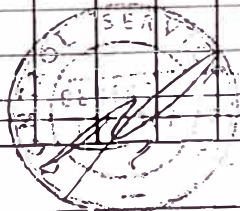
Nº Placas: 17

Fabricante _____

Equipo _____

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS					
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION				OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO			
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión					Socavación	Desnivel del Tubo - HL	
<u>BS-01P</u> 1							✓						✓				
2													✓				
3													✓				
4													✓				
<u>BS-06P</u> 1													✓				
2													✓				
3													✓				
4													✓				
<u>BS-08P</u> 2													✓				
3													✓				
4													✓				
<u>BS-10P</u> 1													✓				
2													✓				
3													✓				
4													✓				
<u>BS-10</u> 3													✓				
4													✓				
<u>BS-14</u> 3													✓				
4													✓				



POR CONTROL SERVI CE S.A.

AUTORIZADO POR:

[Handwritten signature and date]
12.10.97

Control Service S.A.

CLIENTE:

Metal Callao

HOJA 2 DE 3

FECHA 18, 10, 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: Puente Reticulado Santo Cristo

Inspector: ING. RODOLFO GONZALES

Tipo Junta: A TOPE EN V

Proceso Soldadura: SMAW

Norma Calificación: AWS-D1.5

Tipo de Película: ESTRUCTURIX D7

T. Exposición: IR-192

Técnica: GAMMAGRAFICA

Indicador Calidad: 6 ISO-12

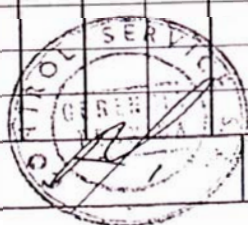
Nº Placas: 16

Fabricante _____

Equipo _____

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
<u>BS-04M</u> 1													✓			
2													✓			
3													✓			
4													✓			
<u>BS-06M</u> 1													✓			
2													✓			
3													✓			
4													✓			
<u>BS-08M</u> 1													✓			
2													✓			
3													✓			
4													✓			
<u>BS-10P</u> 2													✓			
4				✓									✓			
<u>D14-P</u> 2													✓			
4													✓			



[Handwritten signature]

POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

Control Service S.A.

CLIENTE:

Metal Callao

HOJA 3 DE 3

FECHA 18 / 10 / 97

INFORME No. _____

RESULTADOS DE INSPECCION RADIOGRAFICA

Proyecto: Puente Reticulado Santo Cristo

Fabricante _____

Inspector: ING. RODOLFO GONZÁLES

Tipo Junta: A TOPE en "V"

Proceso Soldadura: SMAW

Norma Calificación: AWS - D15

Tipo de Película: STRUCTURIX-07

T. Exposición: IR-192

Equipo _____

Técnica: GAMMAGRAFICA

Indicador Calidad: 6 ISO. 12

Nº Placas: 3

Parte Insp. _____

POSICION DE PLACA	TIPO DE DEFECTO											RESULTADOS				
	FISURAS		INCLUSIONES			PENETRACION					OTROS	ACEPTADO	RECHAZADO	REPARACION PARCIAL	UBICACION DEL DEFECTO	
	Transversales	Longitudinales	Porosidad Aislada	Porosidad Agrup.	De Escoria	De Escoria Lineal	Craters	Convavidad	Falta de Penetración	Falta de Fusión	Socavación					Desnivel del Tubo - HL
<u>BS-08P-1</u>					✓								✓			
<u>D16-M2</u>													✓			
<u>BS-08P-1R</u>													✓			

(Handwritten signature)



POR CONTROL SERVICE S.A.

AUTORIZADO POR:

REPORTE DE INSPECCION ULTRASONICA

REPORTE DE INSPECCIÓN POR TÉCNICA NO DESTRUCTIVA

A SOLDADURA DE FABRICACIÓN DE 02 ESTRUCTURAS

PUENTE RETICULADO SANTO CRISTO

METAL CALLAO S.A.

NOVIEMBRE - 1997

REPORTE DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO

FECHA DE LA INSPECCIÓN 04 de Noviembre de 1997

SOLICITADO POR METAL CALLAO S.A.

LUGAR DE LA INSPECCIÓN Taller de Metal Callao S.A.
Av. Los Ferroles - Callao.

ASUNTO Realización de prueba no destructiva por muestreo mediante la técnica de Ultrasonido a soldadura de unión de un solo lado - junta de esquina - con ranura de un solo bisel, de diagonales perteneciente a 02 estructuras de un puente reticulado.

MATERIAL Acero Estructural

OBJETIVO Descartar o detectar defectos internos en soldadura de unión tipo esquina con ranura de un solo bisel de partes diagonales cuadrangulares de puente reticulado, para efectuar las reparaciones necesarias antes de su montaje.

LIZADO POR CONTROL SERVICE S.A.
Ing. Rodolfo Gonzales M.

DIGO APLICADO American Welding Society - AWS
AWS D1.1 / D1.5 1996
Plano de diseño de fabricación.

RESULTADOS : TABLA RESUMEN

Código Estructura	Código Diagonal	Espesor Plancha (mm)	Penetración Diseño (mm)	Penetración Máxima Presentada (mm)
DM	D-02-M	20	8	9.0
	D-04-M	8	8	8.0
	D-06-M	8	8	8.0
	D-08-M	8	8	8.5
	D-10-M	15	8	8.5
	D-12-M	25	8	8.5
	D-14-M	25	8	9.0
DP	D-01-P	25	8	8.5
	D-03-P	25	8	9.0
	D-05-P	20	8	8.0
	D-07-P	8	8	6.0
	D-09-P	8	8	6.5
	D-11-P	8	8	7.0
	D-13-P	20	8	8.0

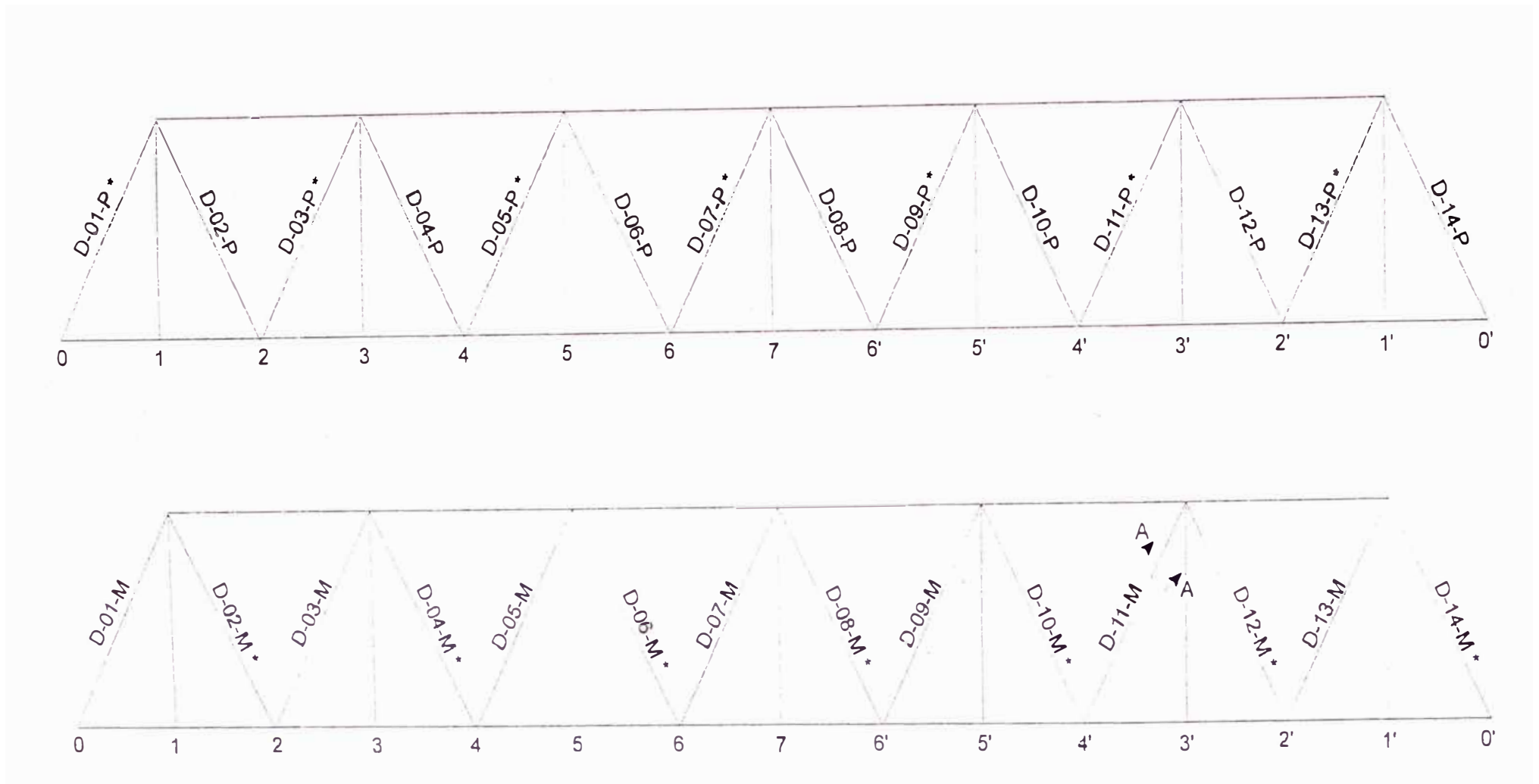
* Los códigos de las diagonales estuvieron marcados en sitio con letras estampadas.

VI.- Observaciones.-

- Se aplico la técnica de haz normal para determinar la continuidad de la soldadura de unión en esquina de planchas y descartar la existencia de defectos internos tipo falta de penetración.

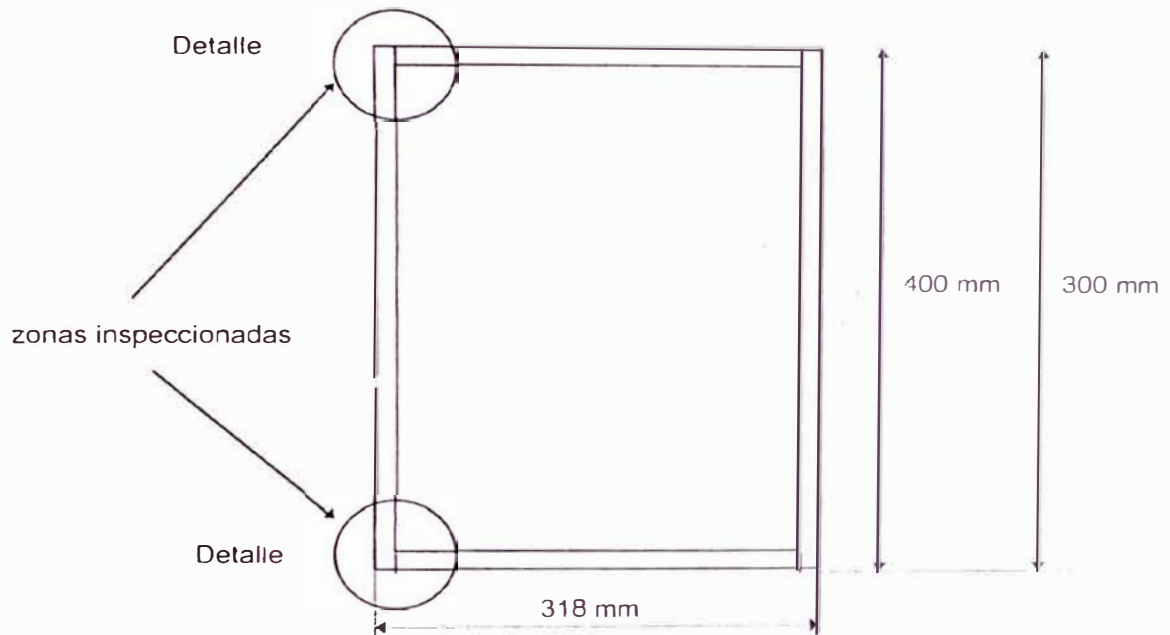


PUENTE RETICULADO STO. CRISTO



* Diagonales inspeccionadas.

CORTE A-A



Detalle

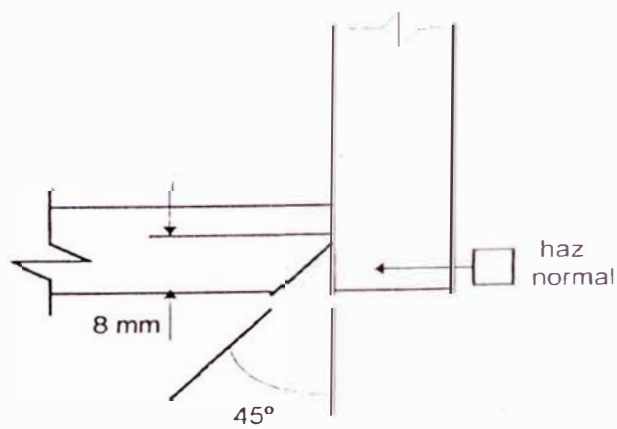


Gráfico N° 1

Control Service S.A.

JR. CARACAS 2402 OF. 201
JESUS MARIA
LIMA 11
TELEFONO : 261-5020
TELEFAX : 463-7167

El presente informe consta deseis.....
hojas selladas, firmadas y correlativamente numeradas
del 1 al06.....

Lima, 07 de Noviembre de 1997



Ing. Rodolfo Gonzales M.
Gerente Técnico.

D.- Lista de paquetes

COMPONENTES DE LA BRIDA SUPERIOR

Mostrados		Opuestos		Cantidad Miembros	Peso (Kg)		Observaciones
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
BS - 01M	01	BS - 01P	01	2	2,751.5	5,503.0	
BS - 02M	01	BS - 02P	01	2	2,361.7	4,723.3	
BS - 03M	01	BS - 03P	01	2	2,412.2	4,824.3	
BS - 04M	01	BS - 04P	01	2	2,539.5	5,079.0	
BS - 05M	01	BS - 05P	01	2	2,807.8	5,615.6	
BS - 06M	01	BS - 06P	01	2	2,675.1	5,350.3	
BS - 07M	01	BS - 07P	01	2	2,807.8	5,615.6	
BS - 08M	01	BS - 08P	01	2	2,539.5	5,079.0	
BS - 09M	01	BS - 09P	01	2	2,412.2	4,824.3	
BS - 10M	01	BS - 10P	01	2	2,361.7	4,723.3	
BS - 11M	01	BS - 11P	01	2	2,751.5	5,503.0	
Suma				22		56,840.9	

PLANCHAS DE EMPALME DE LA BRIDA SUPERIOR

Mostrados		Opuestos		Cantidad Uniones	Peso (Kg)		Observaciones
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
TIPO "C"	02	TIPO "C"	02	4	272.0	1,088.0	
TIPO "F"	04	TIPO "F"	04	8	249.9	1,999.6	
TIPO "G"	04	TIPO "G"	04	8	292.5	2,340.4	
Suma						5,428.0	

COMPONENTES DE LA BRIDA INFERIOR

Mostrados		Opuestos		Cantidad Miembros	Peso (Kg)		Observaciones
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
BI - 01M	01	BI - 01P	01	2	1,314.8	2,629.6	
BI - 02M	01	BI - 02P	01	2	1,394.7	2,789.4	
BI - 03M	01	BI - 03P	01	2	1,243.4	2,486.9	
BI - 04M	01	BI - 04P	01	2	1,652.9	3,305.8	
BI - 05M	01	BI - 05P	01	2	1,789.8	3,579.6	
BI - 06M	01	BI - 06P	01	2	1,881.3	3,762.7	
BI - 07M	01	BI - 07P	01	2	2,119.5	4,239.0	
BI - 08M	01	BI - 08P	01	2	1,881.3	3,762.7	
BI - 09M	01	BI - 09P	01	2	1,789.8	3,579.6	
BI - 10M	01	BI - 10P	01	2	1,652.9	3,305.8	
BI - 11M	01	BI - 11P	01	2	1,243.4	2,486.9	
BI - 12M	01	BI - 12P	01	2	1,394.7	2,789.4	
BI - 13M	01	BI - 13P	01	2	1,314.8	2,629.6	
Suma				26		41,346.9	

PLANCHAS DE EMPALME DE LA BRIDA INFERIOR

Mostrados	Cantidad	Opuestos		Cantidad Uniones	Peso K		Observaciones
		Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
O "A"	02	TIPO "A"	02	4	159.2	636.9	
O "B"	02	TIPO "B"	02	4	135.4	541.7	
O "D"	02	TIPO "D"	02	4	186.9	747.6	
O "E"	04	TIPO "E"	04	8	201.7	1,614.0	
O "H"	02	TIPO "H"	02	4	235.5	941.8	
Suma						4,482.0	

CONECTORES - BRIDA INFERIOR

Mostrados		Opuestos		Cantidad	Peso (Kg)		Observaciones
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
Ejes 0, 0'	02	Ejes 0, 0'	02	4	204.5	818.0	
Ejes 1, 1'	02	Ejes 1, 1'	02	4	29.2	116.9	
Ejes 2, 2'	02	Ejes 2, 2'	02	4	56.0	224.1	
Ejes 3, 3'	02	Ejes 3, 3'	02	4	24.6	98.6	
Ejes 4, 4'	02	Ejes 4, 4'	02	4	45.9	183.6	
Ejes 5, 5'	02	Ejes 5, 5'	02	4	18.3	73.1	
Ejes 6, 6'	02	Ejes 6, 6'	02	4	45.9	183.6	
Eje 7	01	Eje 7	01	2	13.3	26.7	
Intermedios	14	Intermedios	14	28	23.2	649.4	
Suma						2,374.1	

DIAGONALES

Mostrados		Opuestos		Cantidad Miembros	Peso (Kg)		Observaciones
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad		Unitario	Total	
D-01M	01	D-01P	01	2	2,626.2	5,252.4	
D-02M	01	D-02P	01	2	1,354.0	2,708.0	
D-03M	01	D-03P	01	2	1,840.6	3,681.2	
D-04M	01	D-04P	01	2	1,062.1	2,124.1	
D-05M	01	D-05P	01	2	1,174.0	2,347.9	
D-06M	01	D-06P	01	2	624.1	1,248.2	
D-07M	01	D-07P	01	2	621.1	1,242.1	
D-08M	01	D-08P	01	2	621.1	1,242.1	
D-09M	01	D-09P	01	2	624.1	1,248.2	
D-10M	01	D-10P	01	2	1,174.0	2,347.9	
D-11M	01	D-11P	01	2	1,062.1	2,124.1	
D-12M	01	D-12P	01	2	1,840.6	3,681.2	
D-13M	01	D-13P	01	2	1,354.0	2,708.0	
D-14M	01	D-14P	01	2	2,626.2	5,252.4	
Suma						37,208.1	

MONTANTES

Mostrados		O uestos		Cantidad Miembros	Peso K		Observaciones
Descri ción	Cantidad	Descri ción	Cantidad		Unitario	Total	
M-01M	01	M-01P	01	2	375.5	751.0	
M-02M	01	M-02P	01	2	375.5	751.0	
M-03M	01	M-03P	01	2	375.5	751.0	
M-04M	01	M-04P	01	2	375.5	751.0	
M-05M	01	M-05P	01	2	375.5	751.0	
M-06M	01	M-06P	01	2	375.5	751.0	
M-07M	01	M-07P	01	2	375.5	751.0	
Suma						5,257.1	

VIGAS TRANSVERSALES				
Descripción	Cantidad	Peso (Kg)		Observaciones
		Unitario	Total	
VP-01A	01	1,536.62	1,536.6	
VP-01B	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01C	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01D	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01E	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01F	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01G	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01H	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01I	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01J	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01L	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01K	01	1,485.28	1,485.3	
VP-01M	01	1,536.62	1,536.6	
VP-03	04	223.04	892.2	
VP-04	02	1,696.45	3,392.9	
Suma			23,696.4	

VIGAS LONGITUDINALES				
Descripción	Cantidad	Peso (Kg)		Observaciones
		Unitario	Total	
VP-02	56	397.03	22,233.9	
Suma			22,233.9	

ARRIOSTRE SUPERIOR				
Descripción	Cantidad	Peso (Kg)		Observaciones
		Unitario	Total	
AS-01	02	899.83	1,799.7	
AS-02	05	210.93	1,054.7	
AS02-XX	01	4,041.75	4,041.8	
Suma			6,896.1	

E. Glosario

A

Abertura en la Raíz. La distancia entre las partes en la raíz de la junta.

Acanalado con Oxígeno. Corte con oxígeno en el que se forma un chaflán o una ranura.

Acción Correctiva. Acción emprendida para eliminar las causas existentes de una no conformidad, defecto u otra situación indeseable, con el fin de evitar que se presente de nuevo.

Acreditación. Procedimiento mediante el cual un organismo con autoridad reconoce que un organismo o persona tiene la capacidad necesaria para realizar ciertas tareas específicas.

Acuerdo de Protocolo. Convenio firmado entre dos organizaciones que operan en áreas diferentes, pero complementarias, de actividad, en el que se comprometen a tomar en cuenta los resultados de sus respectivas evaluaciones de acuerdo con las condiciones que se hayan especificado de antemano.

C

Calibrador de Soldadura. Dispositivo para verificar la forma y el tamaño de las soldaduras.

Cara de la Raíz. La porción no biselada de la cara de ranura de una junta.

Carga Permanente. Esta referida a la carga que siempre y en toda condición estará actuando sobre una superestructura, como su peso propio, las barandas, la capa de rodadura asfáltica.

Carga de Servicio. Es la carga que soporta una superestructura durante su vida útil por acción de elementos móviles como los vehículos.

Certificación. Procedimiento mediante el cual una tercera parte garantiza por escrito que un producto, proceso o servicio cumple con los requisitos especificados.

Certificado. Sistema de calidad de una compañía, instalación o planta que ha obtenido la certificación por su cumplimiento con la norma ISO 9000, después de haber demostrado dicho cumplimiento mediante un proceso de auditoría. Cuando se utiliza para indicar la certificación de un sistema de calidad, significa lo mismo que registro.

Contraflecha. Curvatura hacia arriba con el cual se fabrica o construye una superestructura con el objetivo de contrarrestar la deflexión hacia abajo que producirá la carga permanente total.

Control de Calidad. Técnicas y actividades operacionales que se emplean para cumplir los requisitos de la calidad.

Corte con Arco. Corte de metales por un arco establecido entre un electrodo y el metal mismo.

Corte con Oxígeno. Corte de metales que se efectúa dirigiendo una corriente de oxígeno sobre un metal caliente. La reacción química de oxígeno y el metal de base suministra el calor requerido para la fusión localizada, con lo cual se produce el corte.

Corte Oxiacetilénico. Corte con oxígeno en el que la temperatura de iniciación se alcanza con una llama oxiacetilénica

D

Discontinuidad. Una interrupción en la estructura física de un material, tal como una falta de homogeneidad en las características mecánicas, metalúrgicas o físicas. Una discontinuidad no necesariamente se trata de un defecto.

Dureza. Resistencia de un metal a la deformación plástica por indentación. Sin embargo, la palabra puede referirse también a la rigidez o al temple, o bien, a la resistencia al rayado, a la abrasión, o al corte. La dureza por indentación puede medirse por varias pruebas, tales como la de Brinell, la de Rockwell y la de Vickers.

E

Epóxico. Producto químico que generalmente consta de dos componentes, la resina y el catalizador, que curan por evaporación de los solventes y por reacción química.

Especificación. Documento que establece los requisitos que debe cumplir un producto o servicio.

Evaluación. Estimado o determinación de la trascendencia, importancia o valor de algo.

H

Haz. Energía radiante dirigida, como un haz de rayos X o un haz sónico, limitada normalmente en sección transversal por el mecanismo de generación o por aperturas de colimación.

Haz Ultrasónico. Haz de radiación acústica con frecuencia superior a las del intervalo de frecuencias audibles.

Inspección. Actividades tales como la medición, examen, prueba y calibración de una o más características de un producto o servicio y su comparación contra los requisitos especificados a fin de determinar su conformidad.

ISO. Organización Internacional para la Normalización. La ISO es una federación mundial de organismos nacionales de normas (92 hasta 1999). La ISO elabora las normas en todas las áreas, excepto en electricidad y electrónica. La ISO se formó en 1947.

M

Mils. Unidad de medida adoptada para medir películas cuyo espesor es relativamente delgado. Equivale a la milésima parte de una pulgada o a 25.4 micras.

P

Pines. Son elementos de fijación que se introducen en los agujeros de los empalmes del puente con un gran ajuste para evitar deslizamientos. Son de dos tipos : de centrado y de fijación; se fabrican por torneado con diámetros 0.2 ó 0.3 mm menores que el diámetro de los agujeros taladrados.

R

Recocido. Tratamiento térmico consistente en calentar una aleación a temperatura suficiente para asegurar su equilibrio físico-químico y estructural y después dejar que se enfríe lentamente.

S

Soldadura Semiautomática. Soldadura de arco con equipamiento que controla solamente la alimentación del metal de relleno. El avance de la soldadura es controlado manualmente.

T

Tablero Ortotrópico. Término perteneciente al ámbito de diseño de puentes de acero que utiliza una plancha de acero atiesada como un tablero. Normalmente dicho tablero es atiesado por las costillas longitudinales y las vigas transversales.

Templado. Tratamiento metalúrgico para inducir propiedades de endurecimiento a una aleación por enfriamiento rápido.

V

Verificación. Acto de revisar, inspeccionar, probar, verificar, auditar, o establecer y documentar artículos, procesos, servicios o documentos para cumplir con requisitos especificados.

F. Referencias

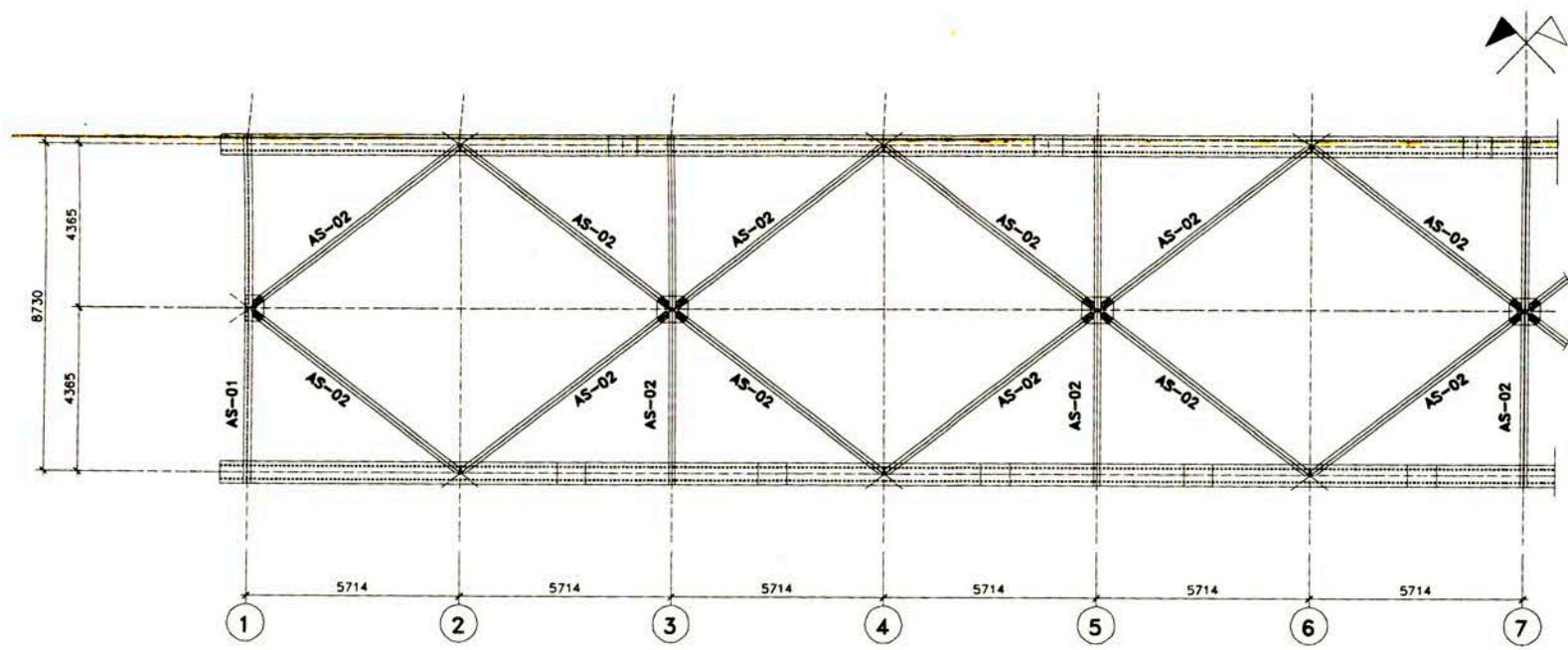
1. AASHTO, *STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES*, Sixteenth Edition, E.U.A., 1996.
2. AWS and AASHTO, *ANSI/AASHTO/AWS D1.5-96 Bridge Welding Code*, E.U.A., 1996.
3. AASHTO, *ANSI/AASHTO/AWS D1.5-88 Bridge Welding Code Commentary*, E.U.A., 1991.
4. AISC, *LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN*, Volumes I y II, Second Edition, E.U.A., 1995.
5. ASTM, *STANDARDS*, E.U.A., 1997.
6. CAPECO, *REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES*, Décima Sexta Edición, Lima, Perú, 1997.
7. FHWA, *BRIDGE CONSTRUCTION INSPECTION MANUAL*
8. Peach, Robert W., *MANUAL DE ISO 9000*, Tercera Edición, México D.F., 1999.

G. Planos Estructurales

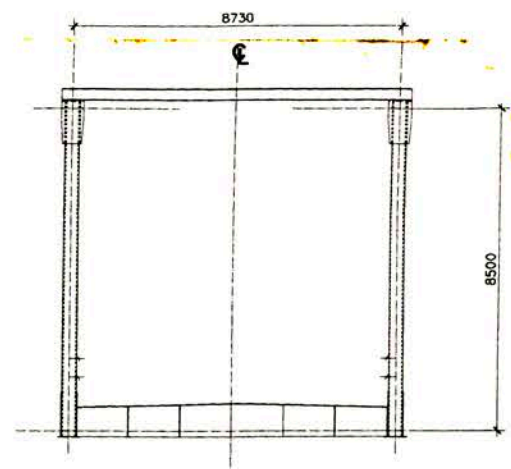
INDICE

DESCRIPCIÓN	LAMINA
Geometría	E - 01
Secciones de Miembros Detalles de Soldadura y Drenaje	E - 02
Armadura Reticulada, Tramo 0 - 3	E - 03
Armadura Reticulada, Tramo 3 – 6	E - 04
Armadura Reticulada, Tramo 6 - 7	E - 05
Conexiones Empernadas, Ejes: 0 y 1	E - 06
Conexiones Empernadas, Ejes: 2 y 3	E - 07
Conexiones Empernadas, Ejes: 4 y 5	E - 08
Conexiones Empernadas, Ejes: 6 y 7	E - 09
Arriostramiento Superior	E - 10
Vigas Transversales y Longitudinales, Juntas de Dilatación Metálicas	E - 11
Detalles de Aparatos de Apoyo	E - 12

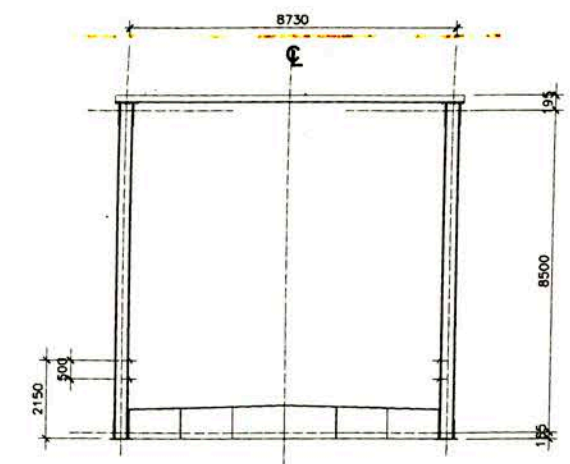
H. Planos de Fabricación



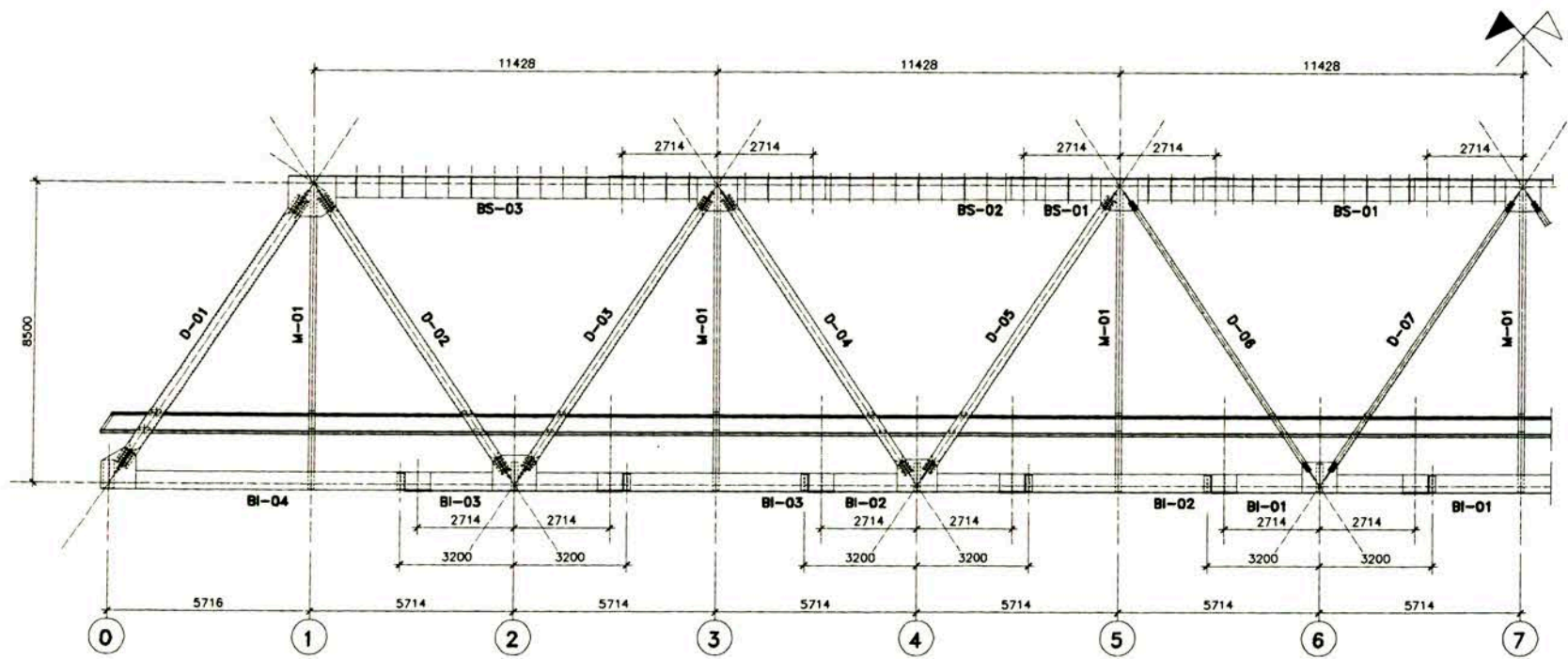
ARRIOSTRIAMIENTO SUPERIOR
1:200



ELEVACION FRONTAL
1:200



SECCION TRANSVERSAL TIPICA
1:200



ELEVACION ARMADURA RETICULADA
1:200

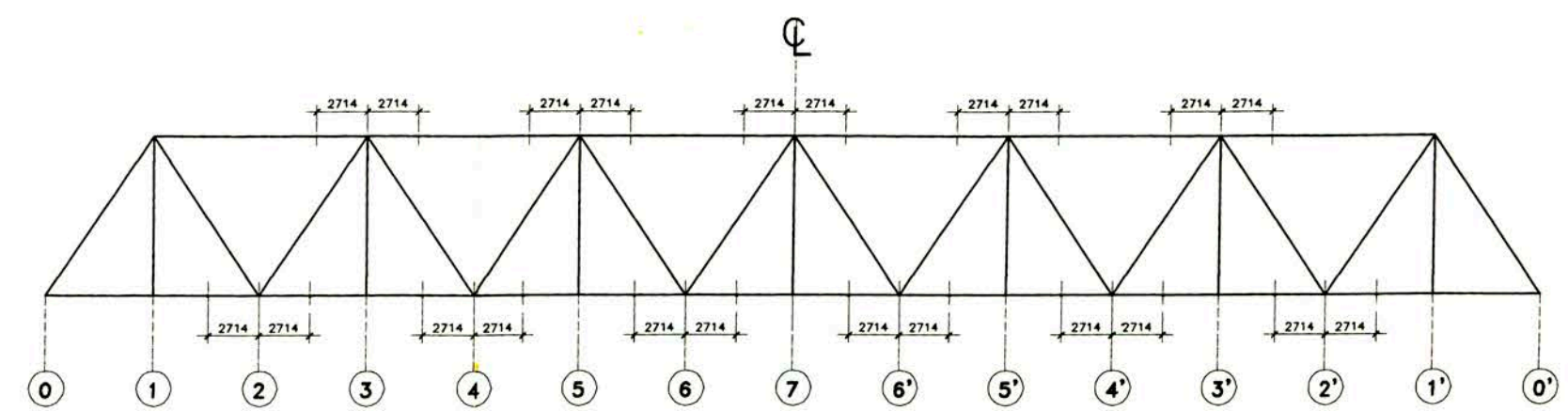
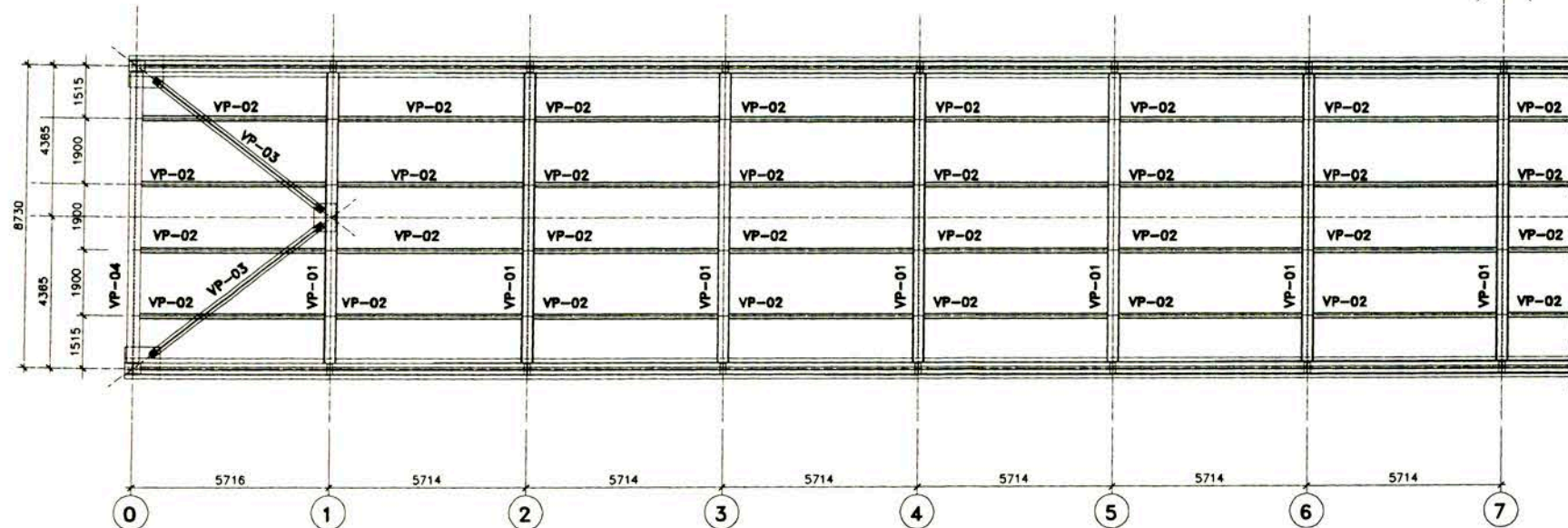


DIAGRAMA DE MONTAJE
1:400



VIGAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y ARRIOSTRE INFERIOR
1:200

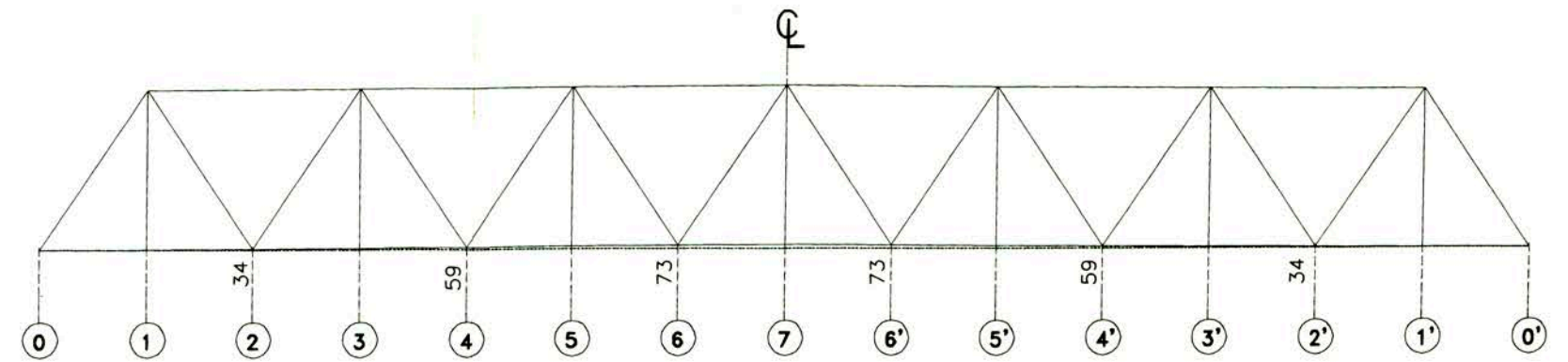
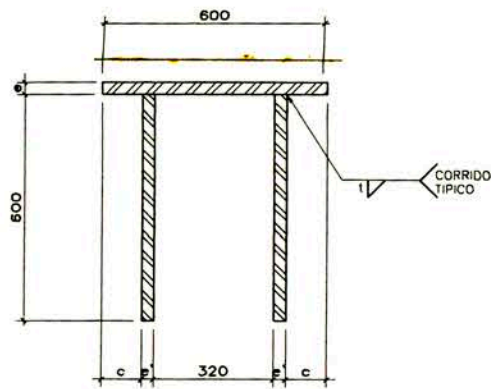


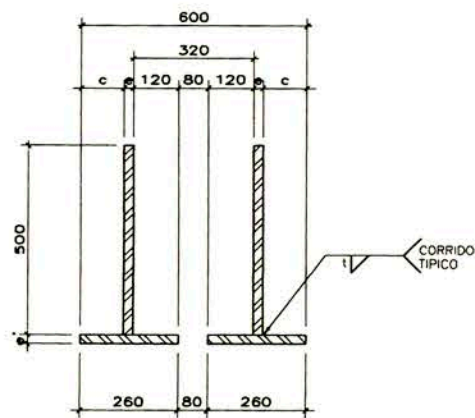
DIAGRAMA DE CONTRAFLECHA (mm)
1:400

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TOMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DOC:	JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR:	DR. ALBERTO ZAMALA TOLEDO
PLANO DE:	Geometria		LABORAL
DIR:	J.A.M.C.	ESC:	INDICADA
FECHA:	5/1/2009	PROY:	MDG
			E-01



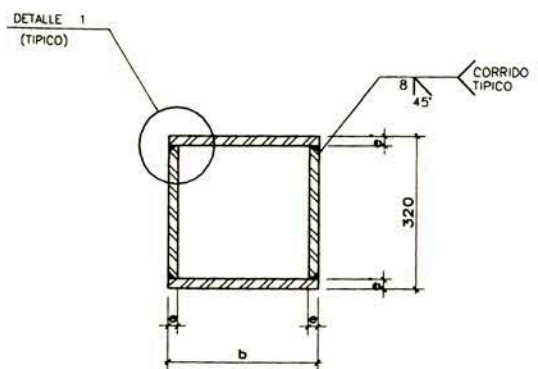
BRIDA SUPERIOR
1:20

BRIDA SUPERIOR				
ELEMENTO	e	c	t	e'
BS-01	32	108	8	32
BS-02	32	115	8	25
BS-03	20	120	8	16



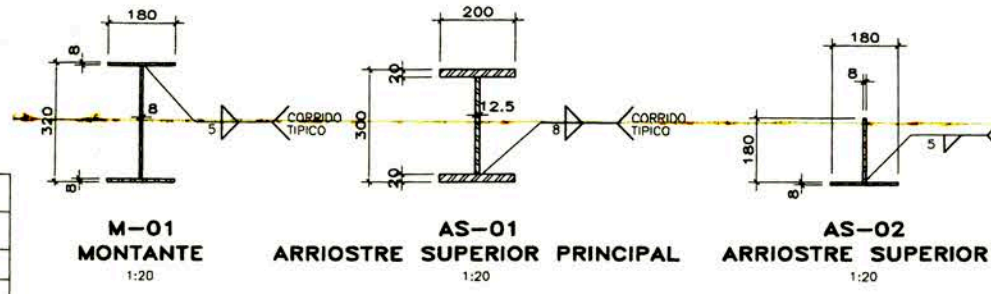
BRIDA INFERIOR
1:20

BRIDA INFERIOR				
ELEMENTO	e	c	t	e'
BI-01	32	108	8	25
BI-02	25	115	8	25
BI-03	16	124	6	20
BI-04	9.5	130.5	5	9.5



DIAGONAL
1:20

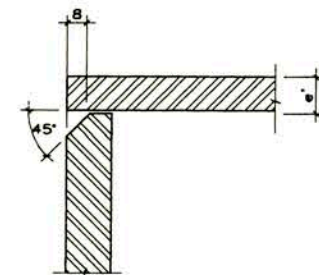
DIAGONALES			
ELEMENTO	e'	e	b
D-01	25	25	400
D-02	12.5	16	300
D-03	20	20	300
D-04	9.5	12.5	300
D-05	12.5	12.5	300
D-06	8	8	150
D-07	8	8	180



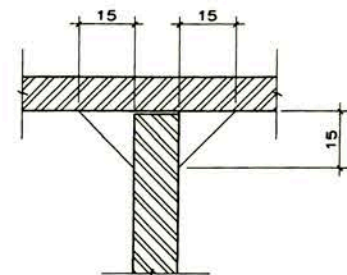
M-01
MONTANTE
1:20

AS-01
ARRIOSTRE SUPERIOR PRINCIPAL
1:20

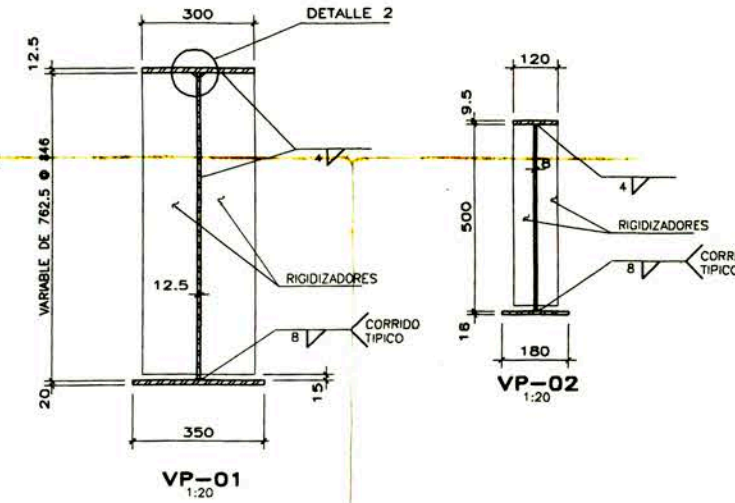
AS-02
ARRIOSTRE SUPERIOR
1:20



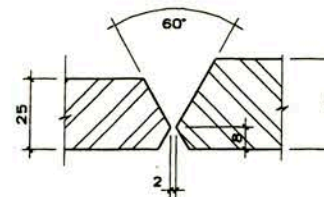
DETALLE 1
1:1.5



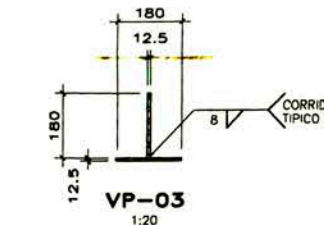
DETALLE 2
1:1.5



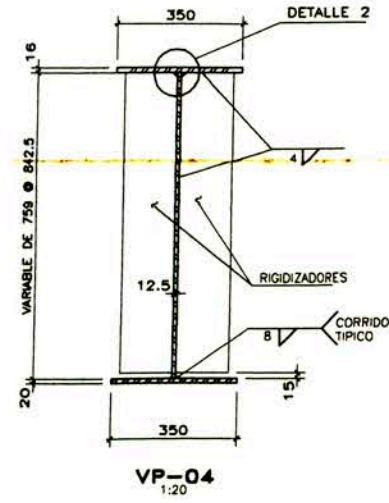
VP-01
1:20



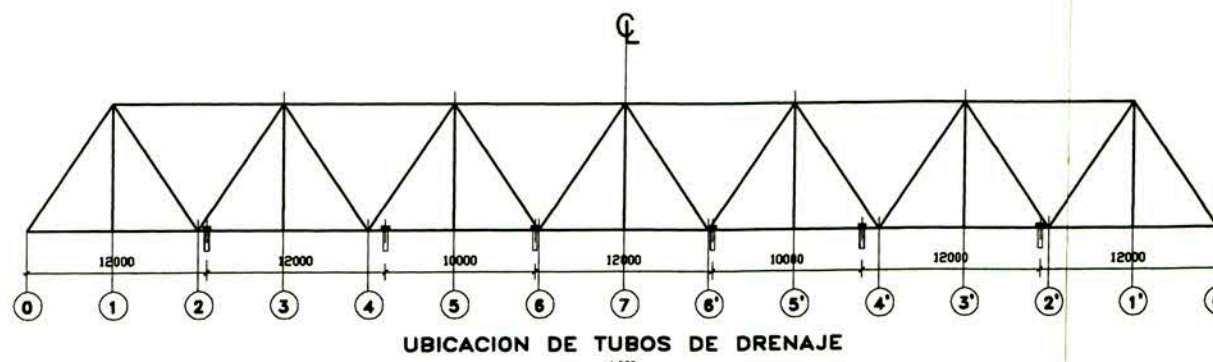
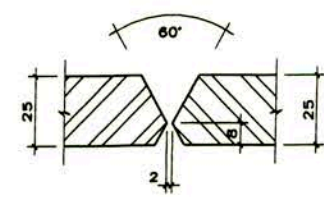
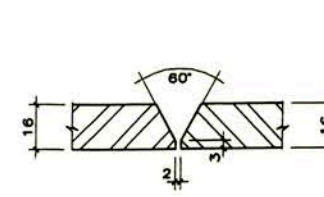
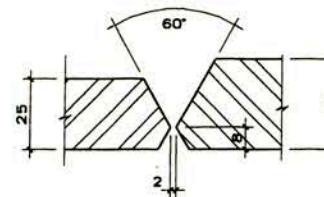
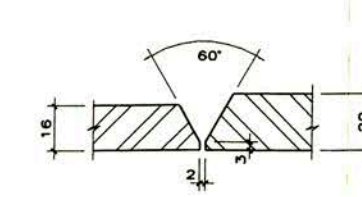
DETALLE DE SOLDADURAS DE JUNTAS A TOPE



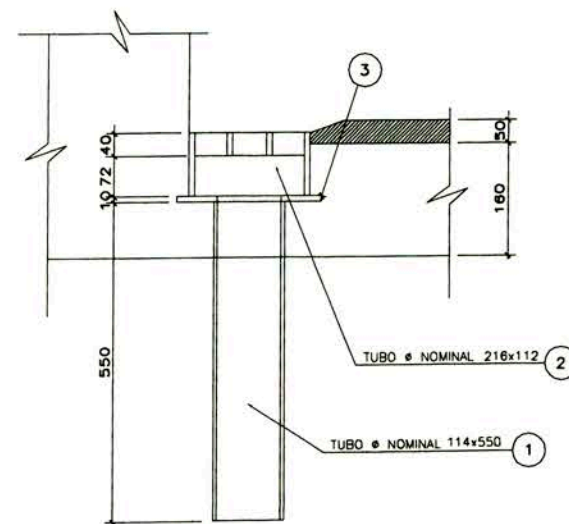
VP-03
1:20



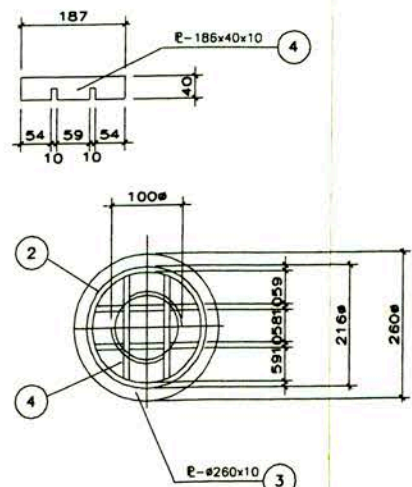
VP-04
1:20



UBICACION DE TUBOS DE DRENAJE
1:500



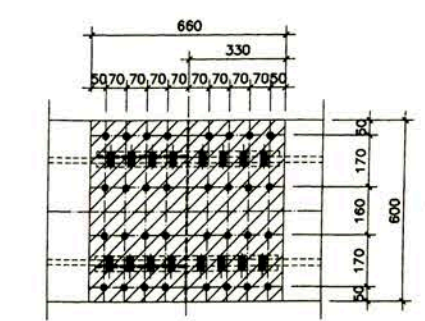
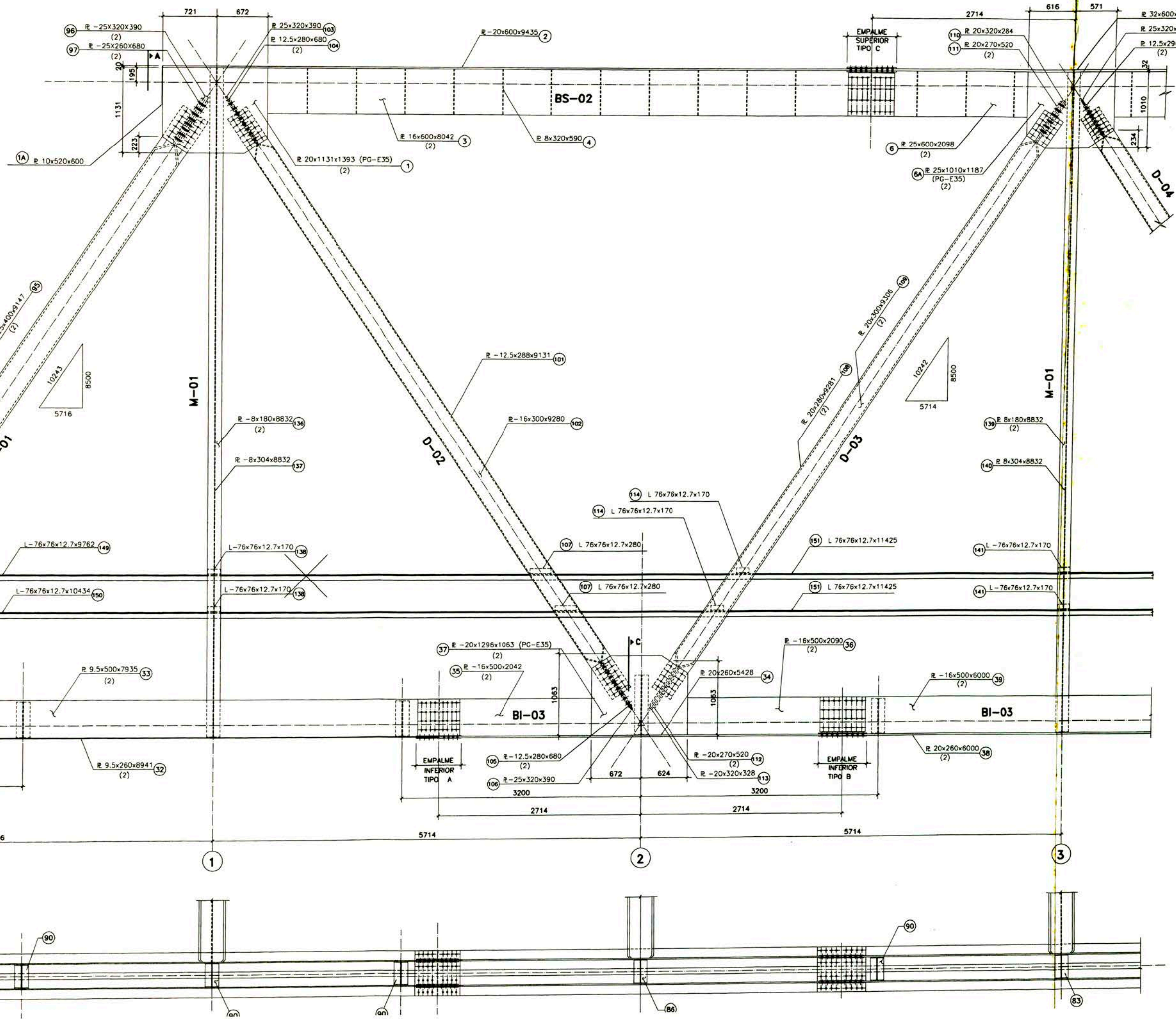
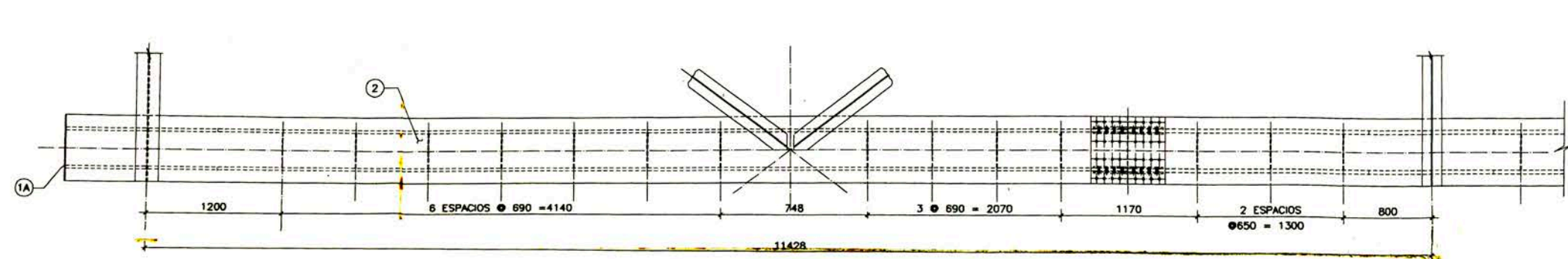
TUBO DE DRENAJE



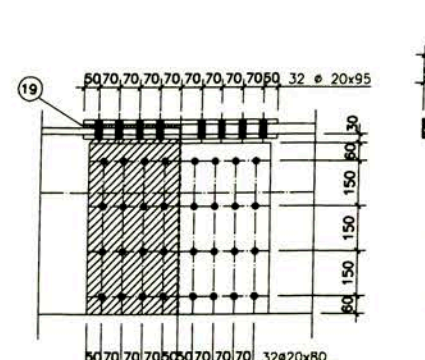
REJILLA DE DRENAJE

ESPECIFICACIONES TECNICAS		
1.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO: REGLAMENTO ASHTO-92		
2.- CARGA DE DISEÑO: C-30 (REGLAMENTO FRANCES)		
3.- SE UTILIZARA ACERO ESTRUCTURAL CALIDAD EC-E24 (fy=2400 kg/cm2) Y EC-35 (fy=3500 kg/cm2) DONDE SEAN INDICADOS EN LOS PLANOS.		
4.- ELECTRODOS DE SOLDADURA (AWS): E-8010, E-8011, E-7018 O SIMILARES.		
5.- LAS SUPERFICIES DE CONTACTO ENTRE LAS PLANCHAS DE ACERO EN LAS UNIONES CON PERNOS DE ALTA RESISTENCIA, SERAN LIBRES DE PINTURA, MATERIA EXTRAÑA, ACEITES, Y ESTAR SECOS.		
6.- TODAS LAS UNIONES DE MONTAJE SERAN CON PERNOS DE ALTA RESISTENCIA ASTM A-325		
# PERNO (mm)	# AGUJERO (mm)	MOMENTO TORSOR APRIETE PERNOS (Kg-m)
27	29	155
24	26	110
20	22	65
16	18	33
NOMENCLATURA DE PERNOS		

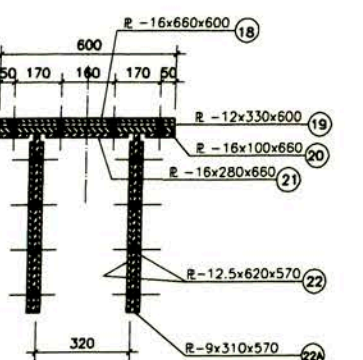
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TOMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DIR: JUAN ANIBAL BARRERA CHARRUA	ASISTENTE: DR. ALBERTO ZAMLA TOLEDO	PROYECTO: C-30	LAMINA: 01
PLANO DE: Secciones de Miembros Detalles de Soldadura y Drenaje			E-02
DR. J.A.H.C.	ENCL INDICADA	FECHA: SET. 2000	REVISOR



PLANTA



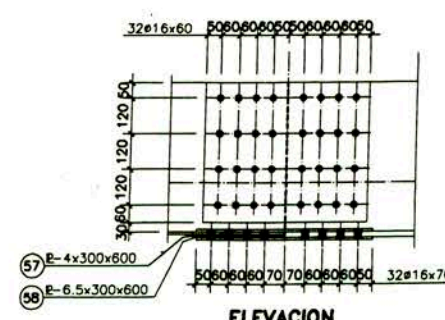
ELEVACION



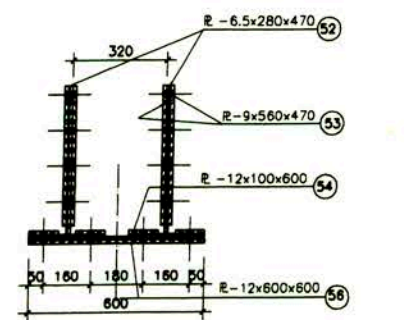
SECCION

EMPALME TIPO C, BRIDA SUPERIOR

1:25



ELEVACION

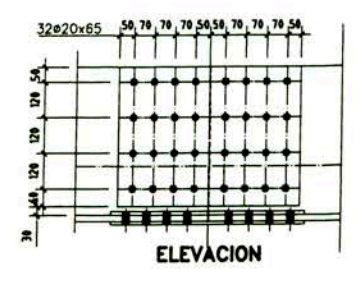


SECCION

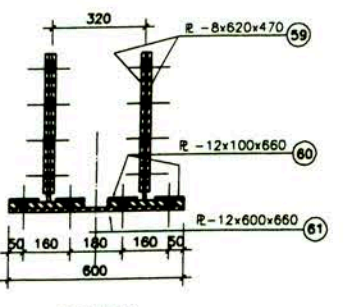
PLANTA

EMPALME TIPO A, BRIDA INFERIOR

1:25



ELEVACION



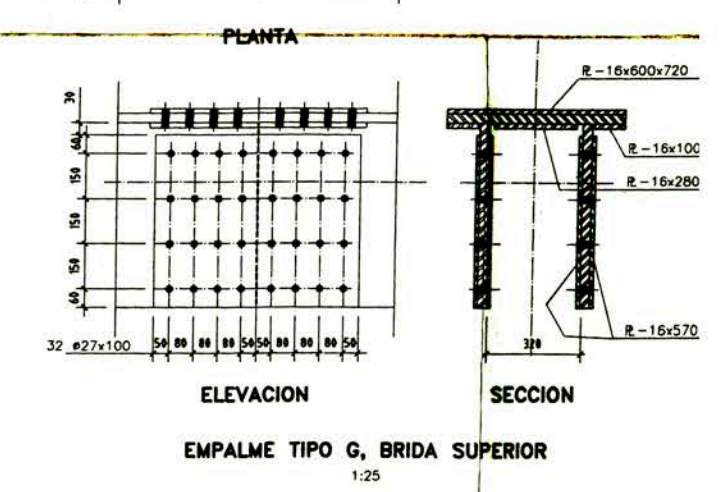
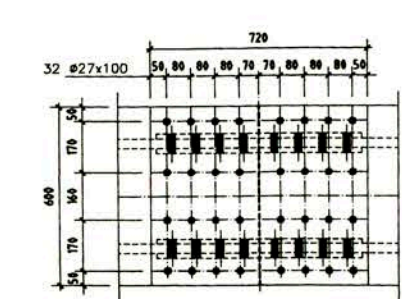
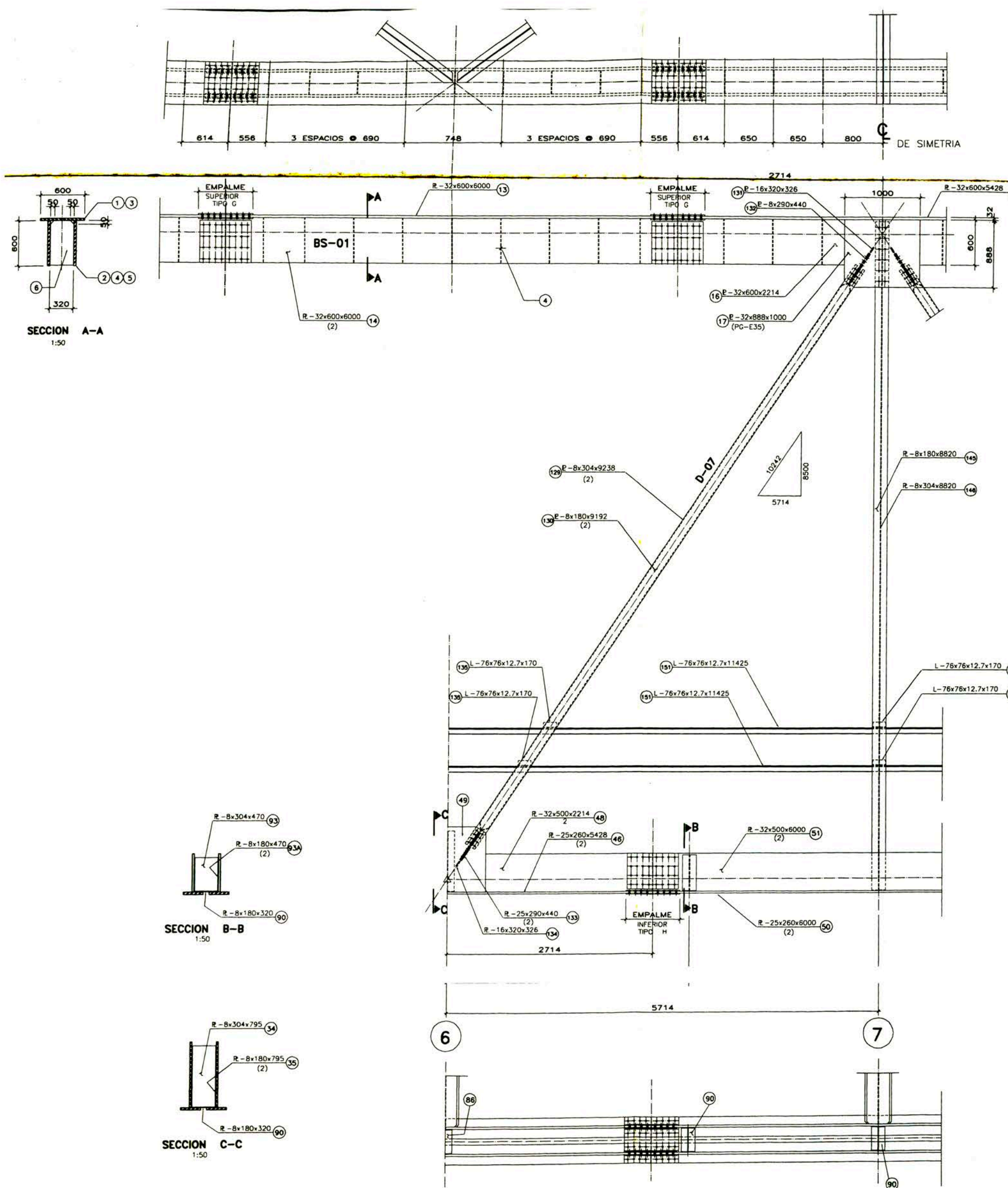
SECCION

PLANTA

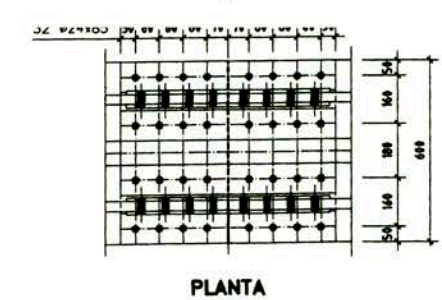
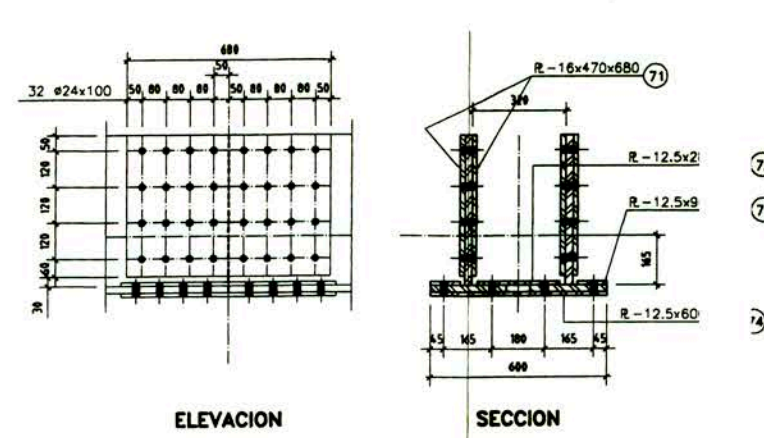
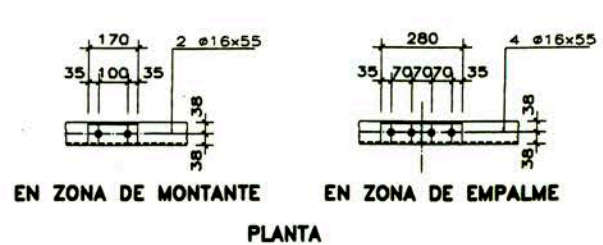
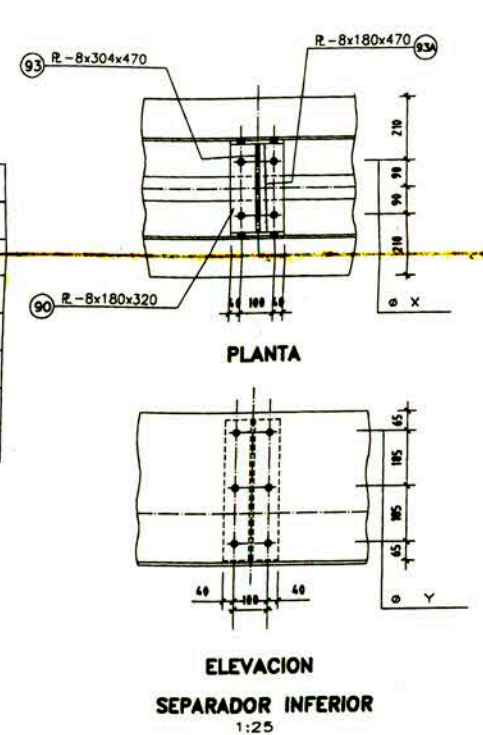
EMPALME TIPO B, BRIDA INFERIOR

1:25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DISEÑADOR: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAMALA TOLEDO	
PLANO DE:	ARMADURA RETICULADA, TRAMO 1-3	GRUPO DE: C-30	LAPSO: I
			E-03



ENTRE EJES	X	Y
0-1	16x45	16x45
1-2	16x46	16x46
2-3	16x55	16x50
3-4	16x55	16x50
4-5	16x60	16x60
5-6	16x60	16x60
6-7	16x60	16x65

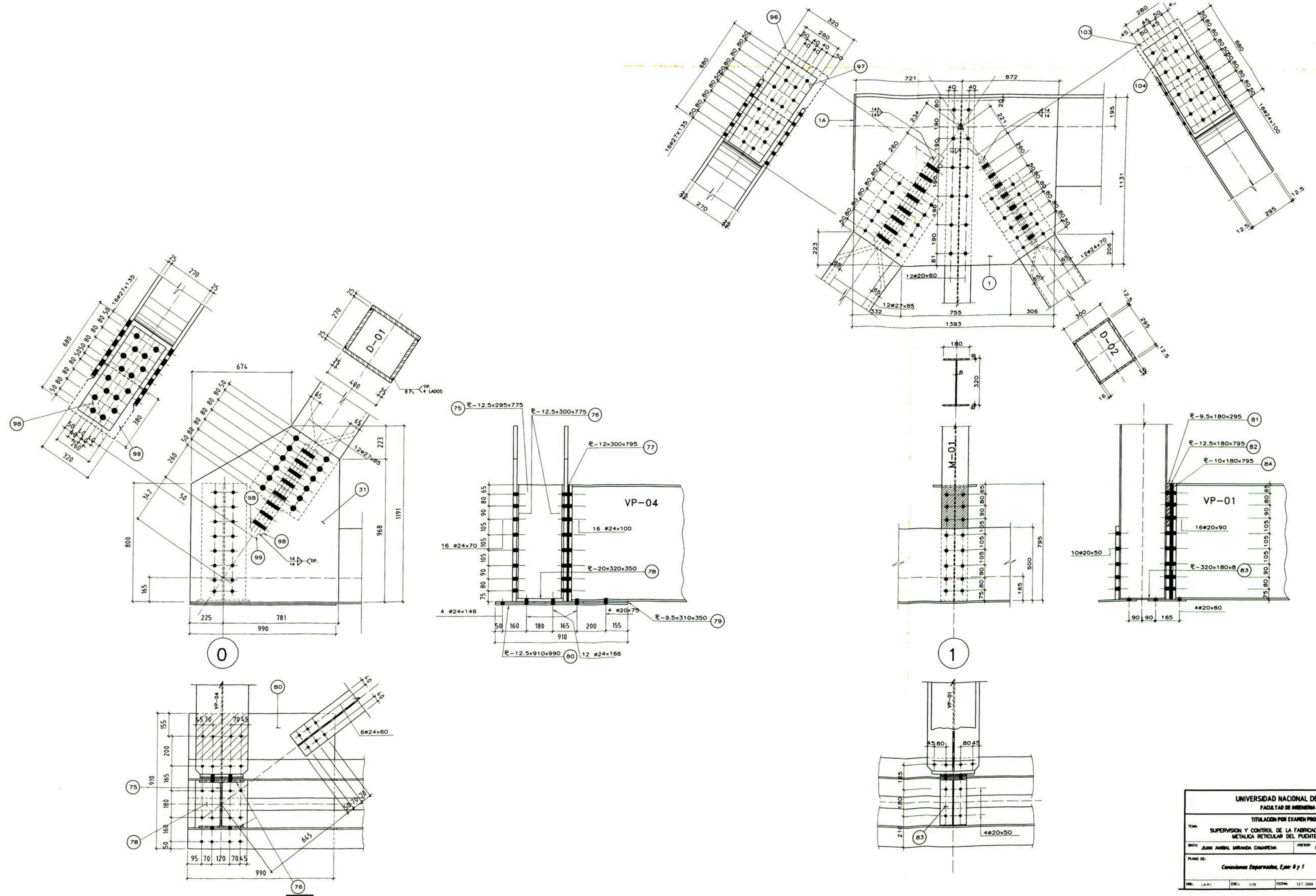


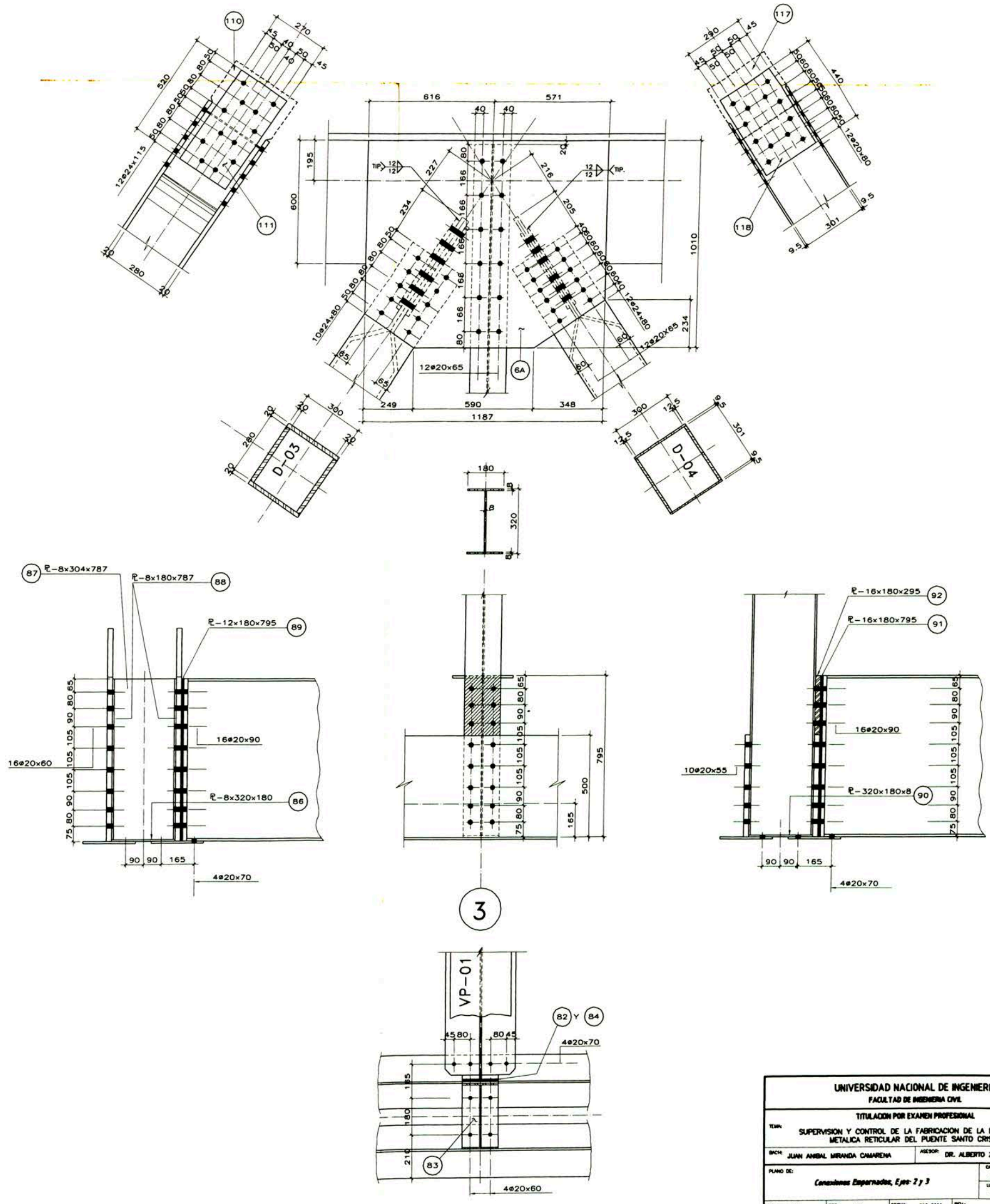
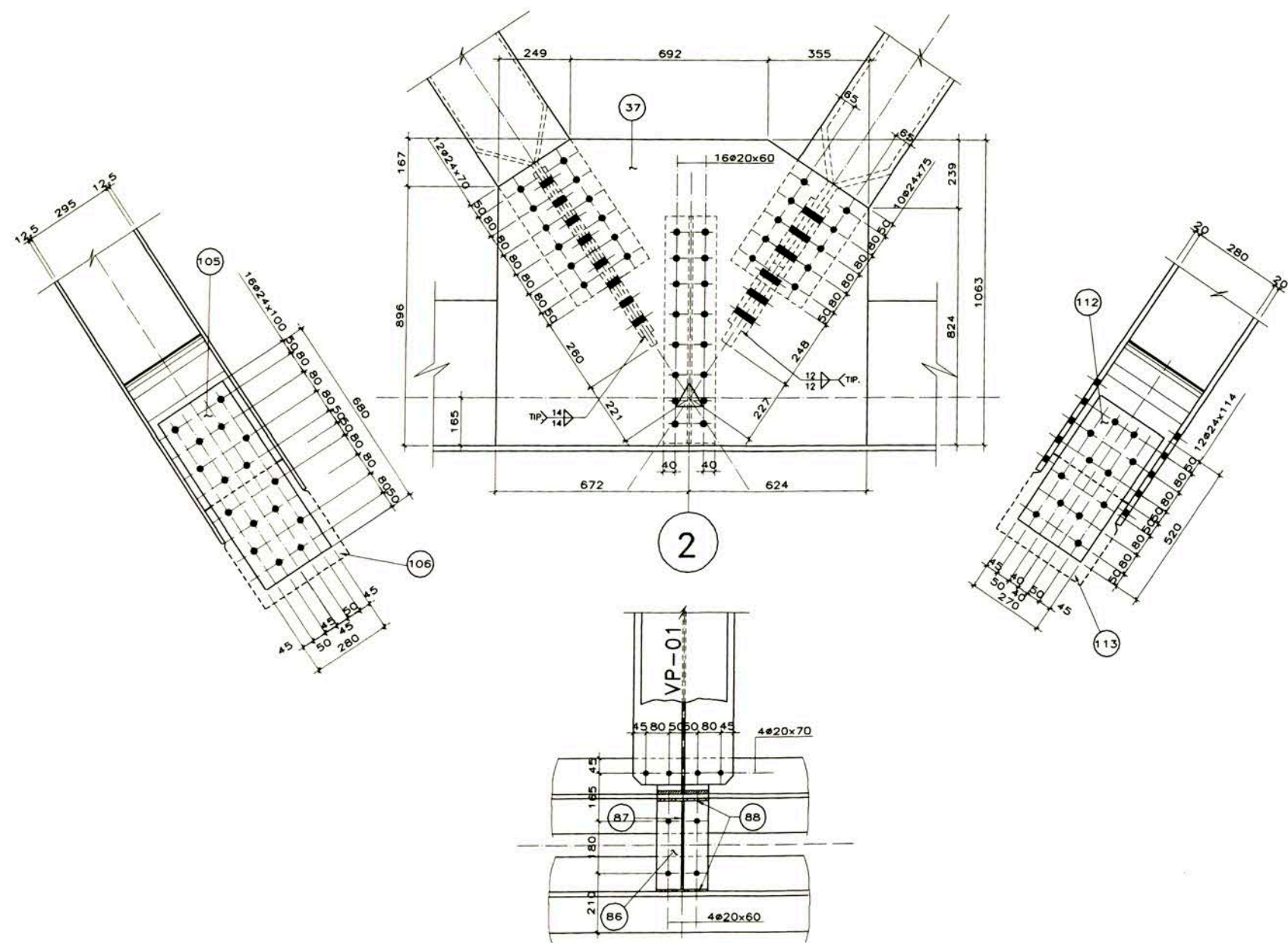
PLANTA
EMPALME TIPO H, BRIDA INFERIOR
1:25



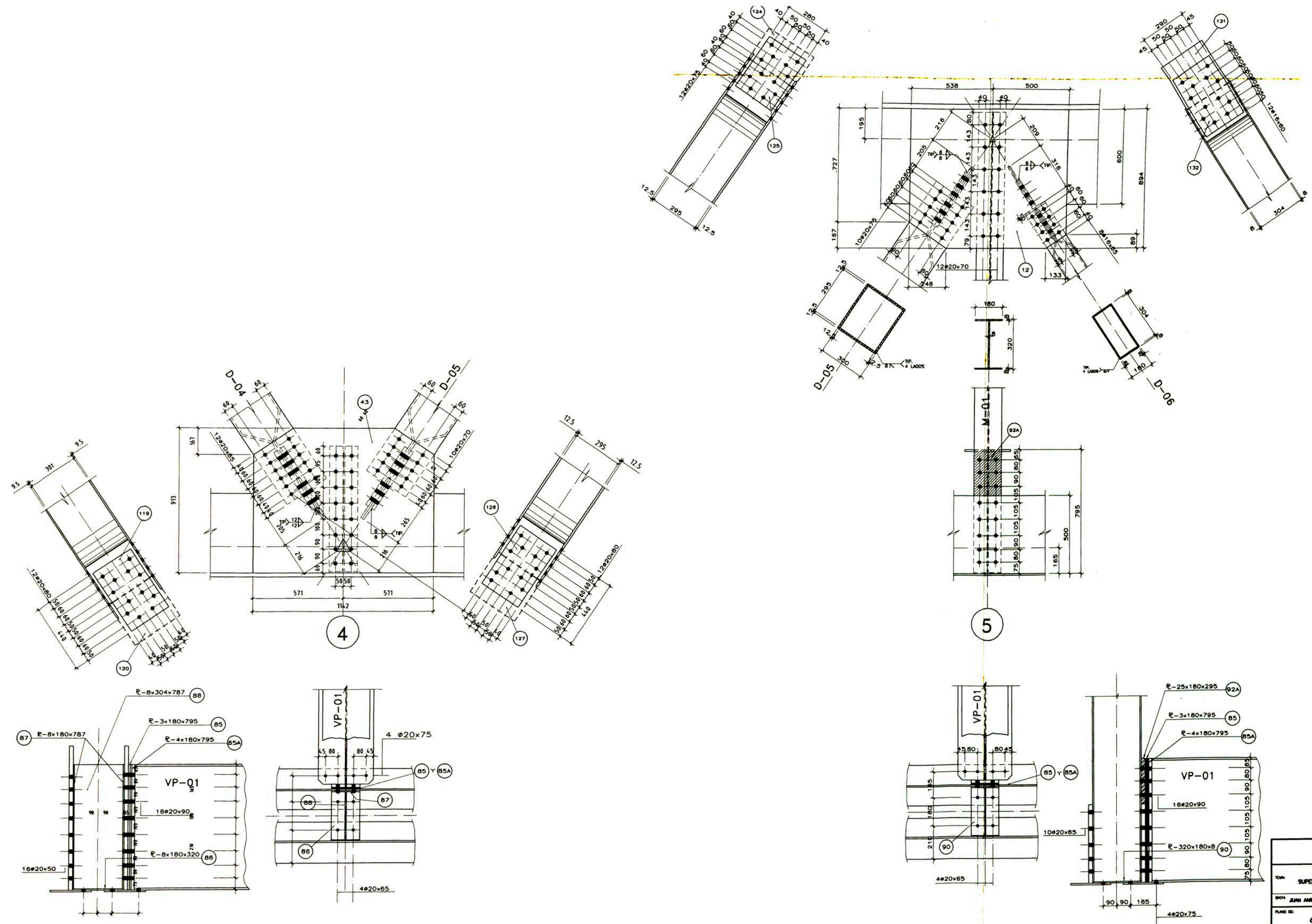
SECCION
FIJACION TIPICA DE BARANDAS
1:25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BOCH: JUAN ANIBAL MIRANDA OMAHEA	ASISTOR: DR. ALBERTO ZAPALA TOLEDO	ORDEN N°: C-30	LAMINA: E-05
PLANO DE: Armadura Retificada, Tramo 6-7		US: 0000	NO. 11
DEL: J.A.M.C.	ESC: 1/20	FECHA: SET 2000	REVIS: 1

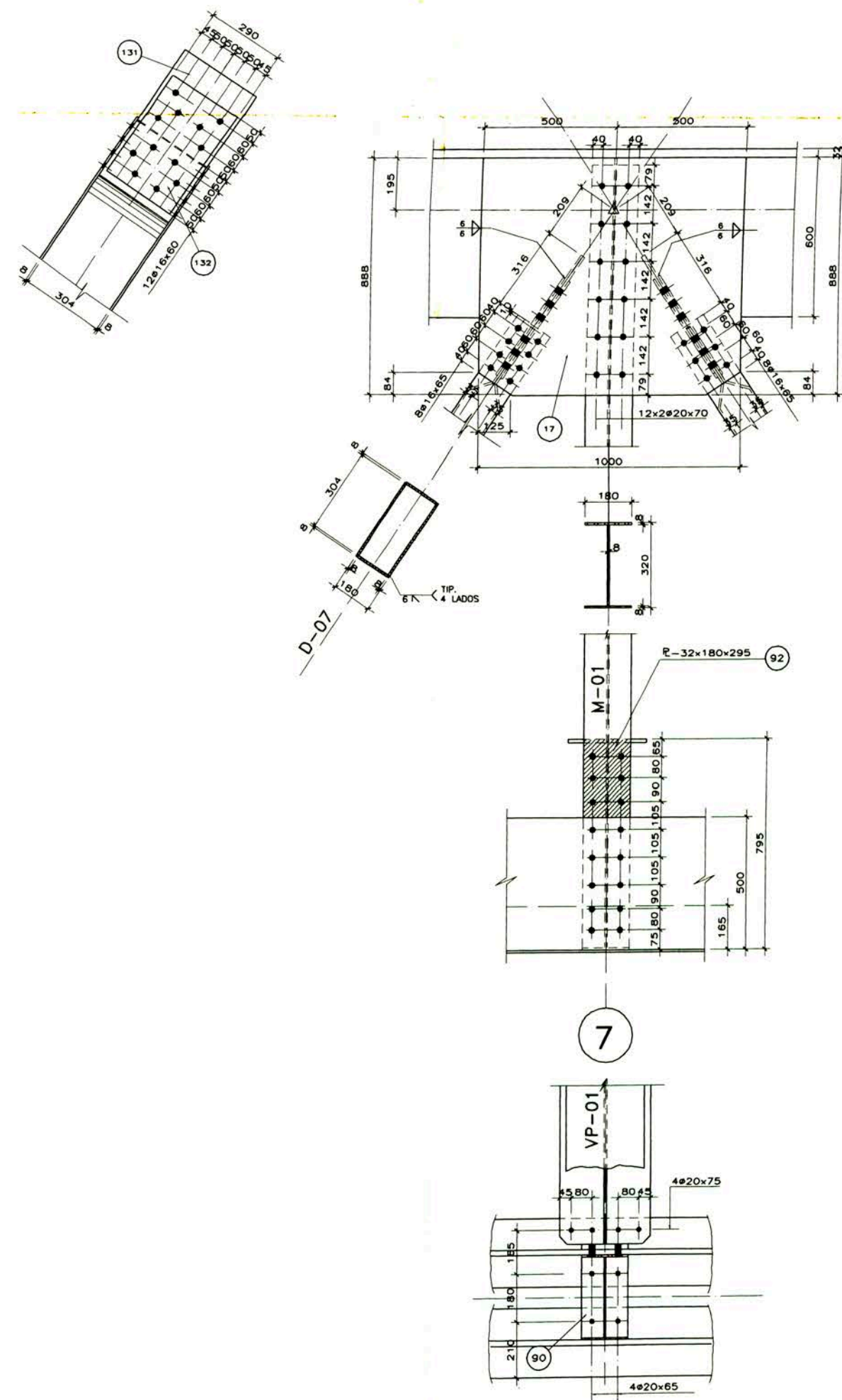
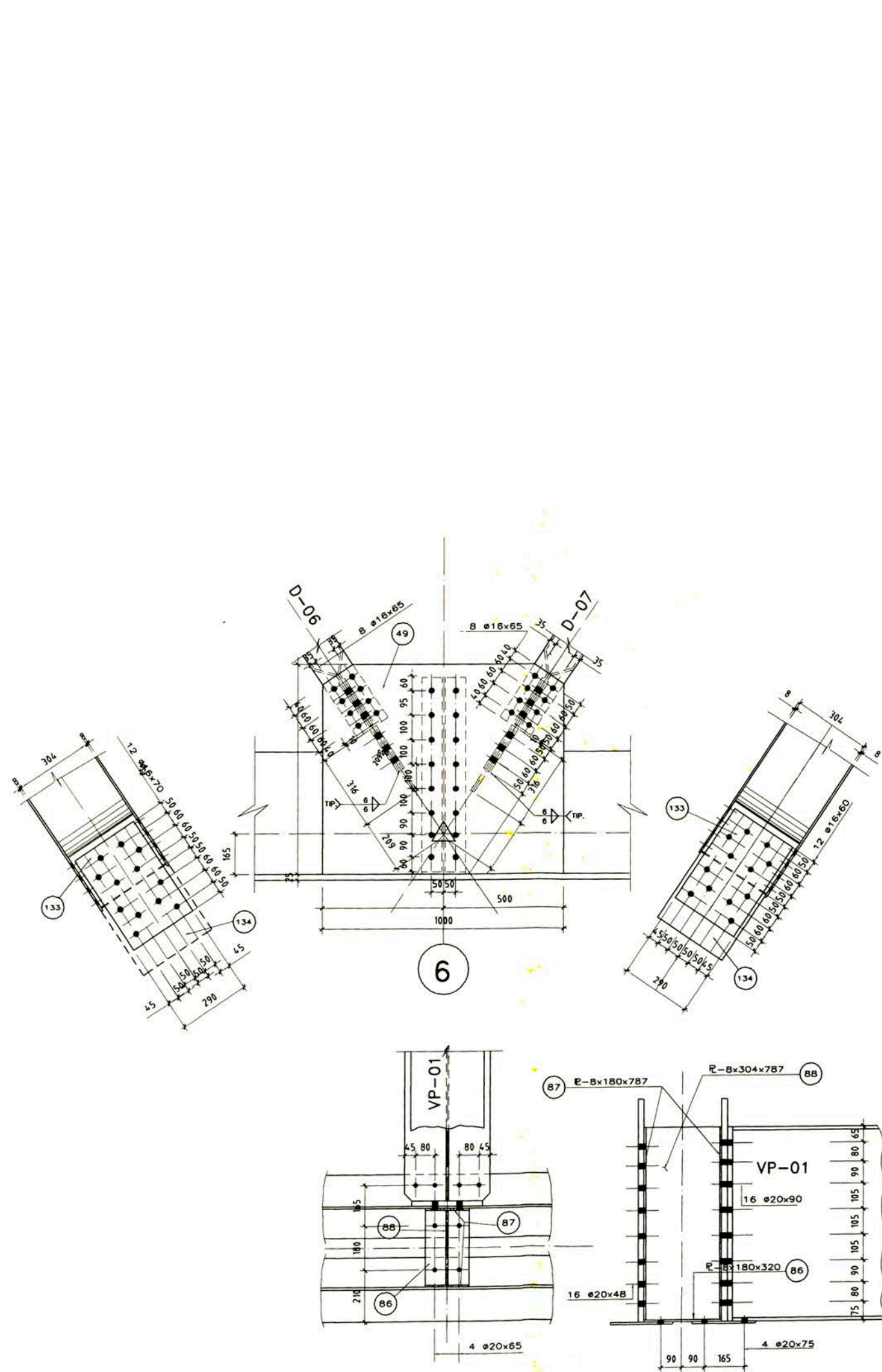




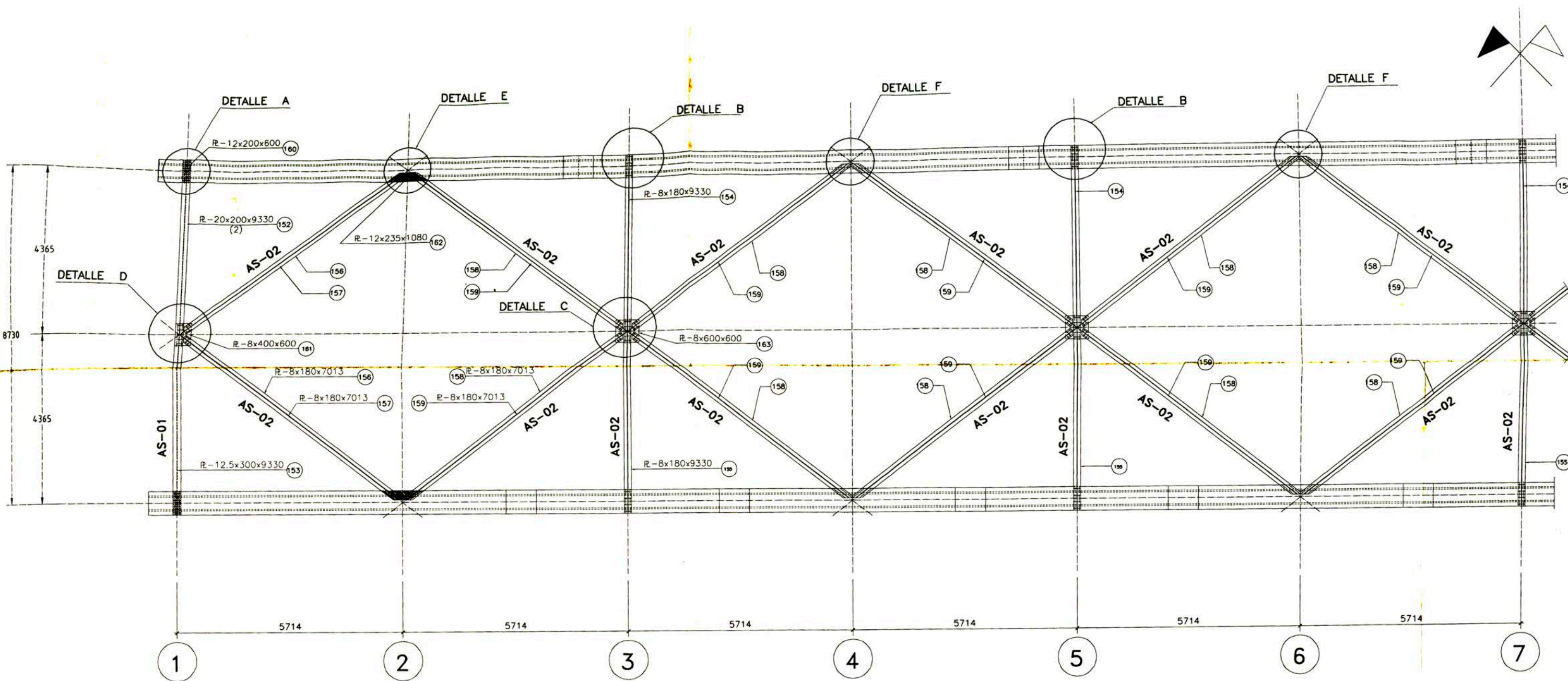
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DISEÑADO: JUAN AMBAL MIRANDA CAMARENA		REVISADO: DR. ALBERTO ZAMLA TOLEDO	
PLANO DE: Conexiones Esparnadas, Eje 2 y 3		LÁMINA: E-07	
ELABORADO: C-30	FECHA: 1/78	ESCALA: 1/20	REVISADO: 5/11/2006



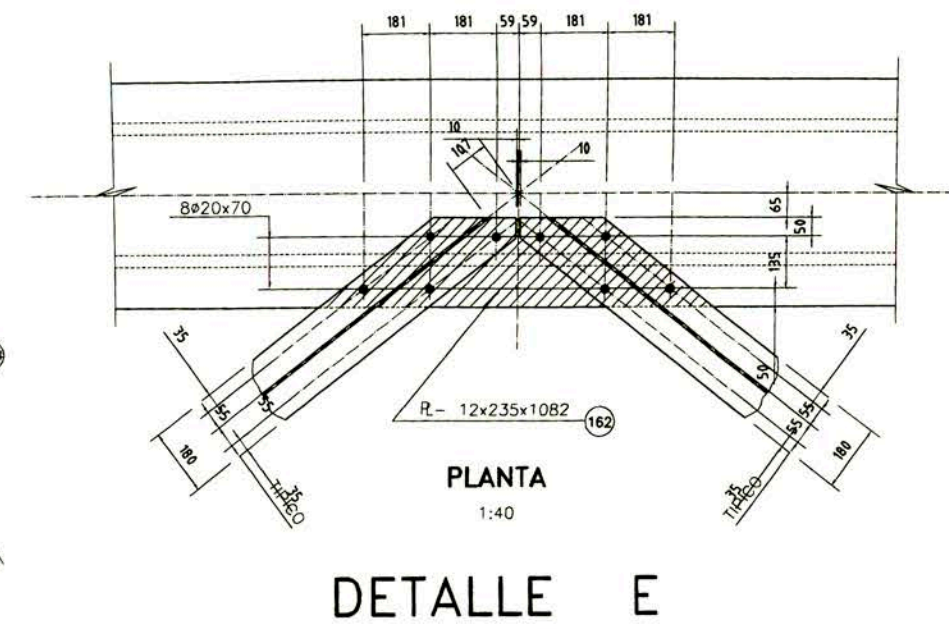
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DOCENTE: JUAN ANIBAL MIRANDA CHARRERA	ALUMNO: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO		
PUNTO DE: <i>Construcción Especificada, Ejes 4 y 5</i>	GRUPO: C-30	LABOR:	E-08
DR. J.A.H.C.	ESC. I/38	FECHA: SET. 2008	REV.:



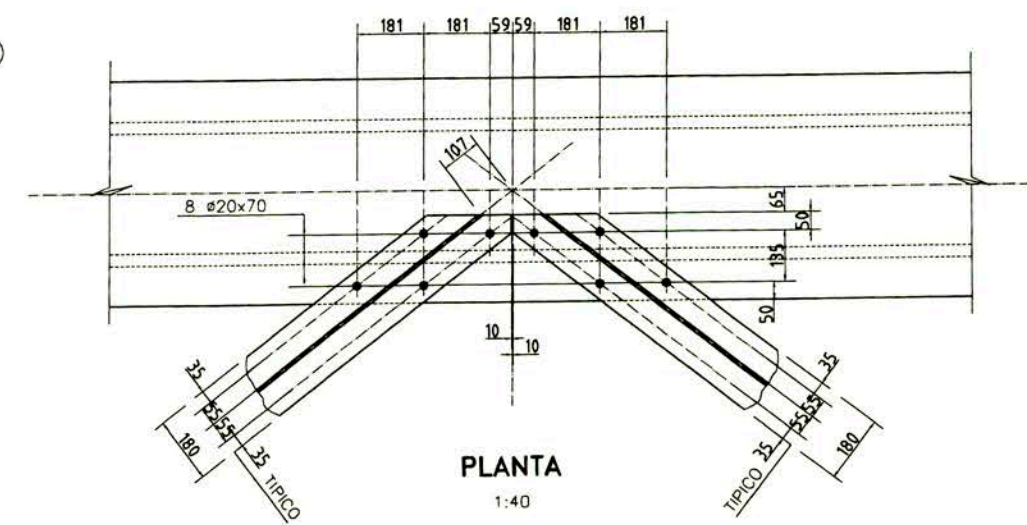
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DOCENTE: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		AYUDANTE: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE: <i>Construcción Especificada, Eje 6 y 7</i>		GRUPO: C-30	LÁMINA: E-09
ESCALA: 1:20	FECHA: 01/11/2008	REV:	



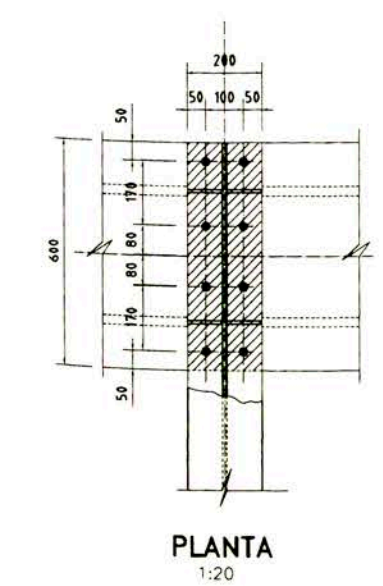
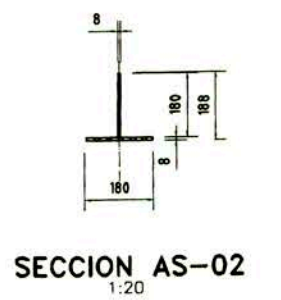
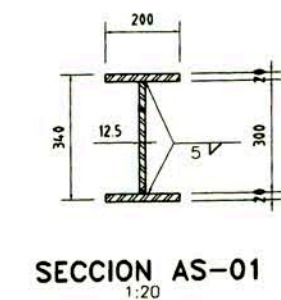
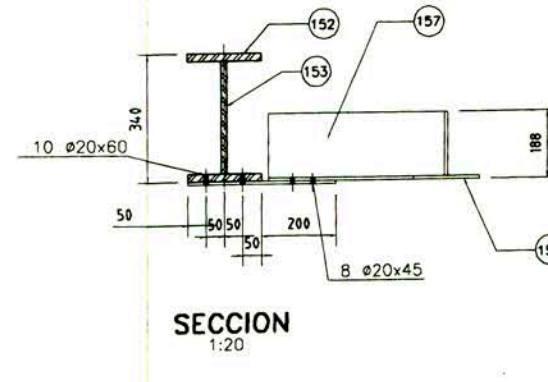
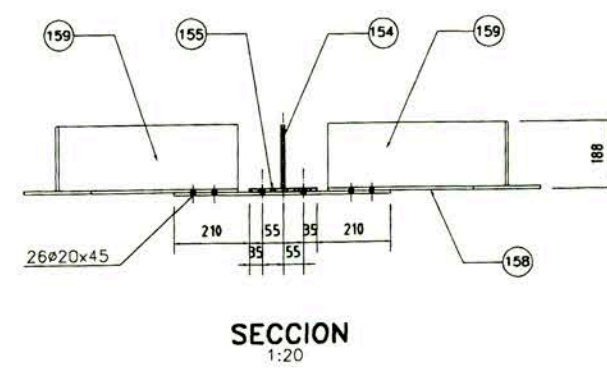
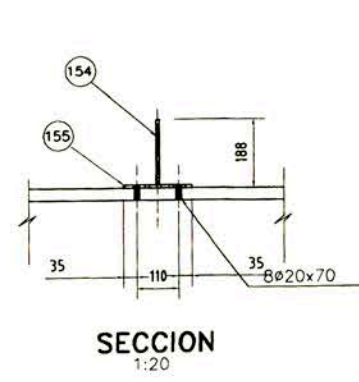
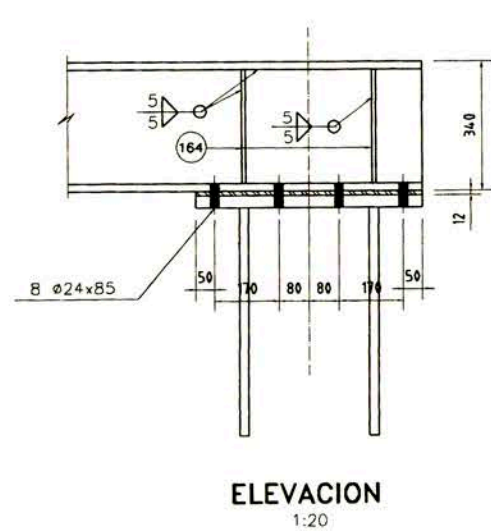
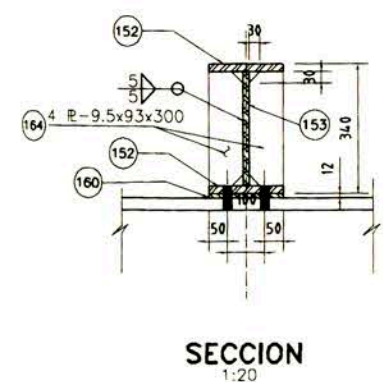
ARRIOSTRIAMIENTO SUPERIOR
1:100



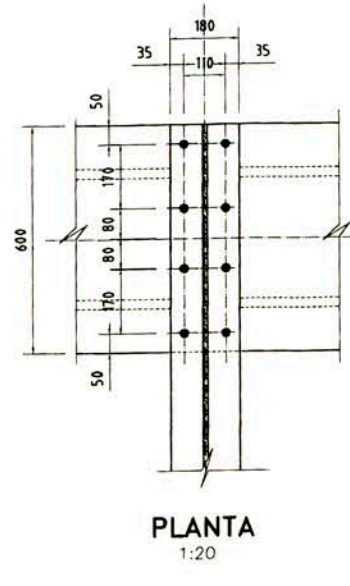
DETALLE E



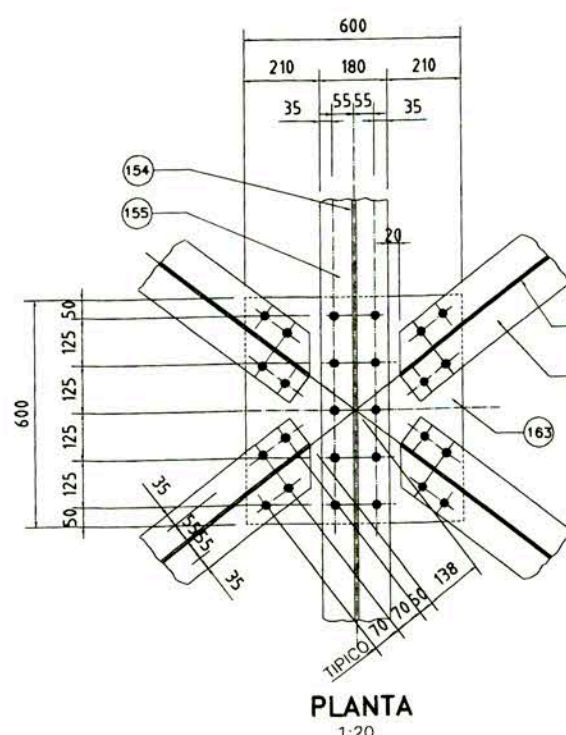
DETALLE F



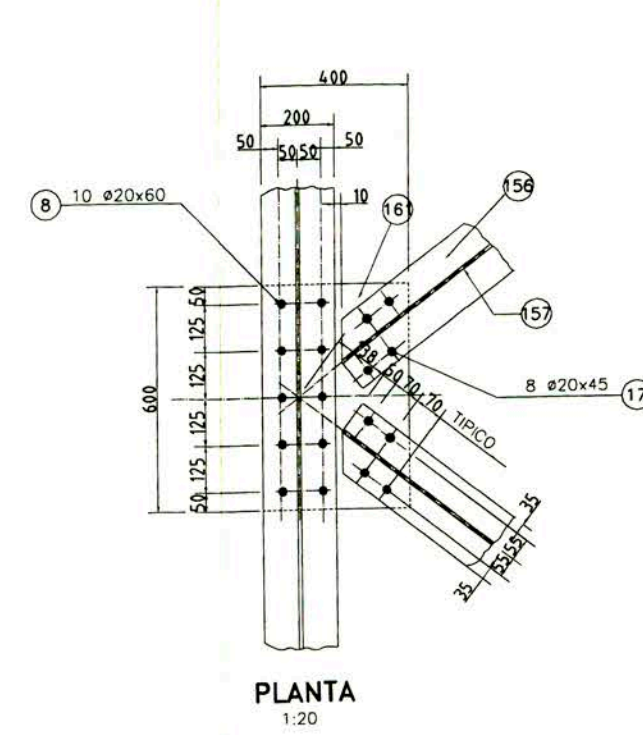
DETALLE A



DETALLE B

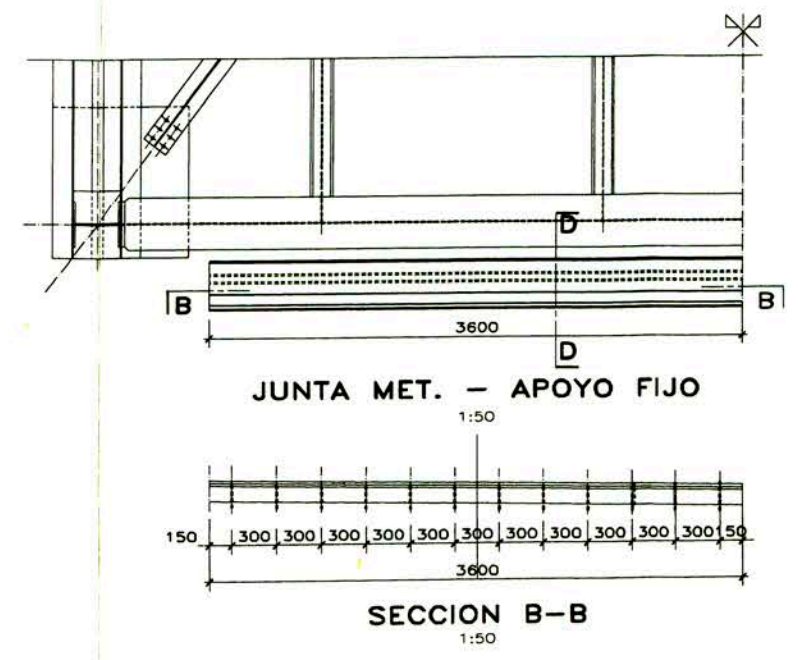
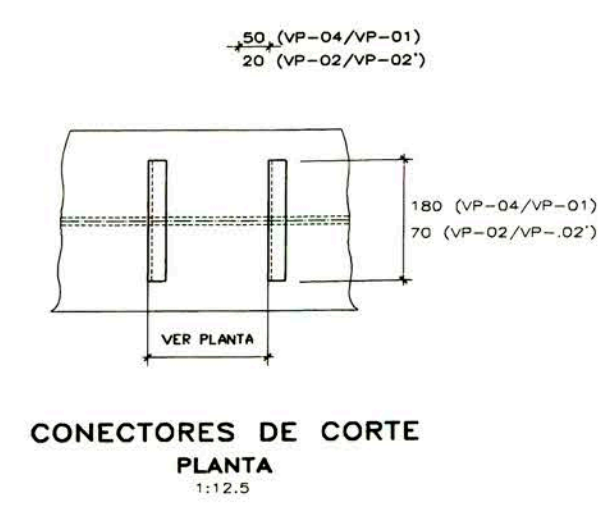
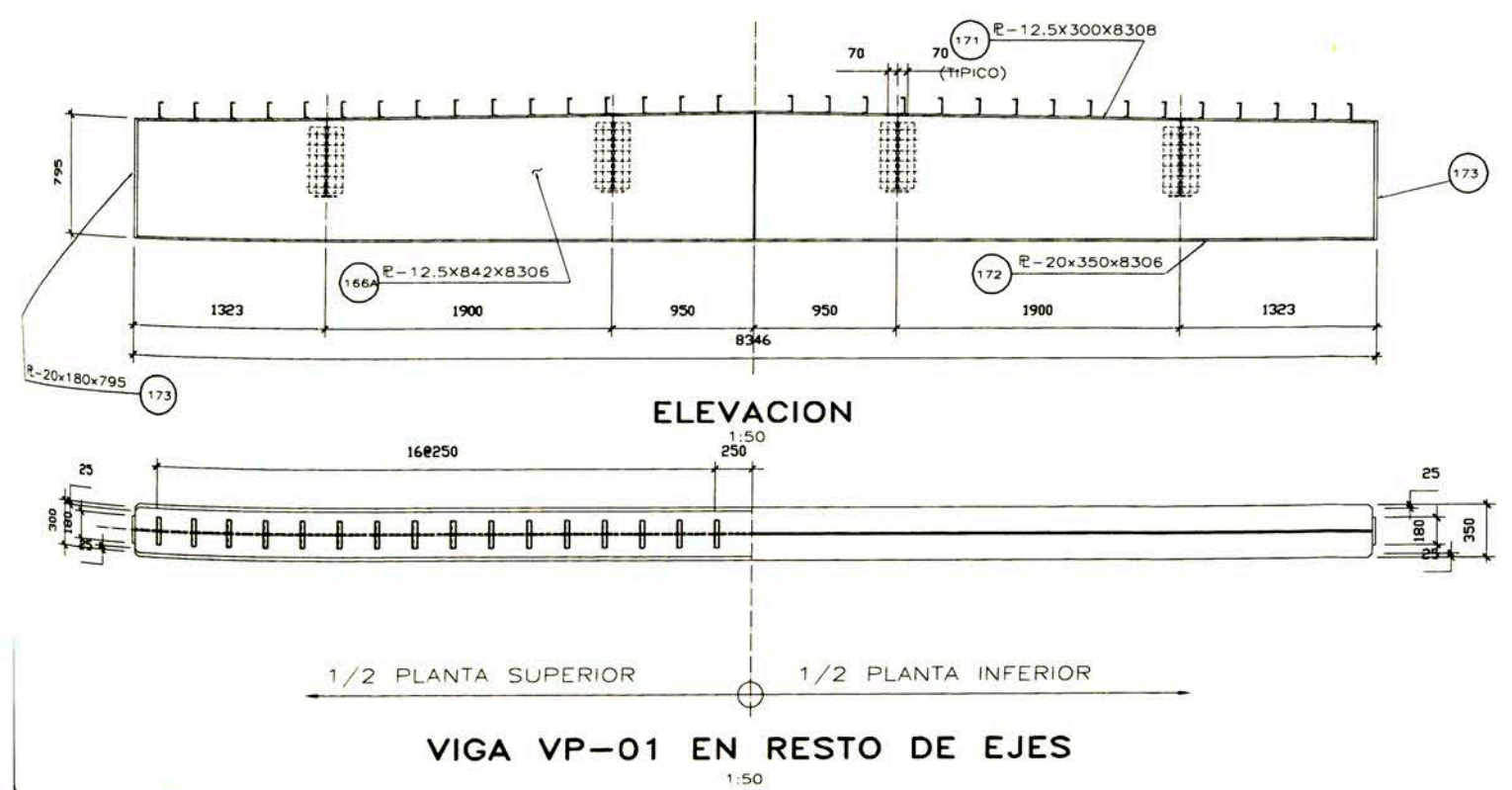
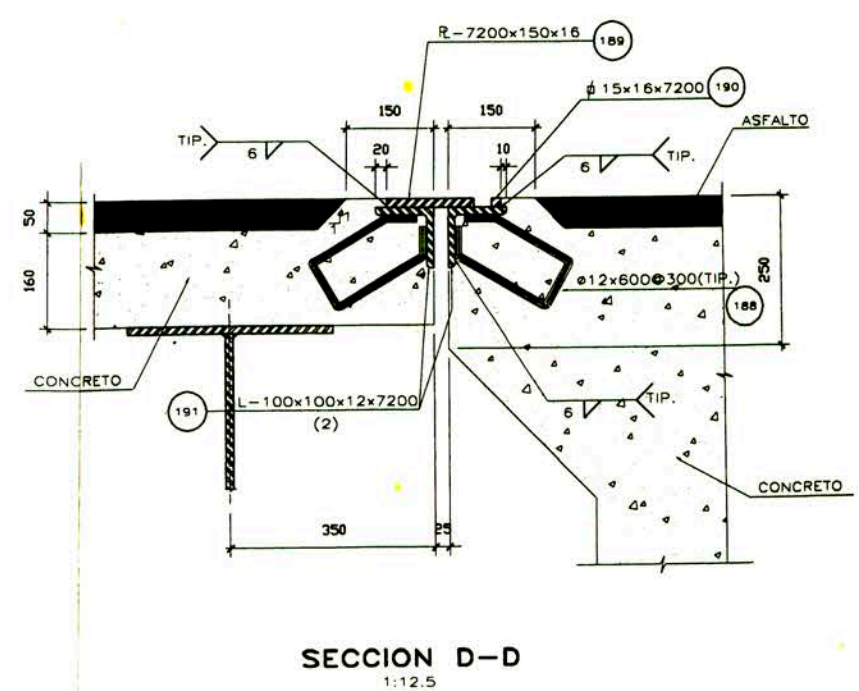
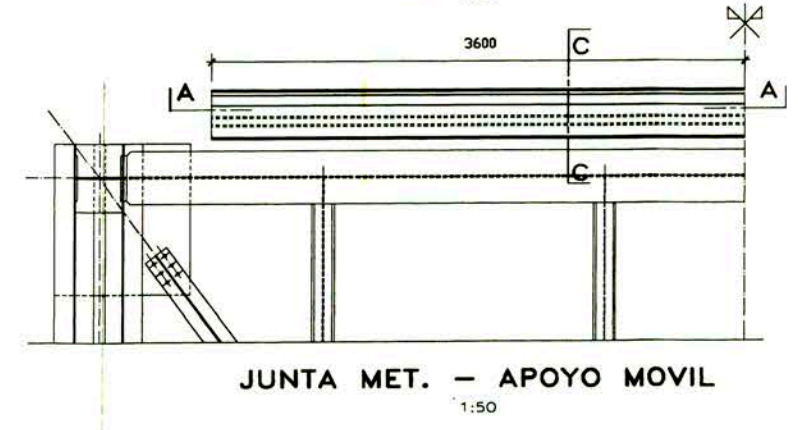
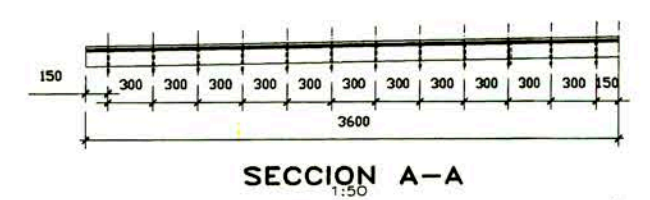
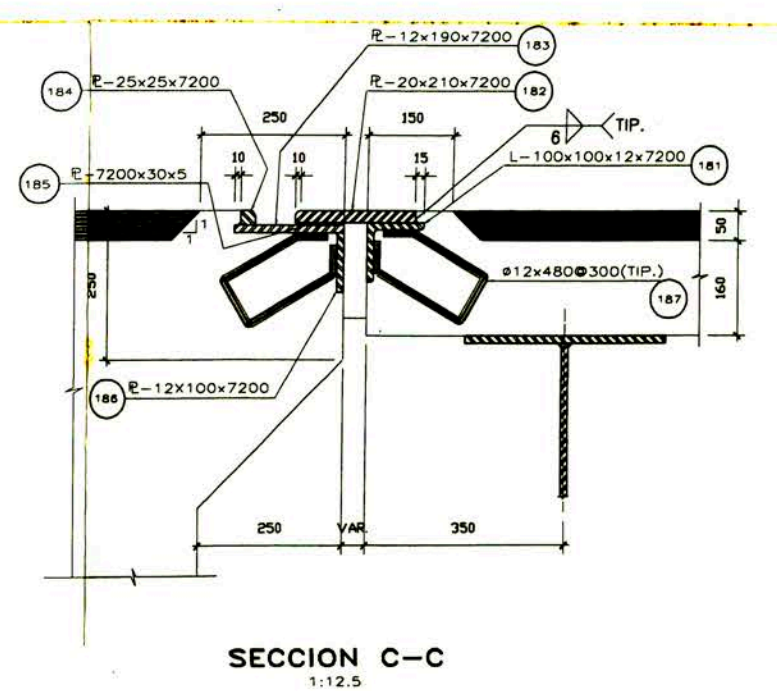
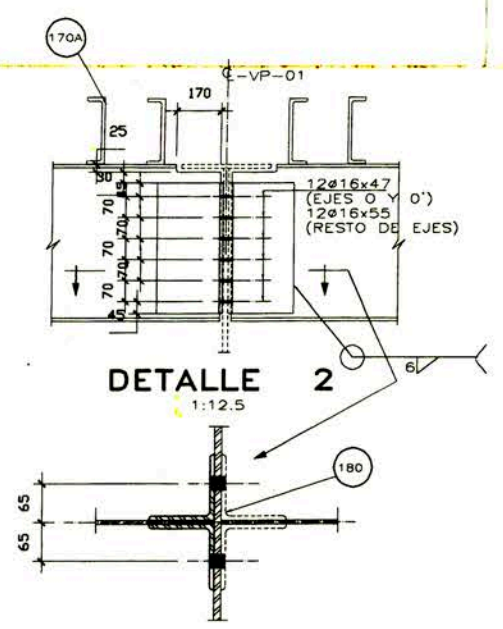
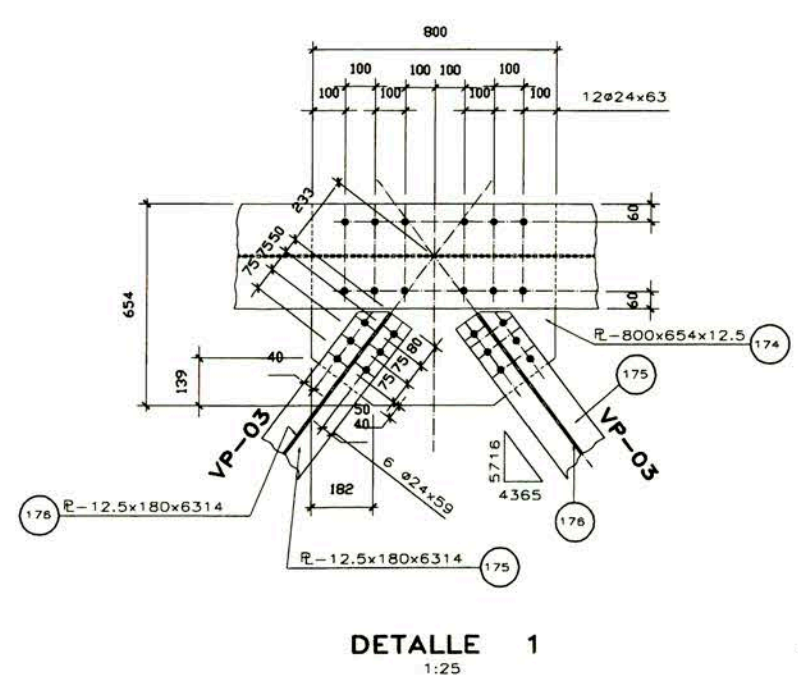
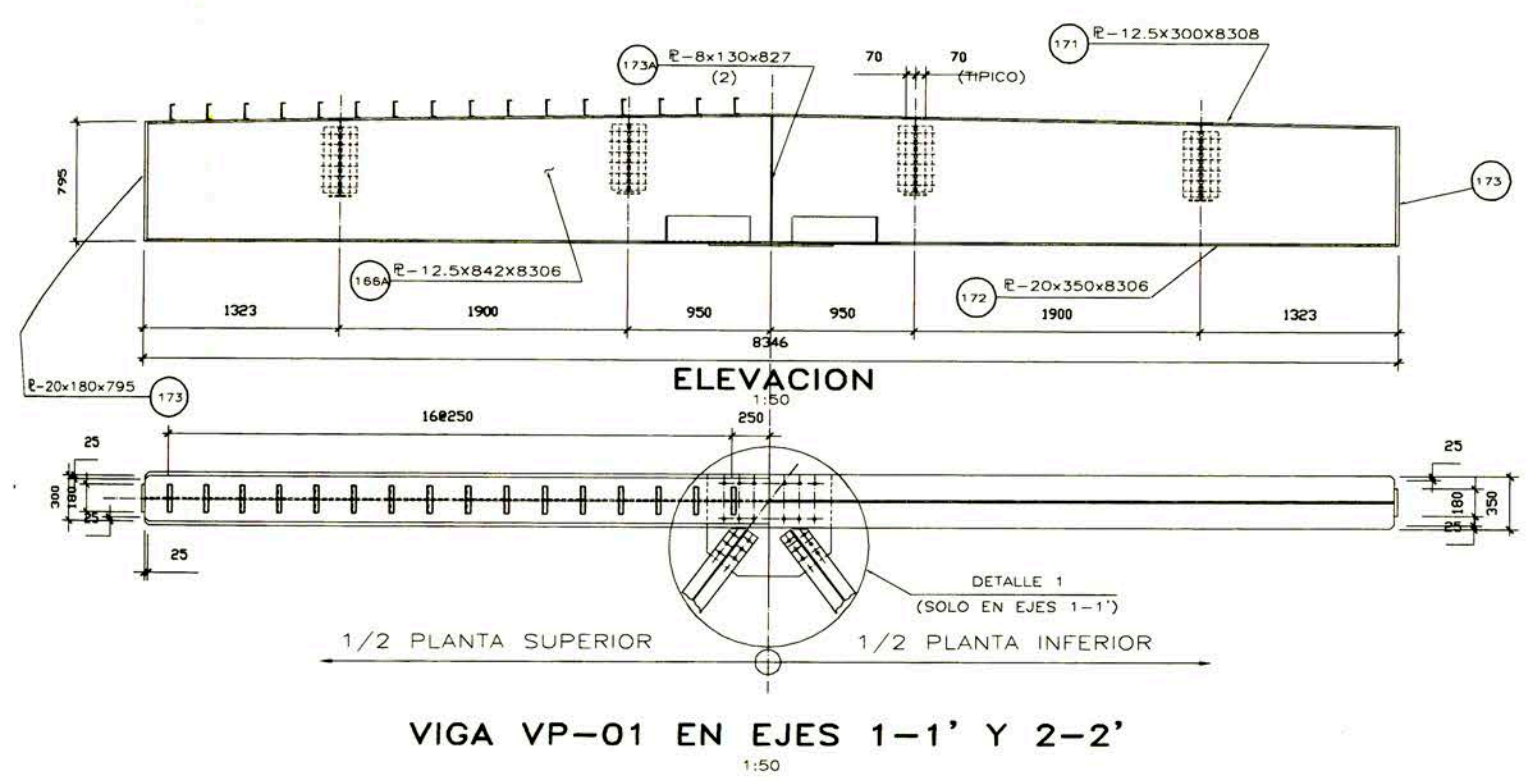
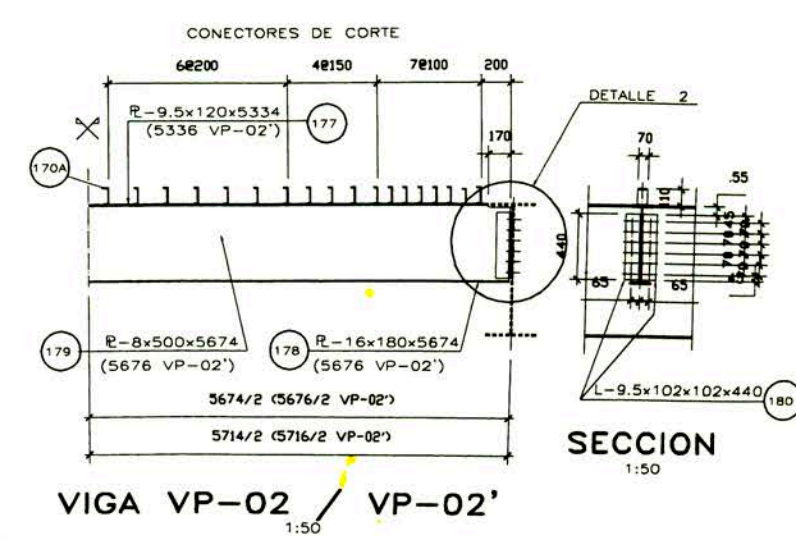
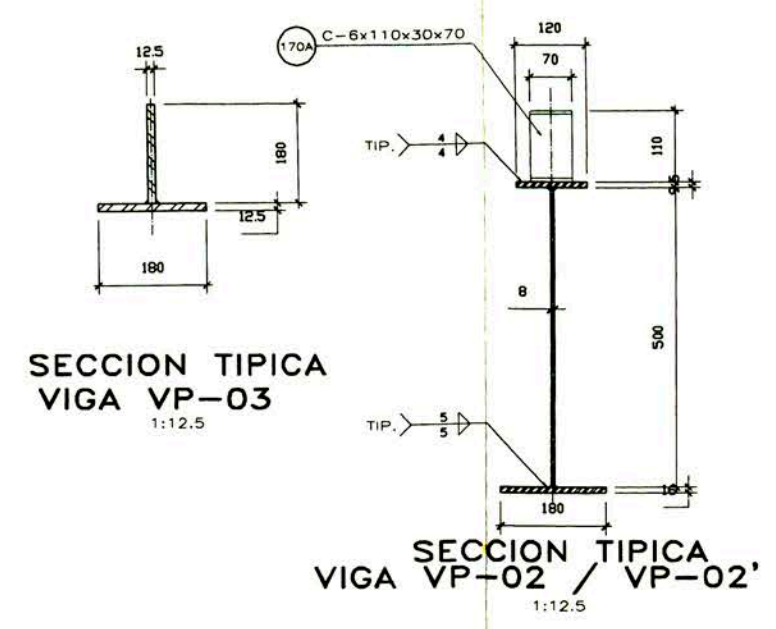
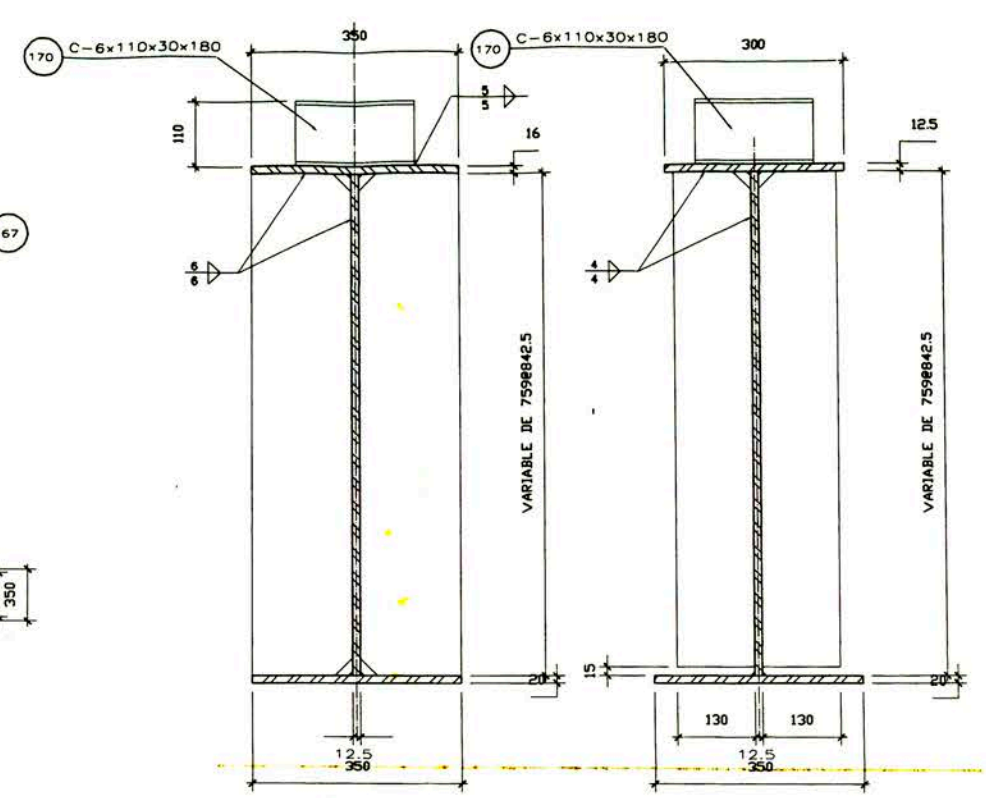
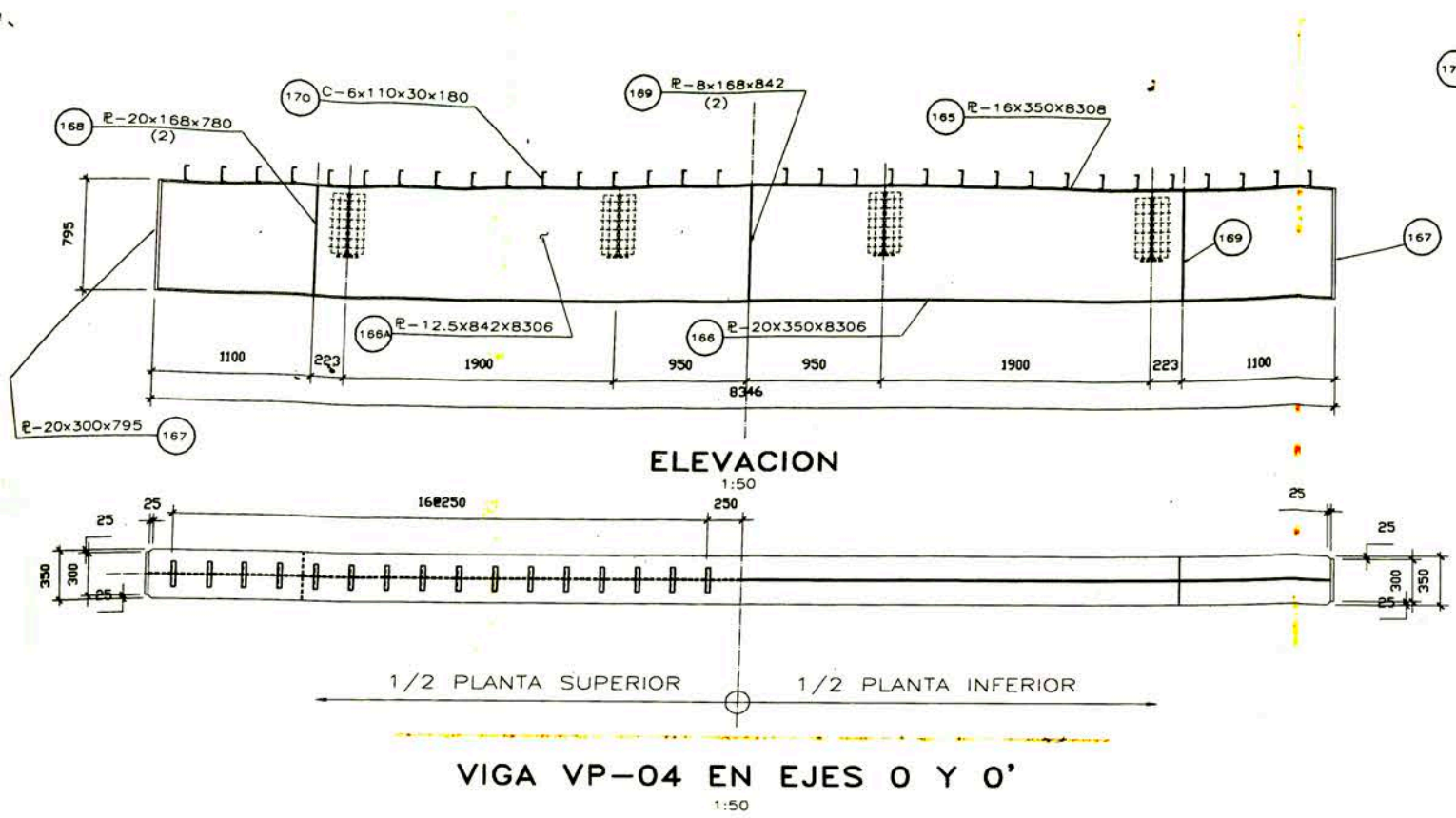


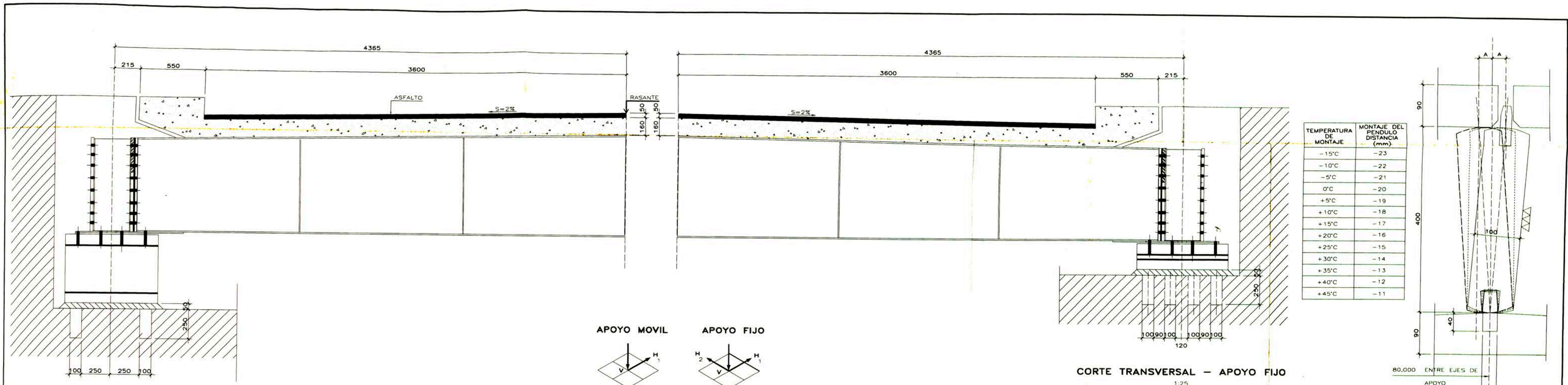
DETALLE C



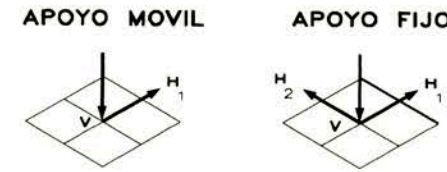
DETALLE D

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	CARRERA: CIVIL	LAMINA: E-10
PLANO DE: Arriostriamiento Superior			
ESC.: 1/100, 1/40, 1/10	FECHA: SET 2000	REV.:	





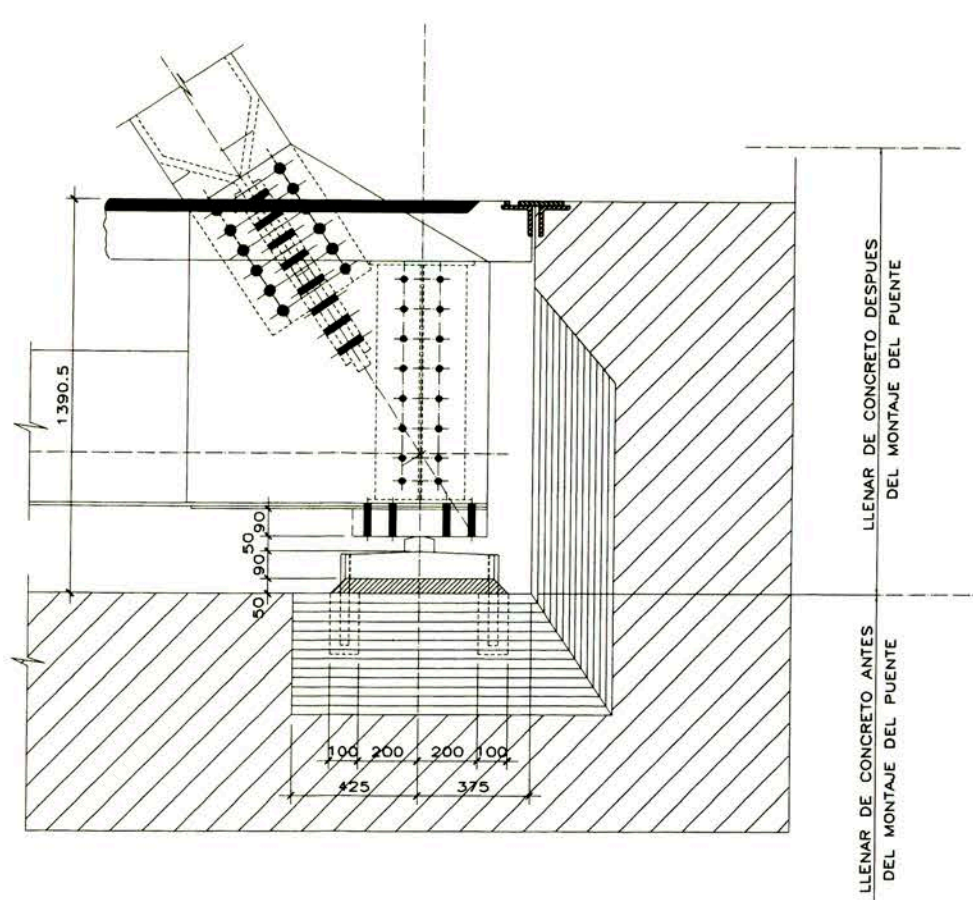
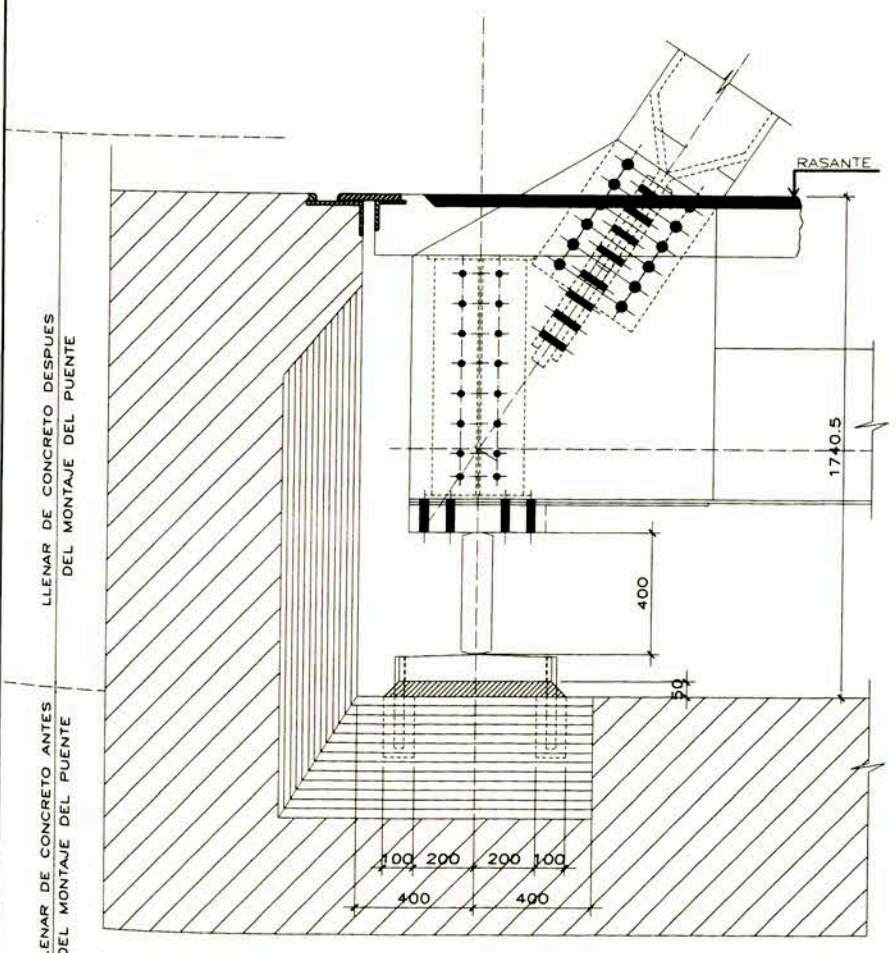
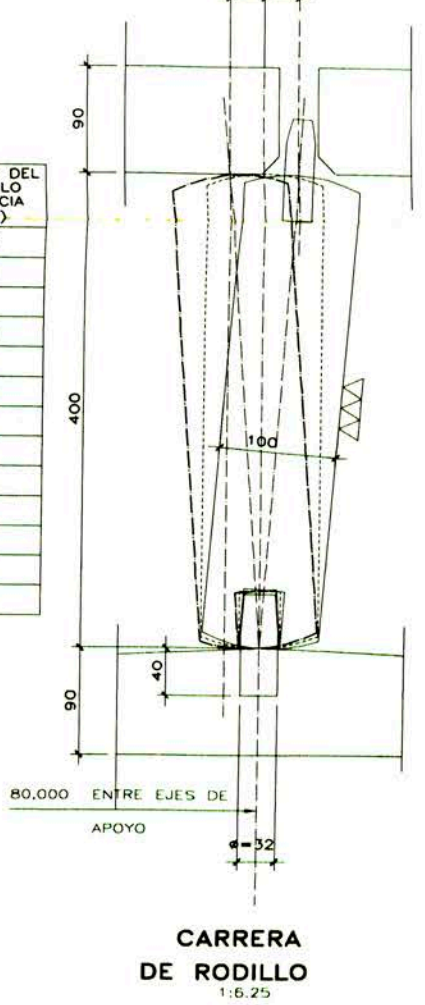
TEMPERATURA DE MONTAJE	MONTAJE DEL PENDULO DISTANCIA (mm)
-15°C	-23
-10°C	-22
-5°C	-21
0°C	-20
+5°C	-19
+10°C	-18
+15°C	-17
+20°C	-16
+25°C	-15
+30°C	-14
+35°C	-13
+40°C	-12
+45°C	-11



FUERZAS DE REACCION SOBRE APOYOS (TON.)			
TIPO	CARGA PERMANENTE	CARGA MOVIL	FUERZA DE SISMO Y/O VIENTO
V	137	113	22
H1	-	-	27
H2	-	-	55

CORTE TRANSVERSAL - APOYO MOVIL
1:25

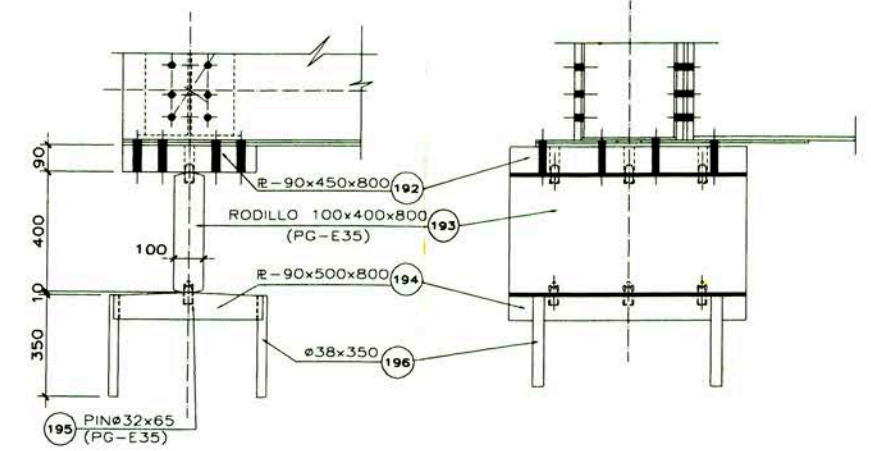
CORTE TRANSVERSAL - APOYO FIJO
1:25



CORTE LONGITUDINAL

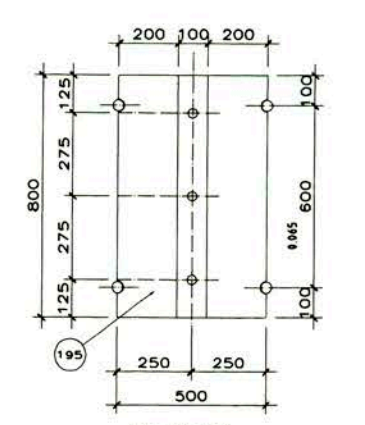
APOYO FIJO

APOYO MOVIL

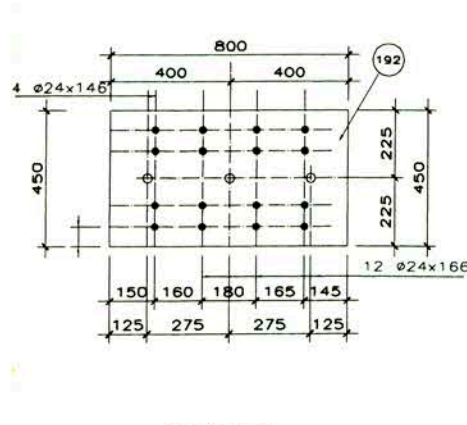


CORTE LONGITUDINAL

CORTE TRANSVERSAL

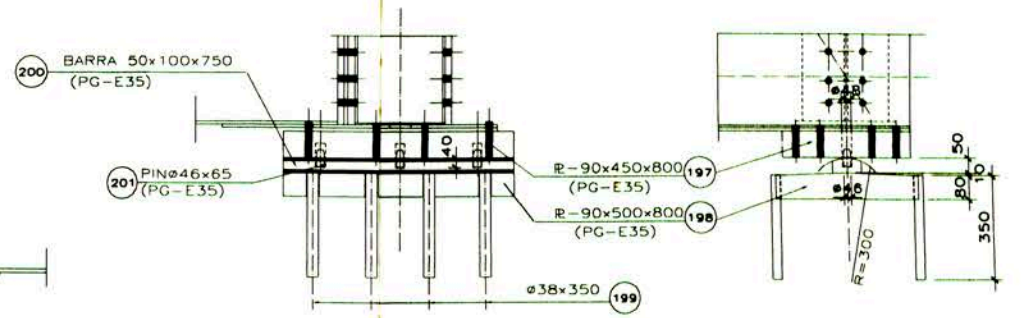


PLANTA PLACA INFERIOR



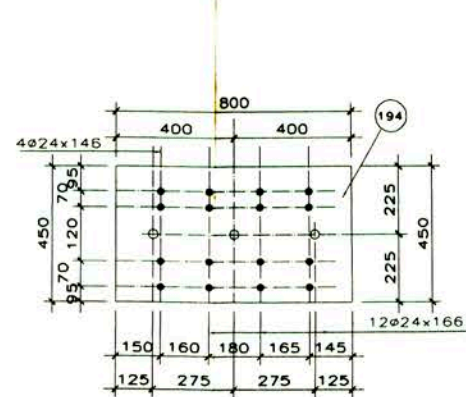
PLANTA PLACA SUPERIOR

DETALLES DE APOYO MOVIL

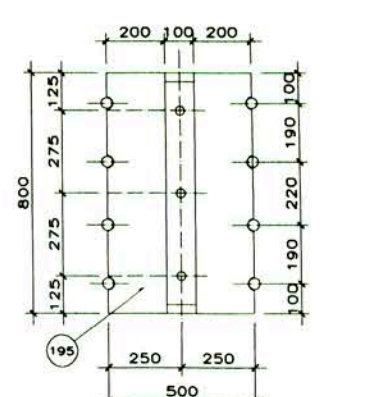


CORTE LONGITUDINAL

CORTE TRANSVERSAL



PLANTA PLACA SUPERIOR



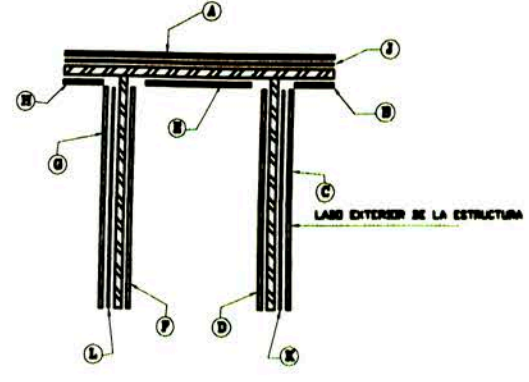
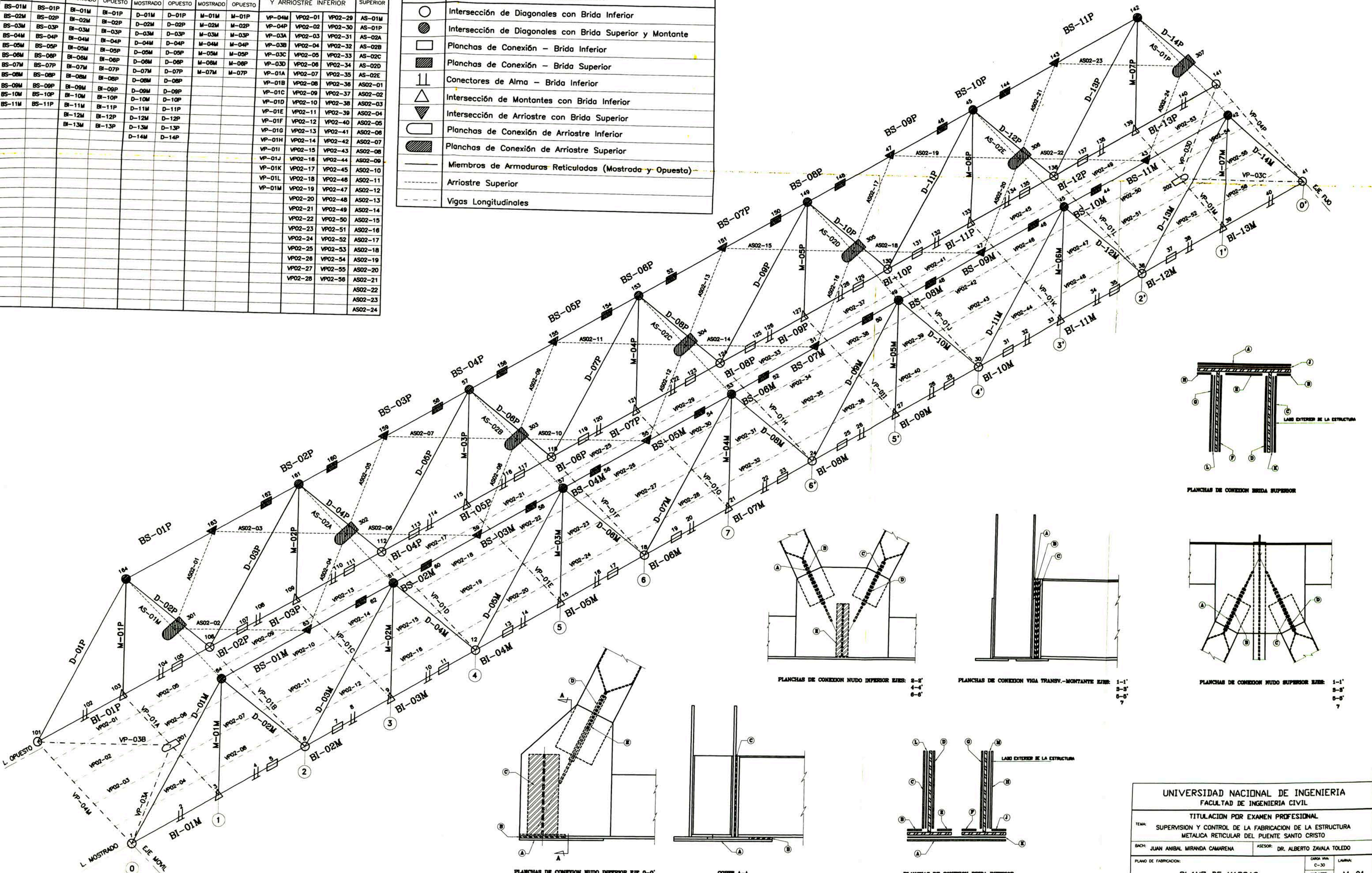
PLANTA PLACA INFERIOR

DETALLES DE APOYO FIJO

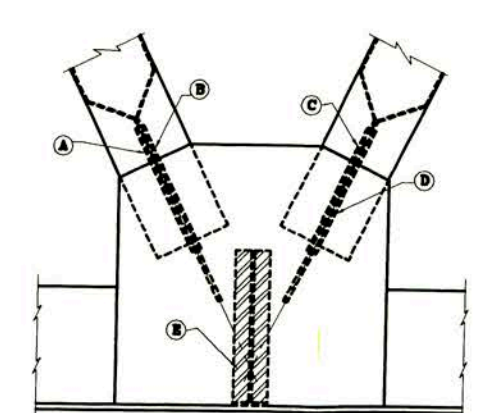
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
DOCENTE: JUAN AMBAL MIRANDA CAMARENA		ASISTENTE: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE: Detalles de Aparatos de Apoyo		CARGO: INGENIERO CIVIL	LAMINA: E-12
ELABORADO: J.A.P.C.	REVISADO: J.U.S.	FECHA: SET 2000	REVISADO:

MIEMBROS ESTRUCTURALES PRINCIPALES											
BRIDA SUPERIOR		BRIDA INFERIOR		DIAGONALES		MONTANTES		VIGAS TRANSV. Y LONGIT. Y ARRIOSTRE INFERIOR		ARRIOSTRE SUPERIOR	
MOSTRADO	OPUESTO	MOSTRADO	OPUESTO	MOSTRADO	OPUESTO	MOSTRADO	OPUESTO	VP-04M	VP02-01	VP02-29	AS-01M
BS-01M	BS-01P	BI-01M	BI-01P	D-01M	D-01P	M-01M	M-01P	VP-04M	VP02-01	VP02-29	AS-01M
BS-02M	BS-02P	BI-02M	BI-02P	D-02M	D-02P	M-02M	M-02P	VP-04P	VP02-02	VP02-30	AS-01P
BS-03M	BS-03P	BI-03M	BI-03P	D-03M	D-03P	M-03M	M-03P	VP-03A	VP02-03	VP02-31	AS-02A
BS-04M	BS-04P	BI-04M	BI-04P	D-04M	D-04P	M-04M	M-04P	VP-03B	VP02-04	VP02-32	AS-02B
BS-05M	BS-05P	BI-05M	BI-05P	D-05M	D-05P	M-05M	M-05P	VP-03C	VP02-05	VP02-33	AS-02C
BS-06M	BS-06P	BI-06M	BI-06P	D-06M	D-06P	M-06M	M-06P	VP-03D	VP02-06	VP02-34	AS-02D
BS-07M	BS-07P	BI-07M	BI-07P	D-07M	D-07P	M-07M	M-07P	VP-01A	VP02-07	VP02-35	AS-02E
BS-08M	BS-08P	BI-08M	BI-08P	D-08M	D-08P			VP-01B	VP02-08	VP02-36	AS02-01
BS-09M	BS-09P	BI-09M	BI-09P	D-09M	D-09P			VP-01C	VP02-09	VP02-37	AS02-02
BS-10M	BS-10P	BI-10M	BI-10P	D-10M	D-10P			VP-01D	VP02-10	VP02-38	AS02-03
BS-11M	BS-11P	BI-11M	BI-11P	D-11M	D-11P			VP-01E	VP02-11	VP02-39	AS02-04
		BI-12M	BI-12P	D-12M	D-12P			VP-01F	VP02-12	VP02-40	AS02-05
		BI-13M	BI-13P	D-13M	D-13P			VP-01G	VP02-13	VP02-41	AS02-06
				D-14M	D-14P			VP-01H	VP02-14	VP02-42	AS02-07
								VP-01I	VP02-15	VP02-43	AS02-08
								VP-01J	VP02-16	VP02-44	AS02-09
								VP-01K	VP02-17	VP02-45	AS02-10
								VP-01L	VP02-18	VP02-46	AS02-11
								VP-01M	VP02-19	VP02-47	AS02-12
									VP02-20	VP02-48	AS02-13
									VP02-21	VP02-49	AS02-14
									VP02-22	VP02-50	AS02-15
									VP02-23	VP02-51	AS02-16
									VP02-24	VP02-52	AS02-17
									VP02-25	VP02-53	AS02-18
									VP02-26	VP02-54	AS02-19
									VP02-27	VP02-55	AS02-20
									VP02-28	VP02-56	AS02-21
											AS02-22
											AS02-23
											AS02-24

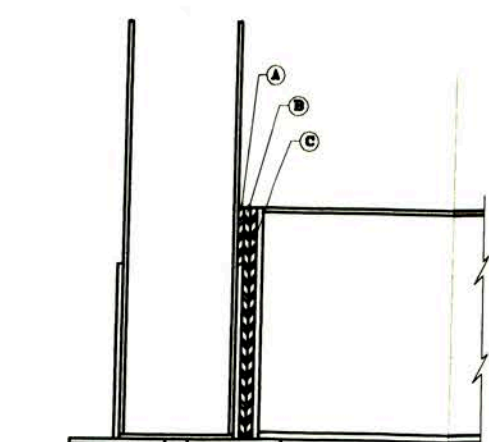
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
○	Intersección de Diagonales con Brida Inferior
●	Intersección de Diagonales con Brida Superior y Montante
□	Planchas de Conexión - Brida Inferior
▨	Planchas de Conexión - Brida Superior
	Conectores de Alma - Brida Inferior
△	Intersección de Montantes con Brida Inferior
▽	Intersección de Arriostre con Brida Superior
○	Planchas de Conexión de Arriostre Inferior
▨	Planchas de Conexión de Arriostre Superior
—	Miembros de Armaduras Reticuladas (Mostrada y Opuesta)
- - -	Arriostre Superior
- - -	Vigas Longitudinales



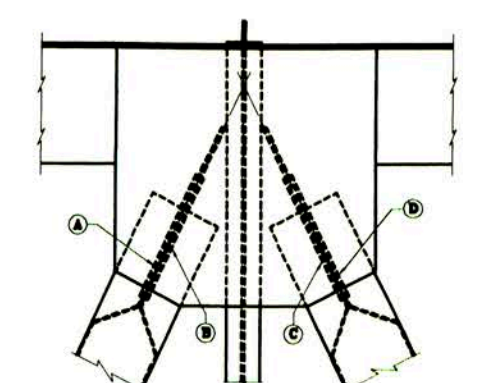
PLANCHAS DE CONEXION BRIDA SUPERIOR



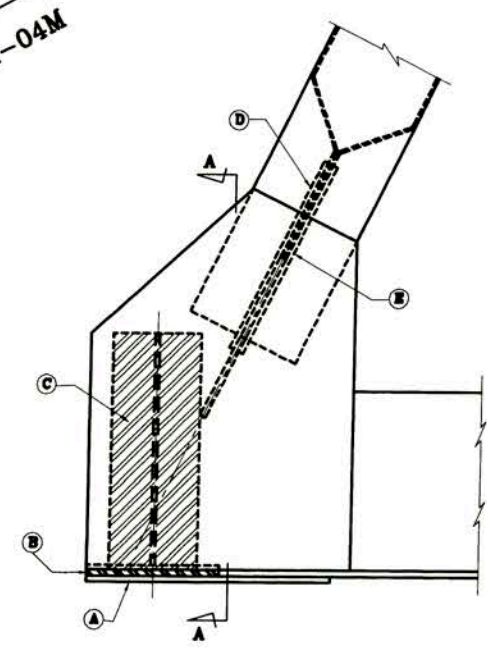
PLANCHAS DE CONEXION NUDO INFERIOR EJE: 2-2', 4-4', 6-6'



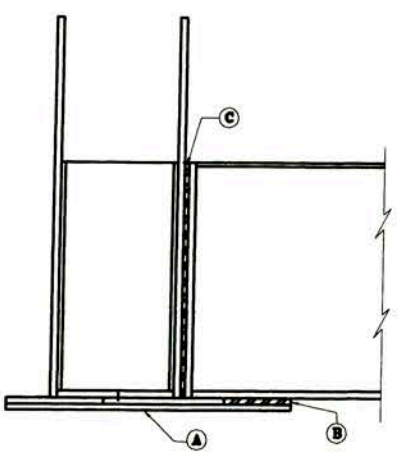
PLANCHAS DE CONEXION VIGA TRANSV.-MONTANTE EJE: 1-1', 3-3', 5-5', 7



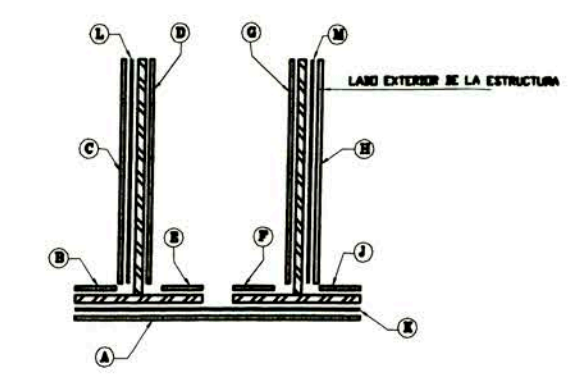
PLANCHAS DE CONEXION NUDO SUPERIOR EJE: 1-1', 3-3', 5-5', 7



PLANCHAS DE CONEXION NUDO INFERIOR EJE 0-0'

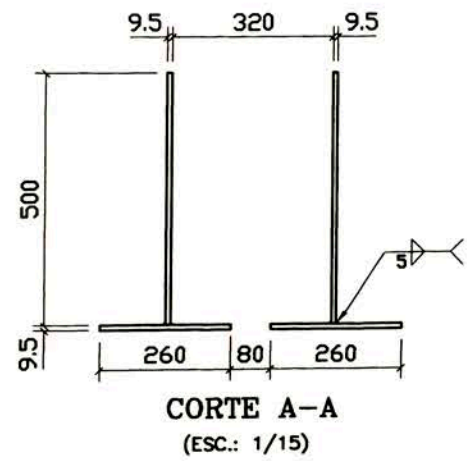
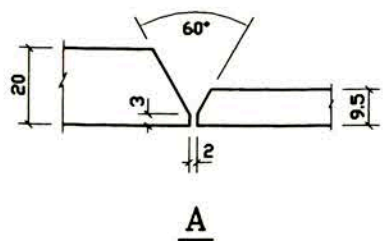
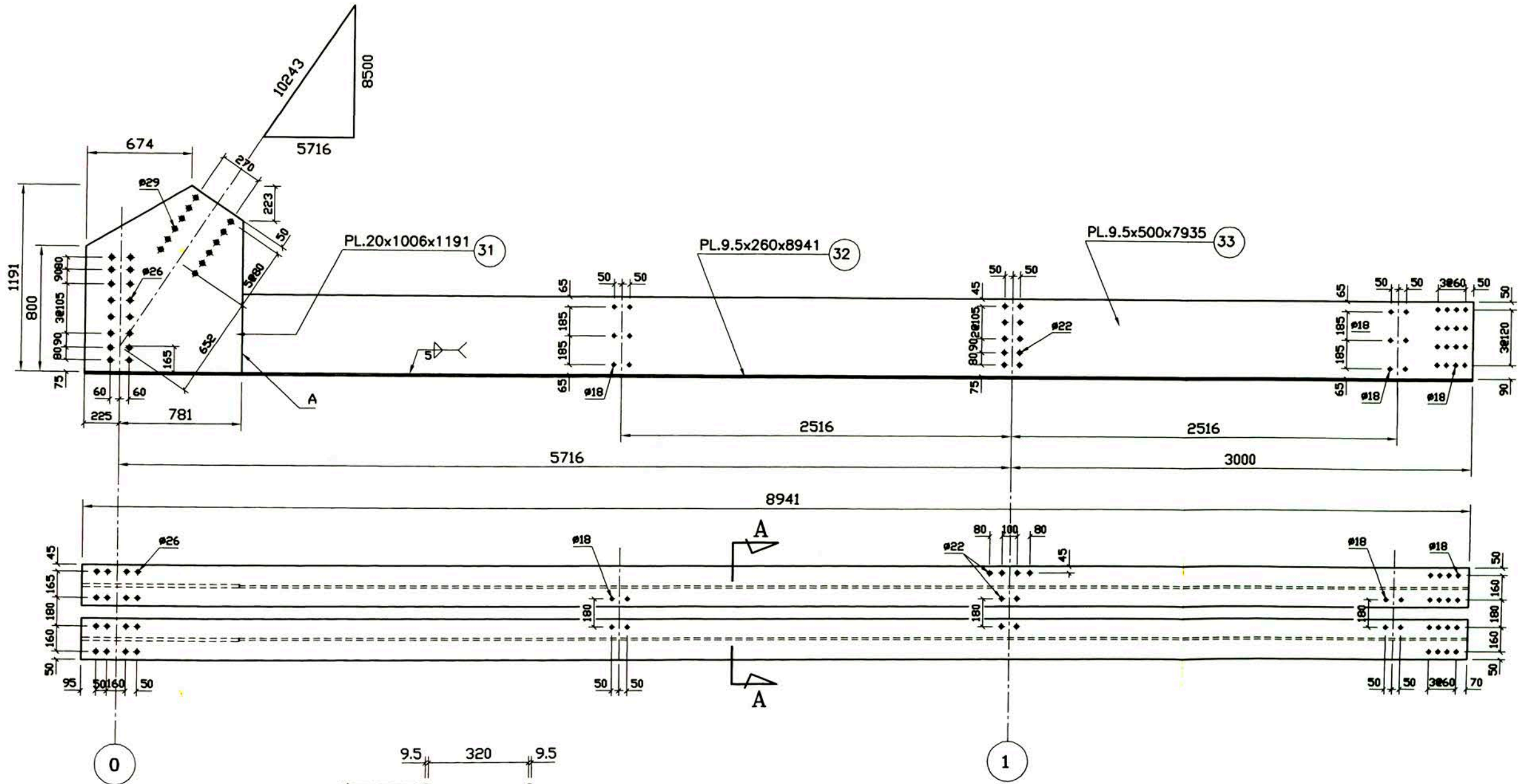


CORTE A-A



PLANCHAS DE CONEXION BRIDA INFERIOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL	
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO	
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO
PLANO DE FABRICACION:	CARDA VIVA: C-30
	LUG. LIMBE: 80 M
PLANO DE MARCAS	
DB: J.A.M.C.	ESC: INDICADA
FECH: SET. 2000	REV:
M-01	

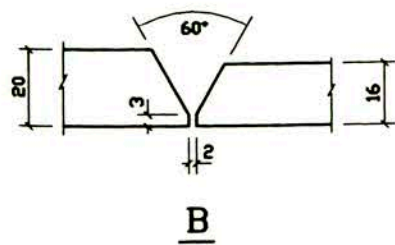
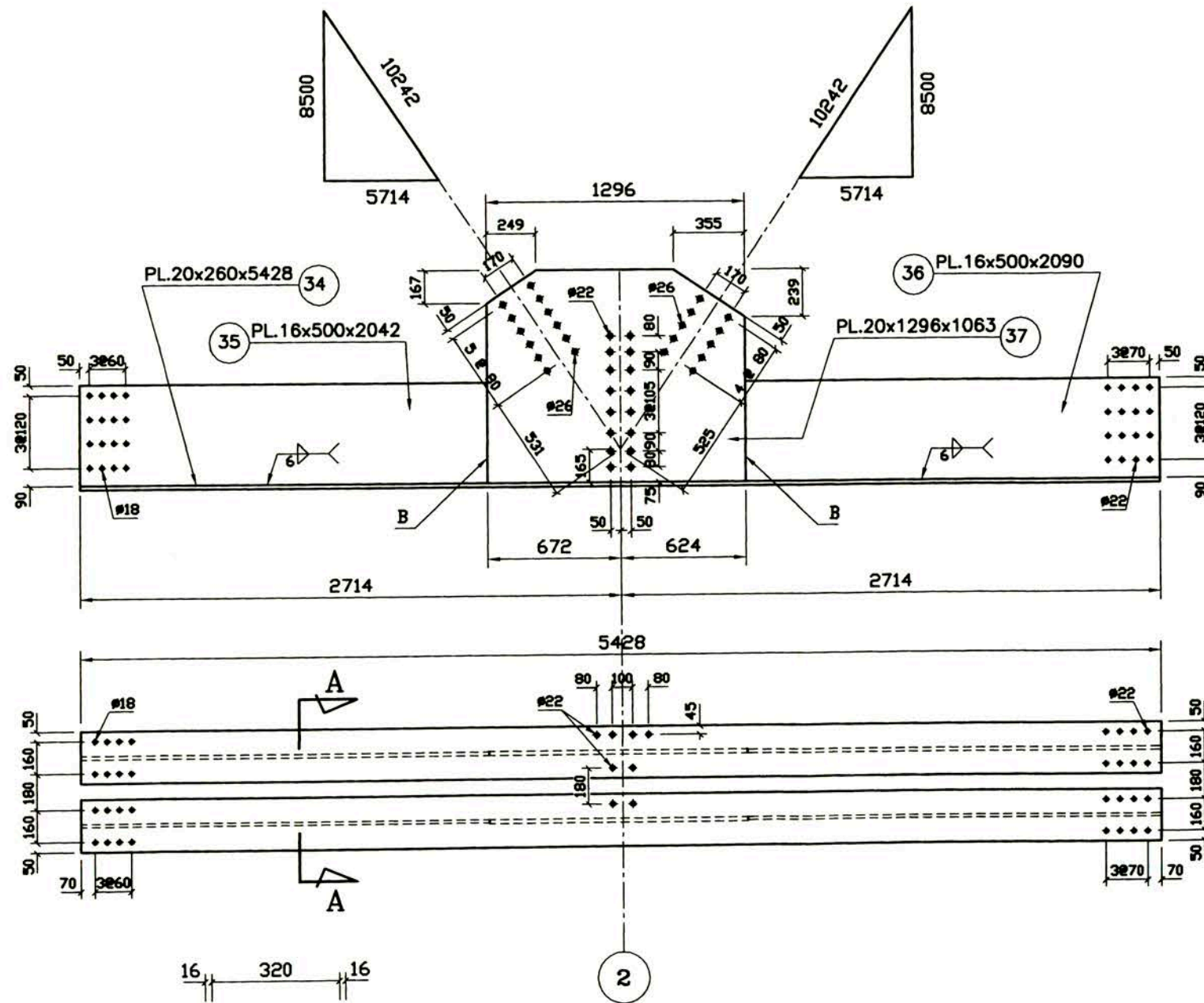


BRIDA INFERIOR - TRAMO EJES 0-1

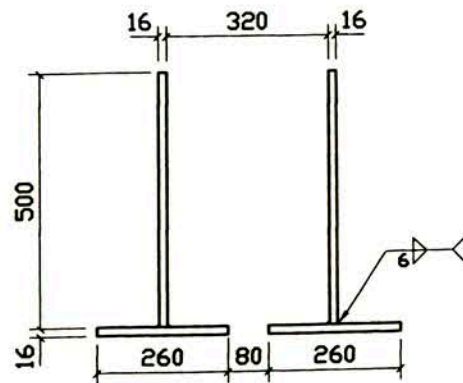
(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BI-01M, BI-13M
 OPUESTAS: BI-01P, BI-13P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Inferior 1 de 7</i>			CARDA VMA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M
DB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.: LABINA: F-01



B



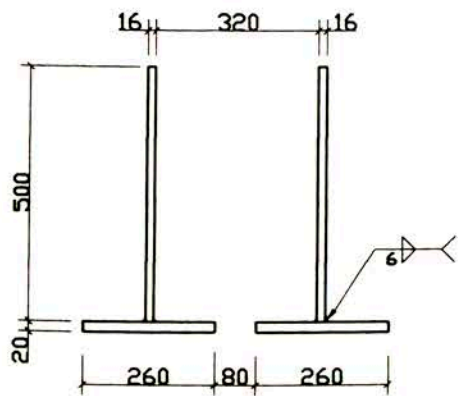
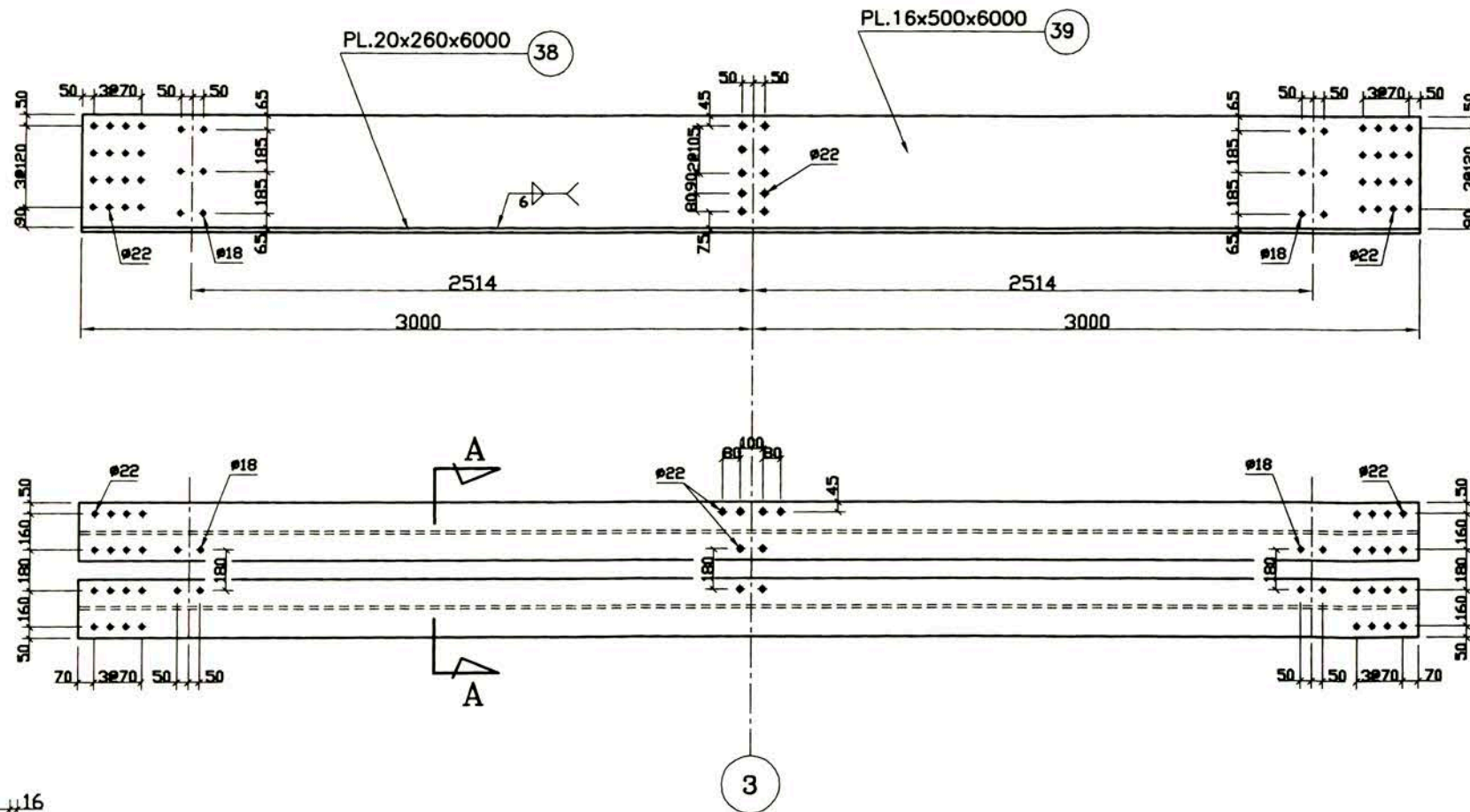
CORTE A-A
(ESC.: 1/15)

BRIDA INFERIOR - EJE 2

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BI-02M, BI-12M
OPUESTAS: BI-02P, BI-12P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Inferior 2 de 7</i>			CARGA VMA: C-30
			LUZ LIBRE: 80 M
LAMINA: F-02			
DB: J.A.M.C.	ESC: INDICADA	FECHA: SET, 2000	REV: .



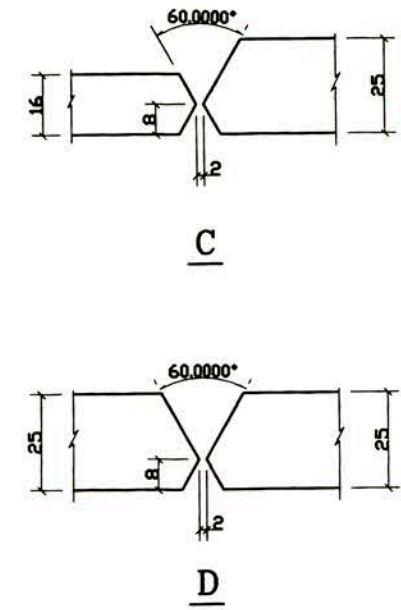
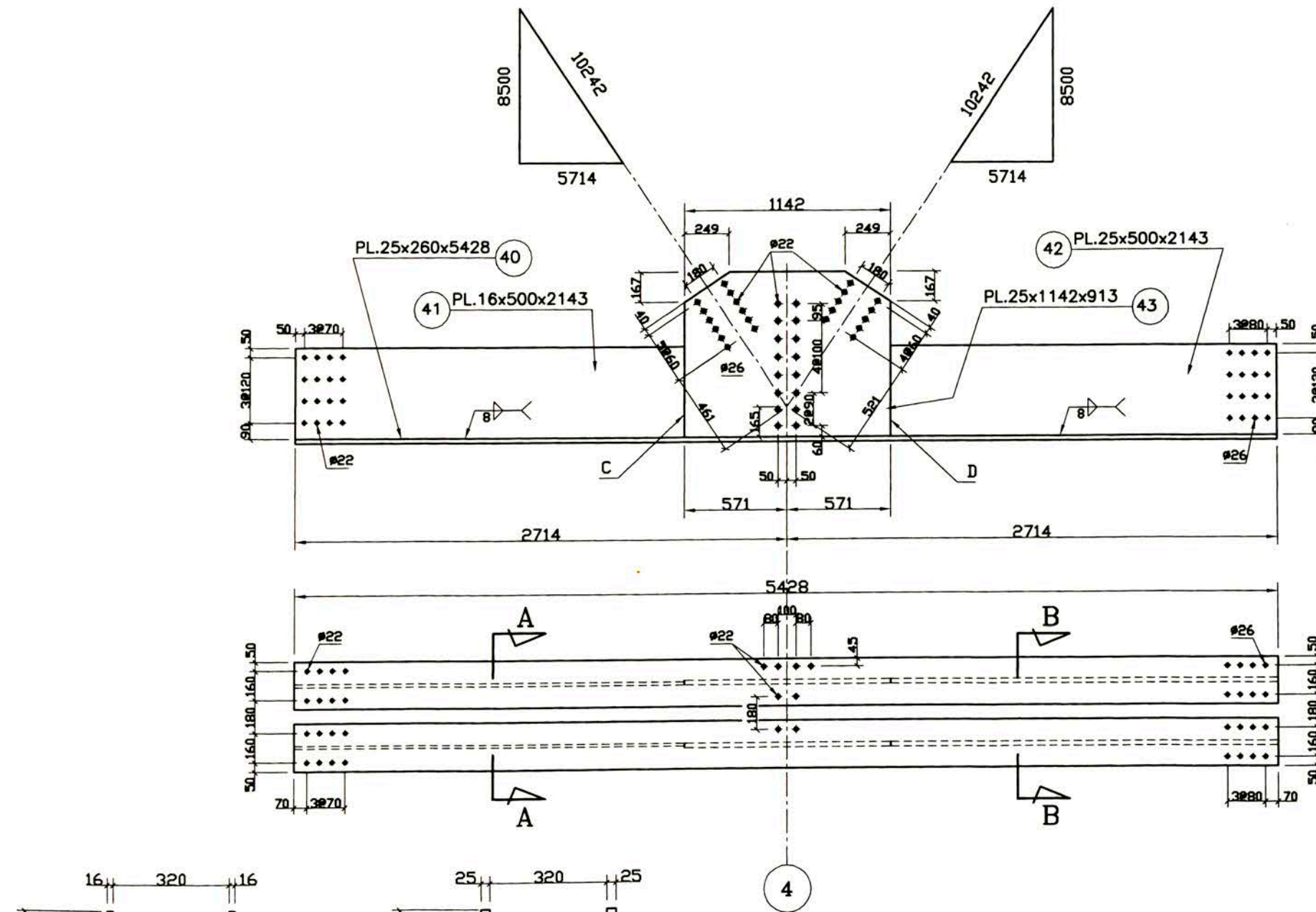
CORTE A-A
(ESC.: 1/15)

BRIDA INFERIOR - EJE 3

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BI-03M, BI-11M
OPUESTAS: BI-03P, BI-11M

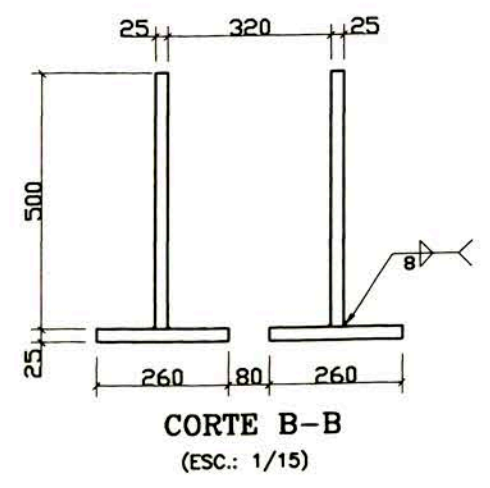
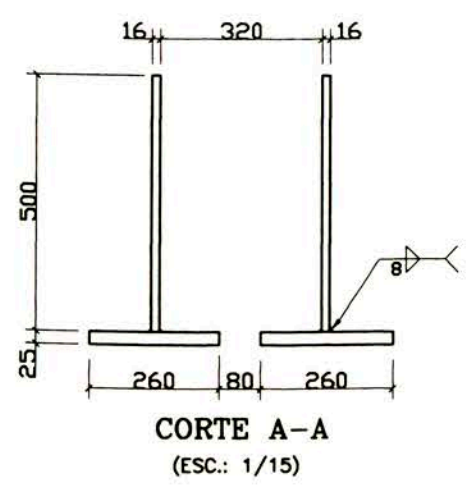
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Inferior 3 de 7</i>		CARDA VNA: C-30	LAMINA: F-03
DB: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV: _____



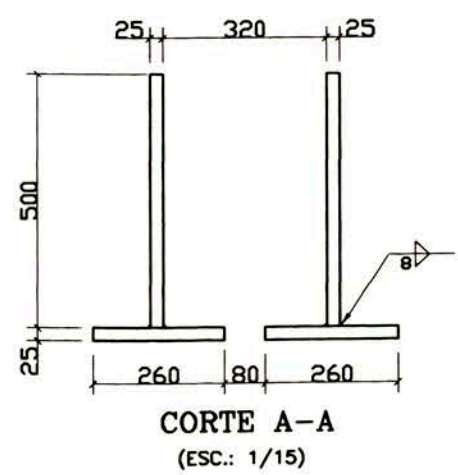
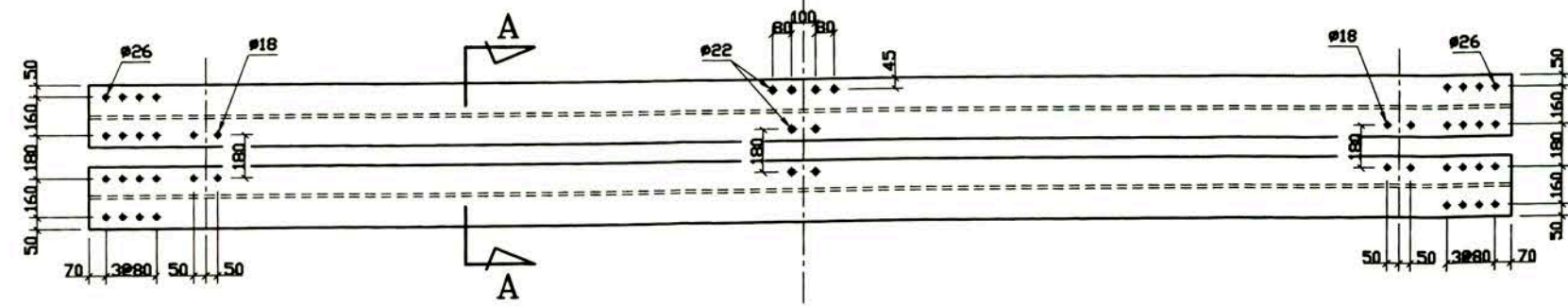
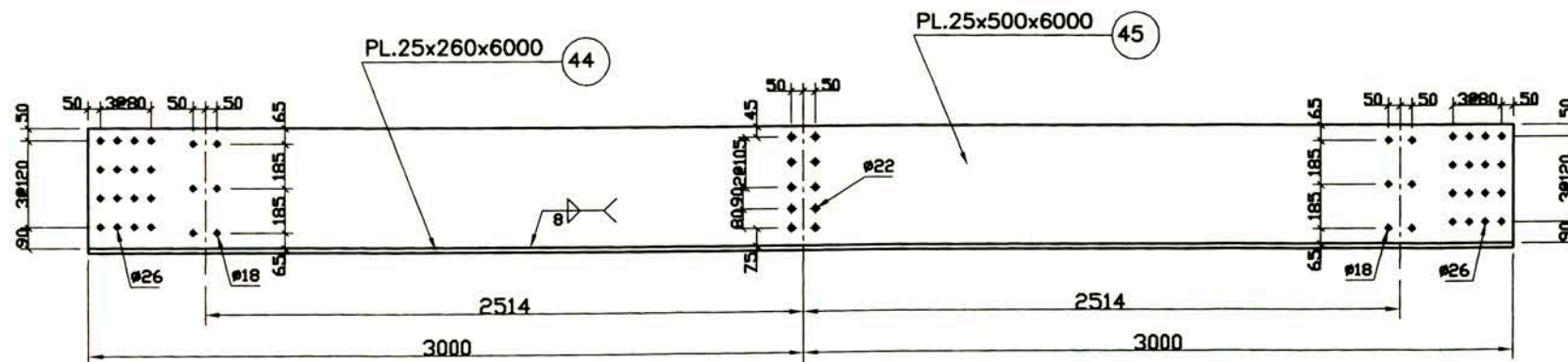
BRIDA INFERIOR - EJE 4

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BI-04M, BI-10M
 OPUESTAS: BI-04P, BI-10P

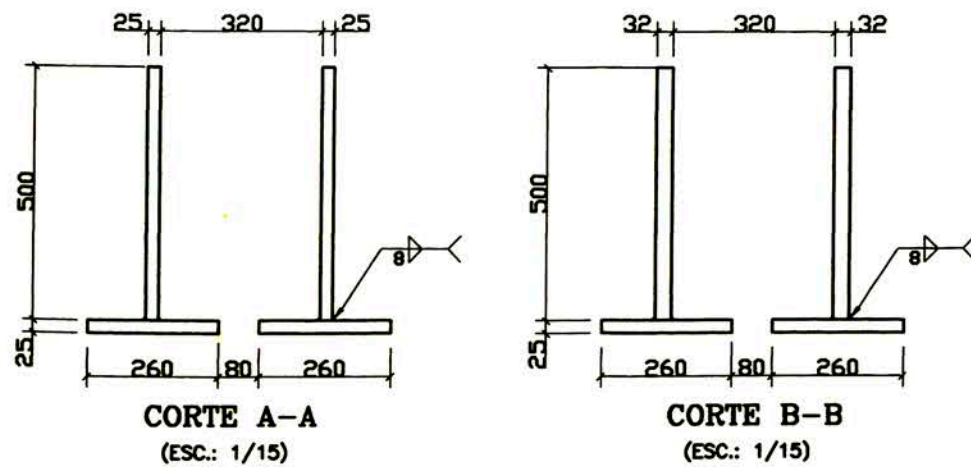
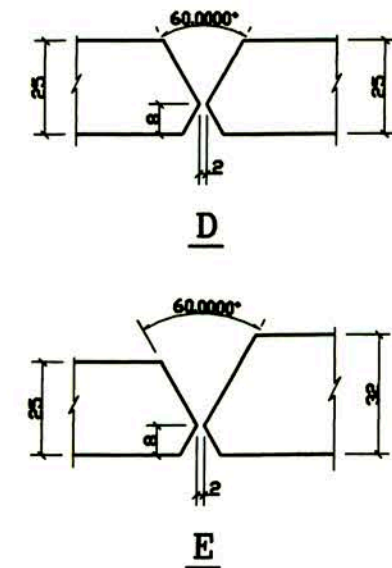
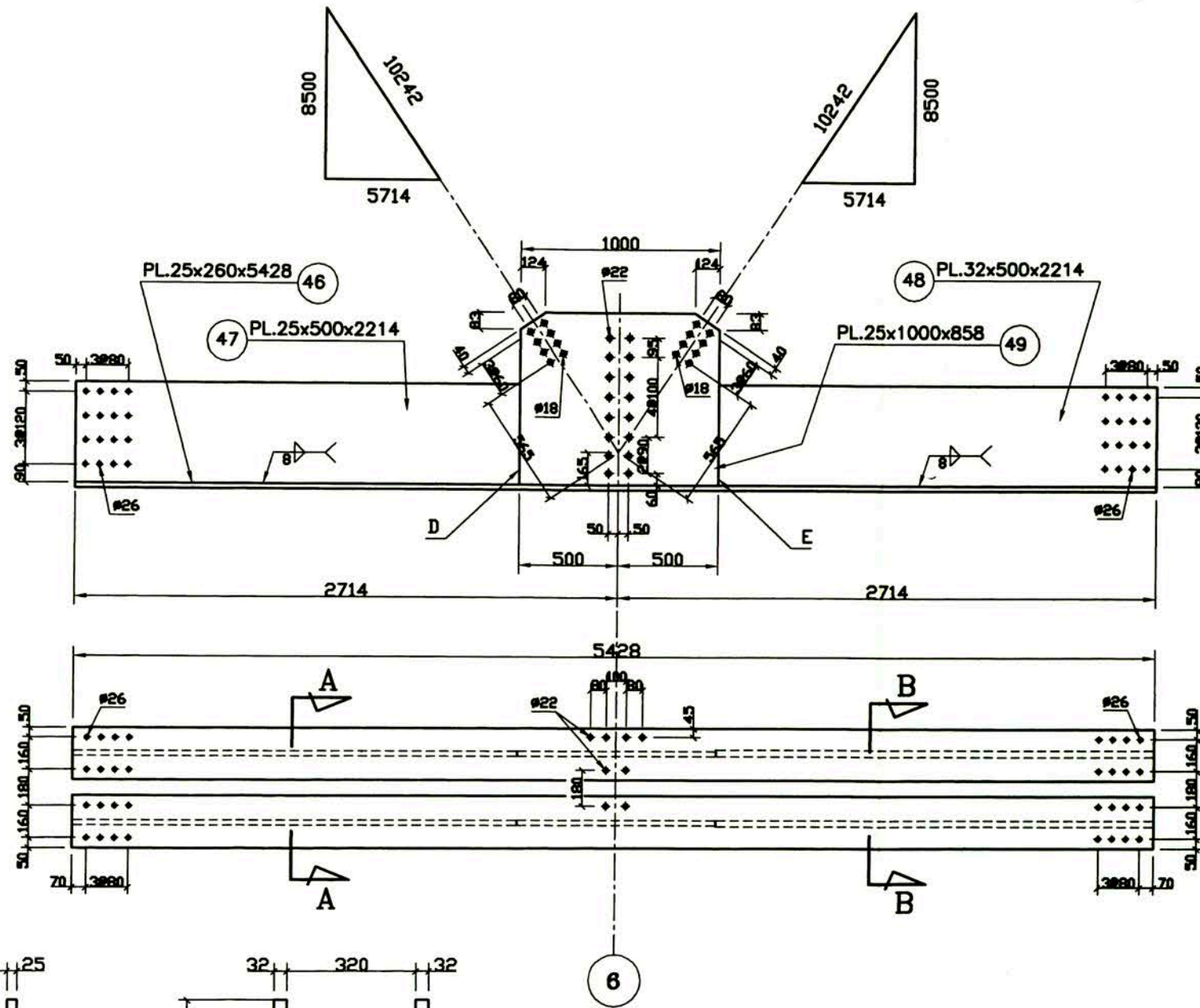


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA:	SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO		
BACH:	JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR:	DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO
PLANO DE FABRICACION:	Brida Inferior 4 de 7	CARGA VIVA:	C-30
		LUZ LIBRE:	80 M
DB:	J.A.M.C.	ESC.:	INDICADA
FECHA:	SET. 2000	REV.:	
			LAMINA: F-04



BRIDA INFERIOR - EJE 5
(ESC.: 1/30)
MOSTRADAS: BI-05M, BI-09M
OPUESTAS: BI-05P, BI-09P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: Brida Inferior 5 de 7		CARGA VEA: C-30	LAMINA: F-05
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



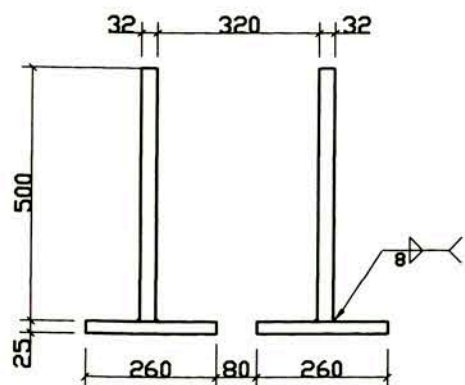
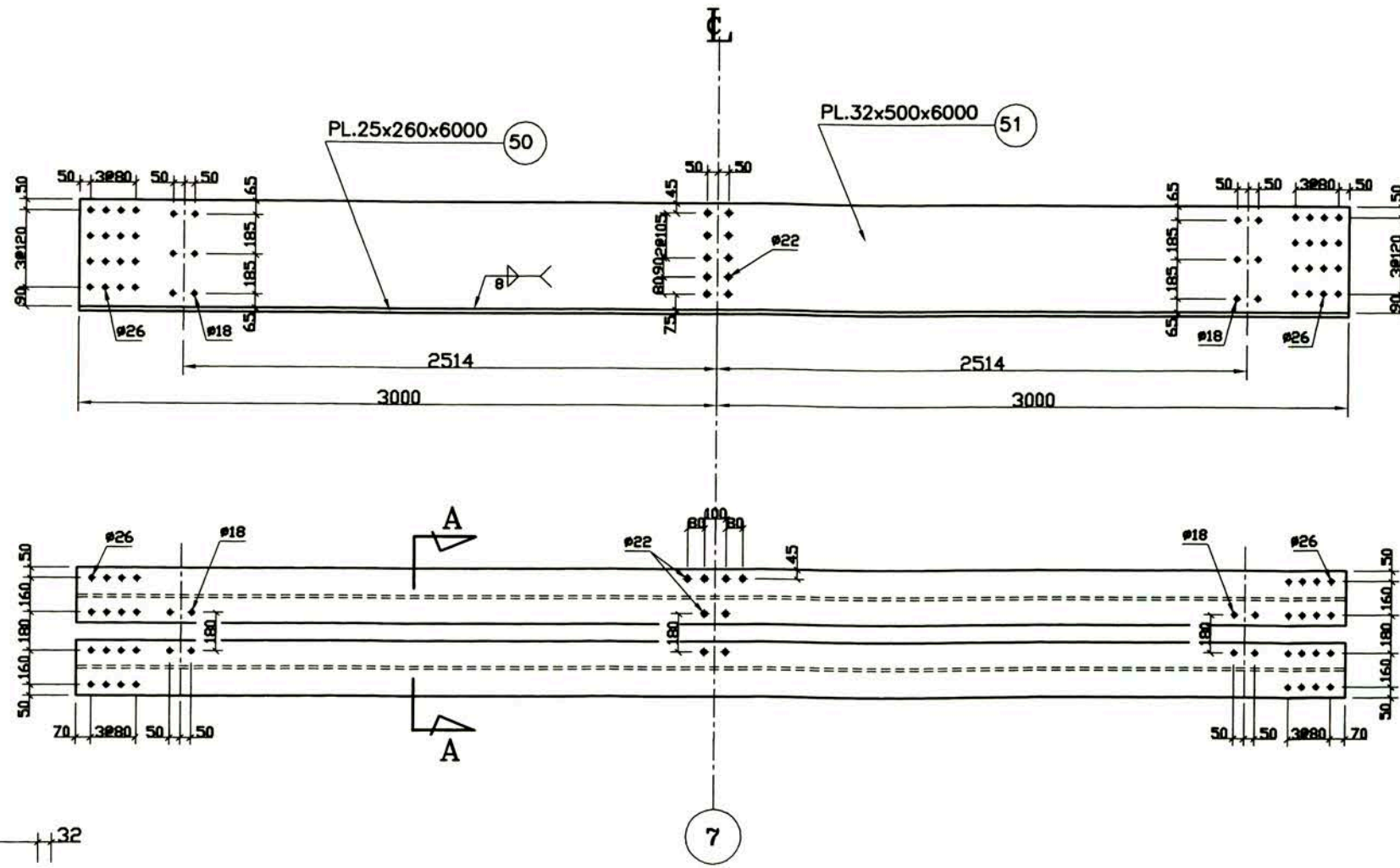
BRIDA INFERIOR - EJE 6

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BI-06M, BI-08M

OPUESTAS: BI-06P, BI-08P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Inferior 6 de 7</i>			ORDEN VIAL: C-30 LUZ LIBRE: 80 M
LAMA: F-06			
DES: J.A.M.C.	ESC: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV:



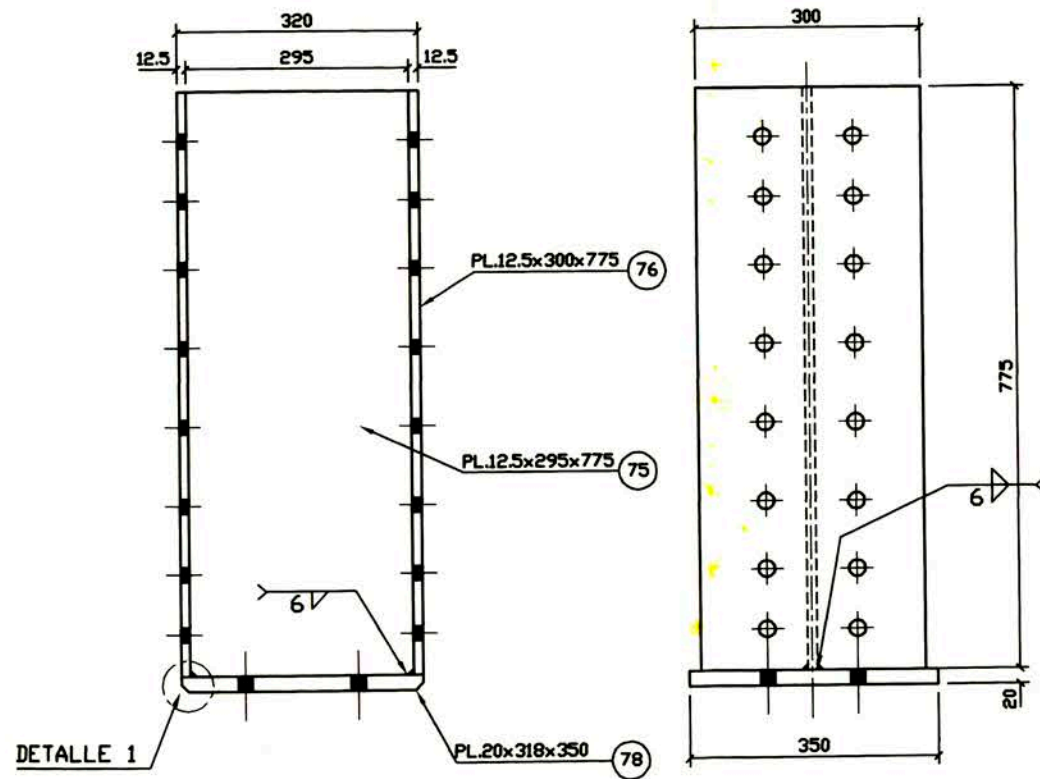
CORTE A-A
(ESC.: 1/15)

BRIDA INFERIOR - EJE 7

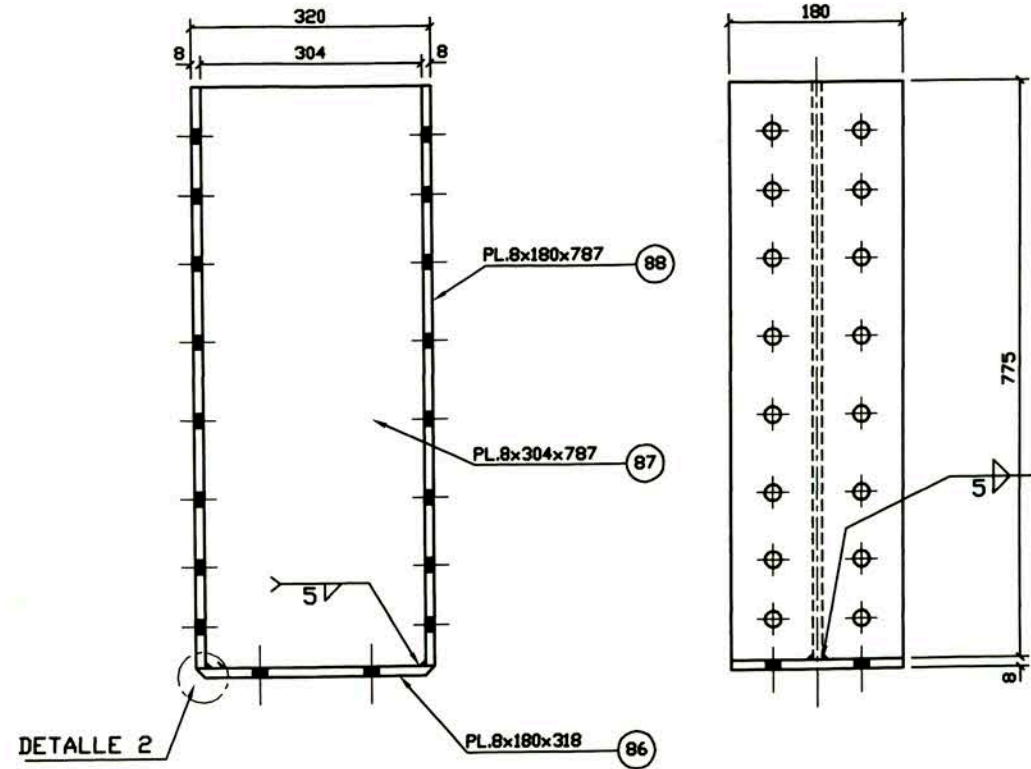
(ESC.: 1/30)

MOSTRADA: BI-07M
OPUESTA: BI-07P

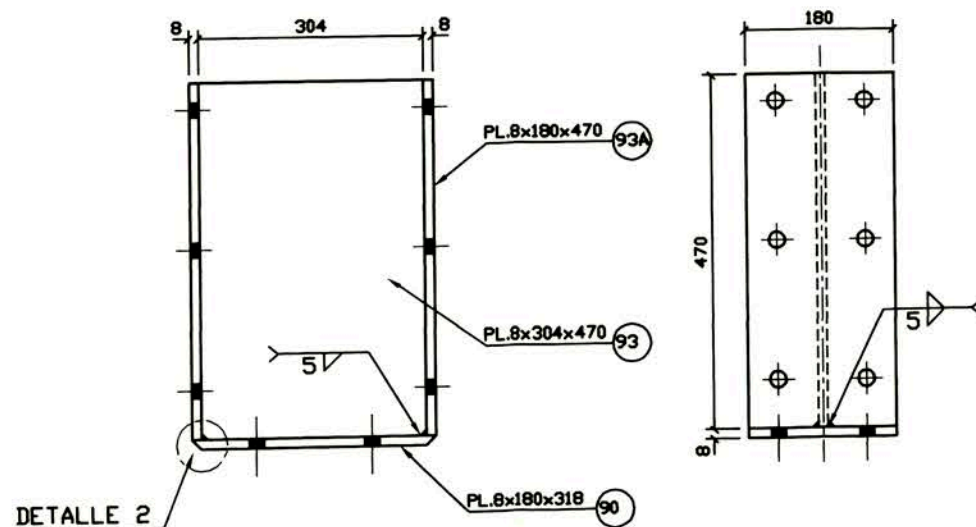
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARDA VNA: C-30	LAMINA:
Brida Inferior 7 de 7		LUZ LIBRE: 80 M	F-07
DB: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



CONECTORES EJE 0-0'
CANT.: 04 PIEZAS

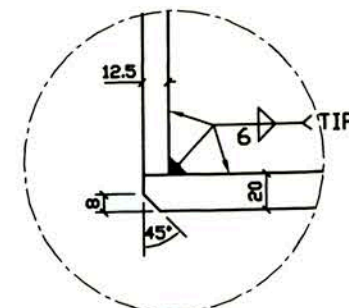


CONECTORES EJE 2-2'
4-4'
6-6'
CANT.: 12 PIEZAS

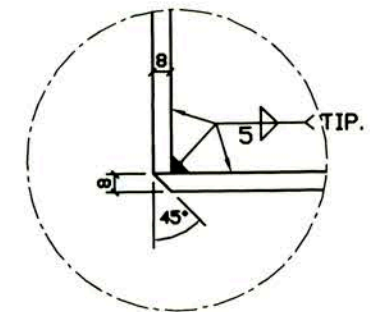


CONECTORES INTERMEDIOS
CANT.: 28 PIEZAS

NOTA: LA PERFORACION DE LOS AGUJEROS
SERA EJECUTADO EN EL ENSAMBLAJE
CON LAS VIGAS LONGITUDINALES.

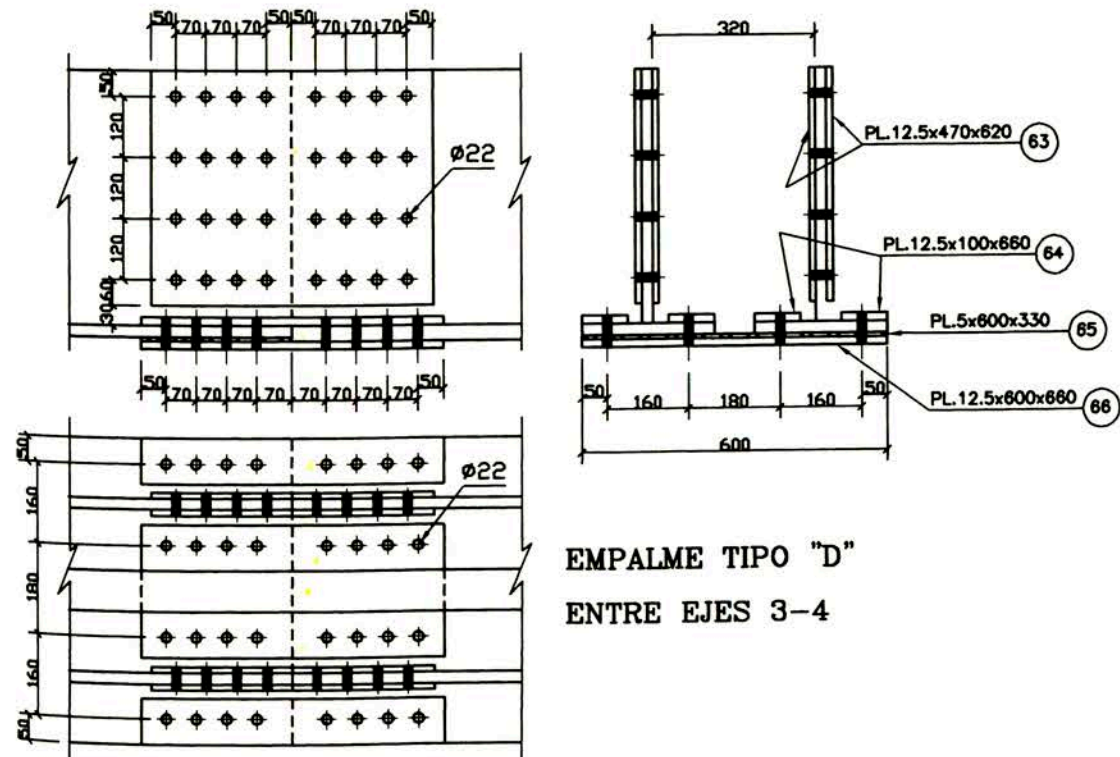
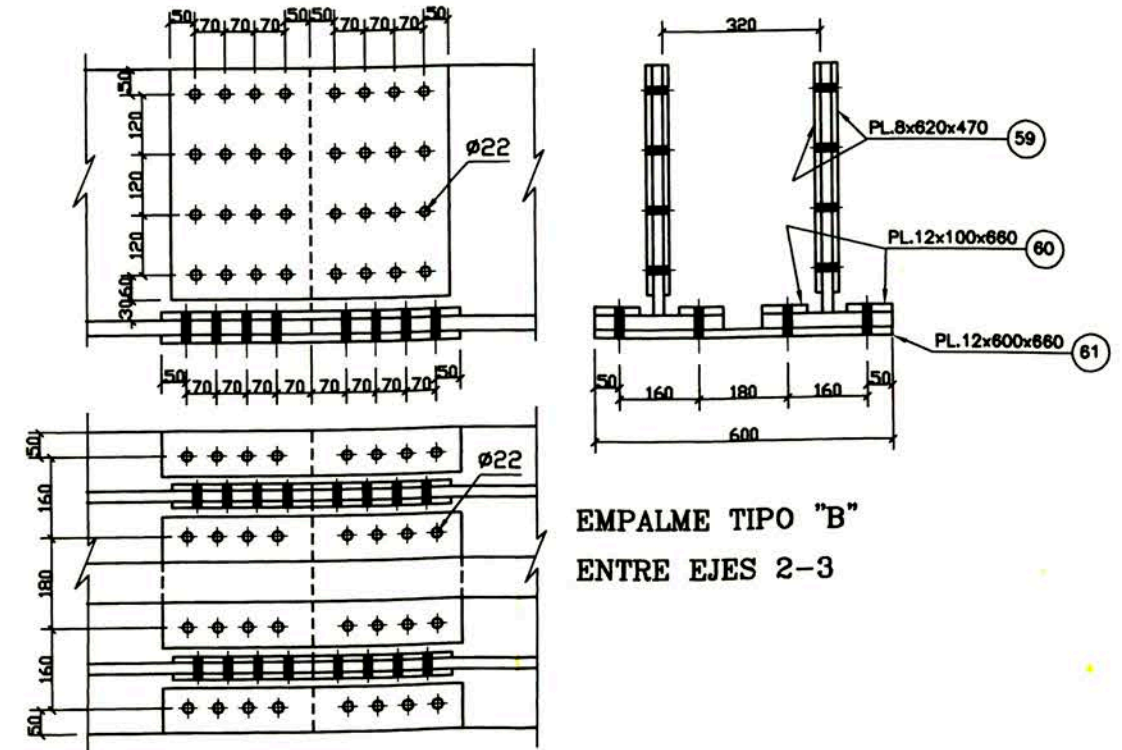
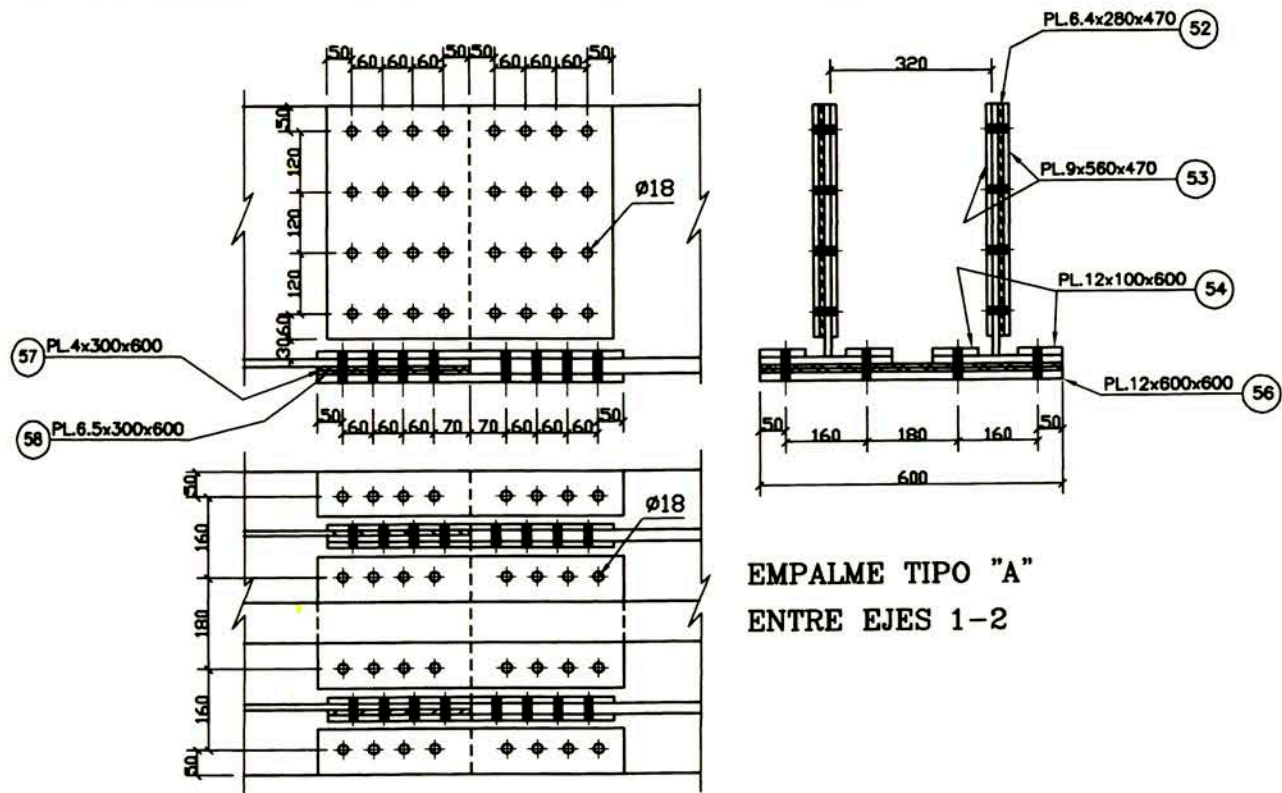


DETALLE 1

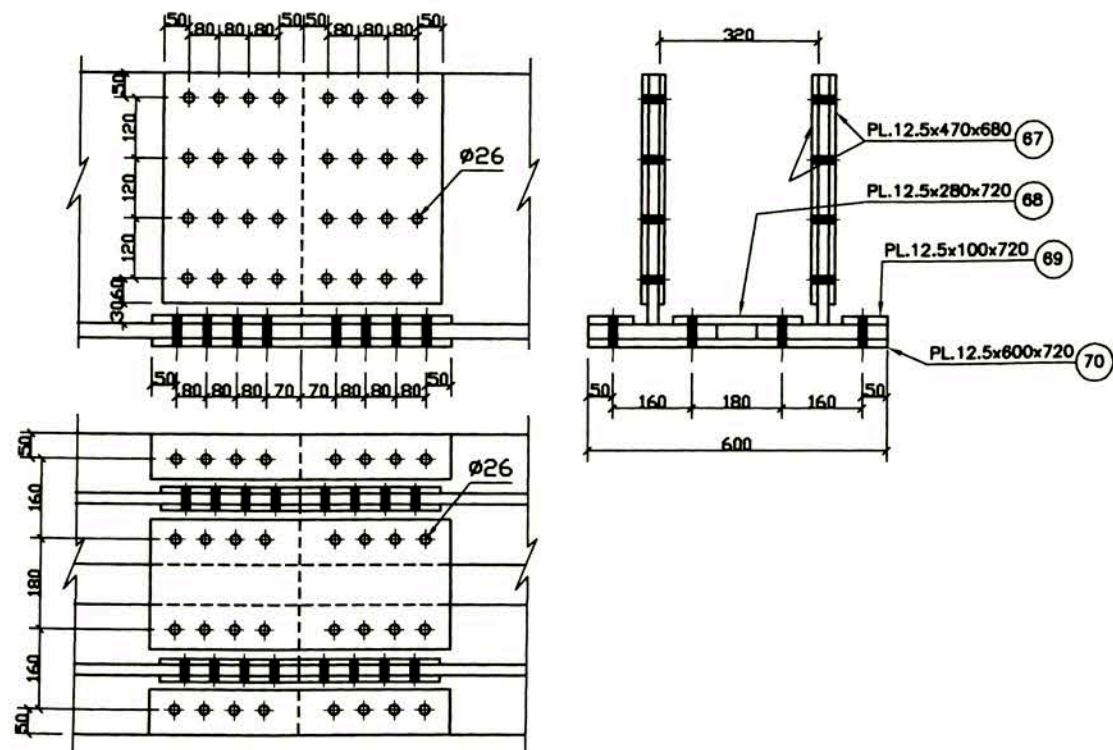


DETALLE 2

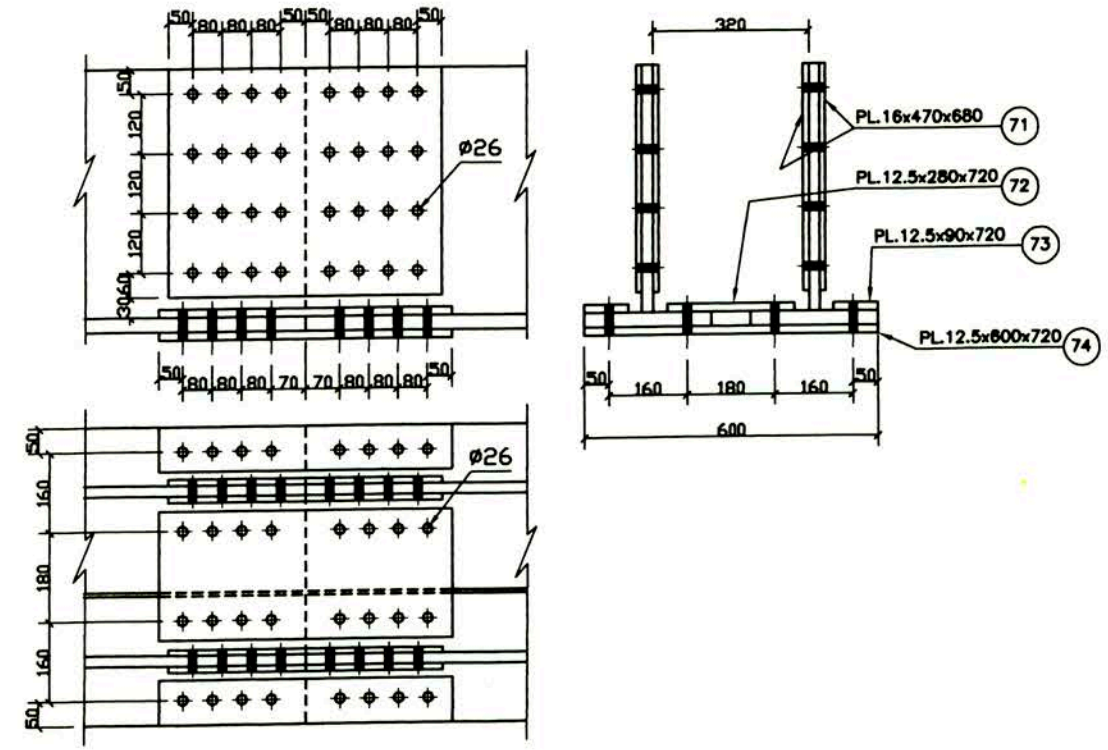
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Conectores Brida Inferior</i>			CARGA VNA: C-30
			LAMINA: F-08
DIBL: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JULIAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Empalme de Miembros Brida Inferior 1 de 2</i>			CARGA VMA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M LAMINA: F-09
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:

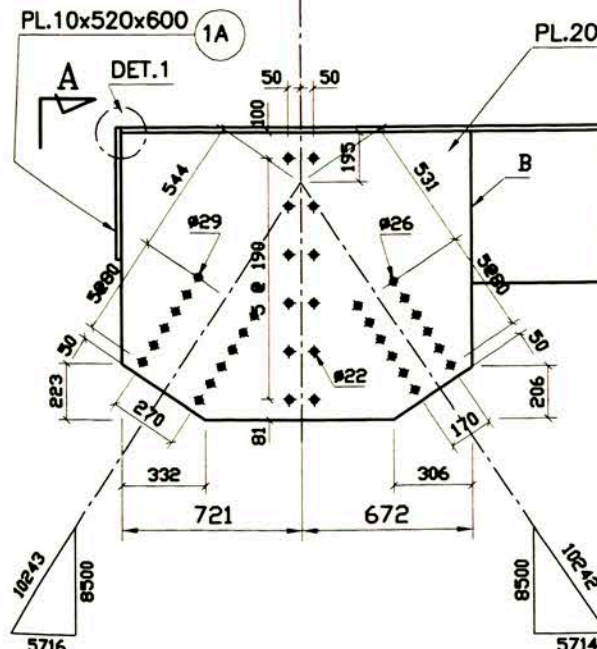
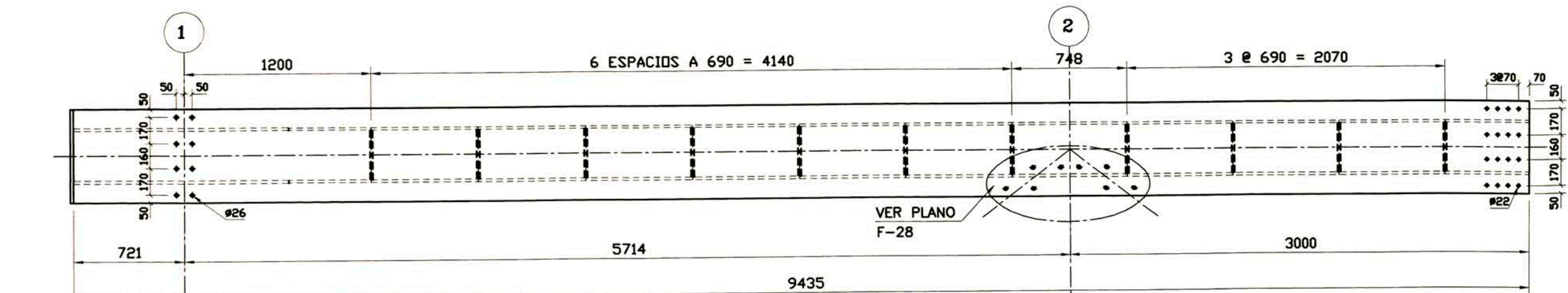


EMPALME TIPO "E"
ENTRE EJES 4-5 y 5-6



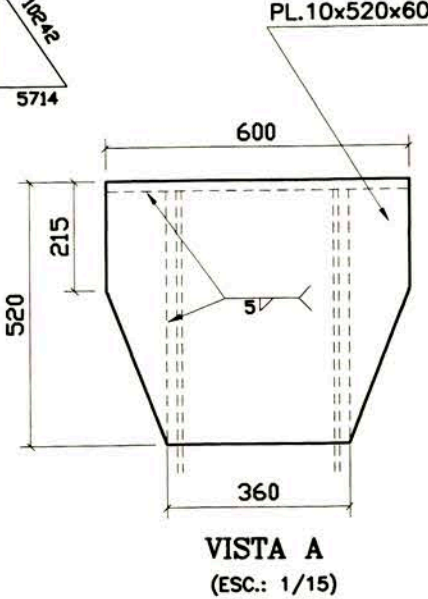
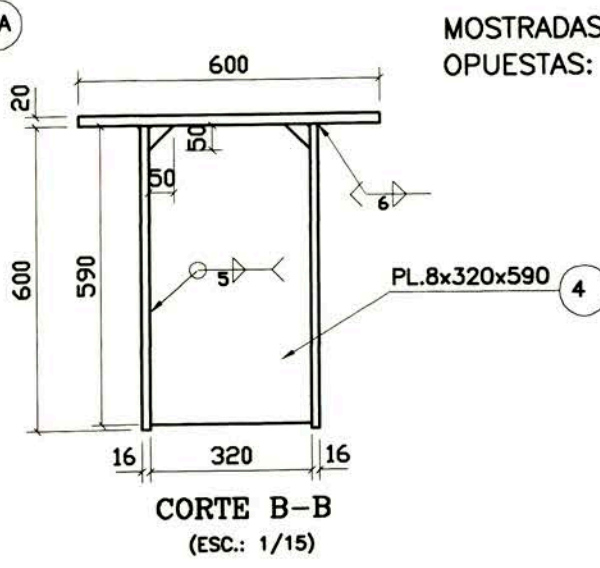
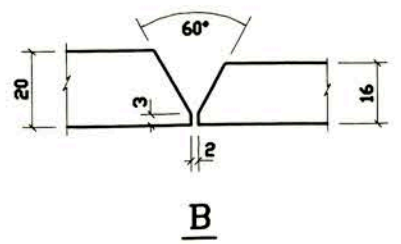
EMPALME TIPO "H"
ENTRE EJES 6-7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Empalme de Miembros Brida Inferior 2 de 2</i>			CARDA VMA: C-30
			LAMINA: F-10
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:

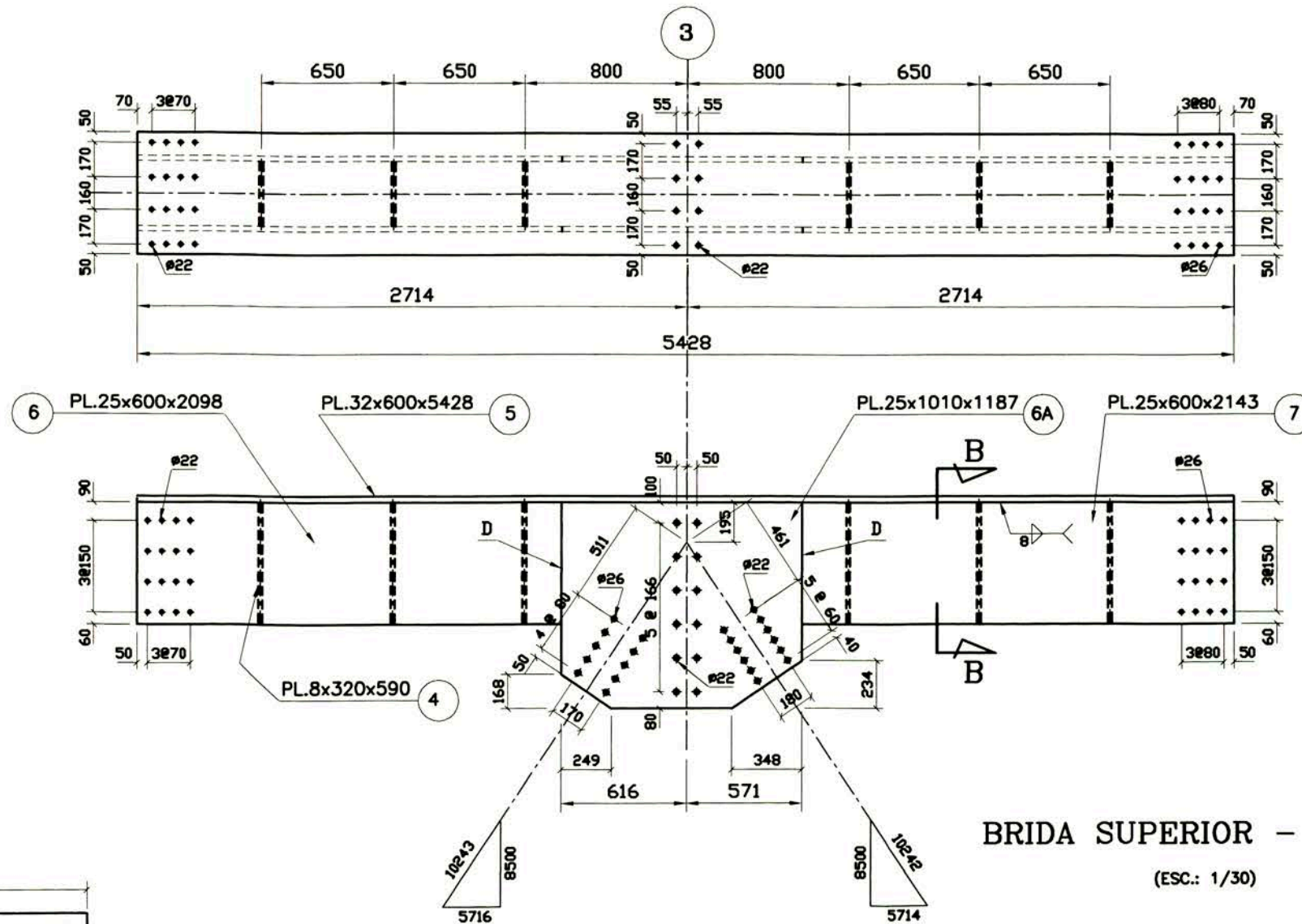


BRIDA SUPERIOR - EJE 1-2
(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BS-01M, BS-11M
OPUESTAS: BS-01P, BS-11P



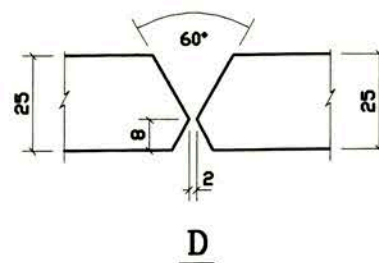
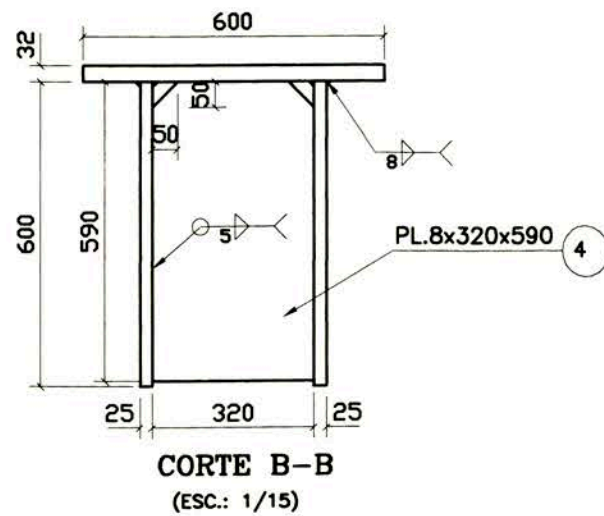
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA:	SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO		
BACH:	JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR:	DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO
PLANO DE FABRICACION:	<i>Brida Superior</i>	1 de 6	CARDA VMA: C-30
			LAMINA: F-11
DIB.:	J.A.M.C.	ESC.:	INDICADA
FECHA:	SET. 2000	REV.:	



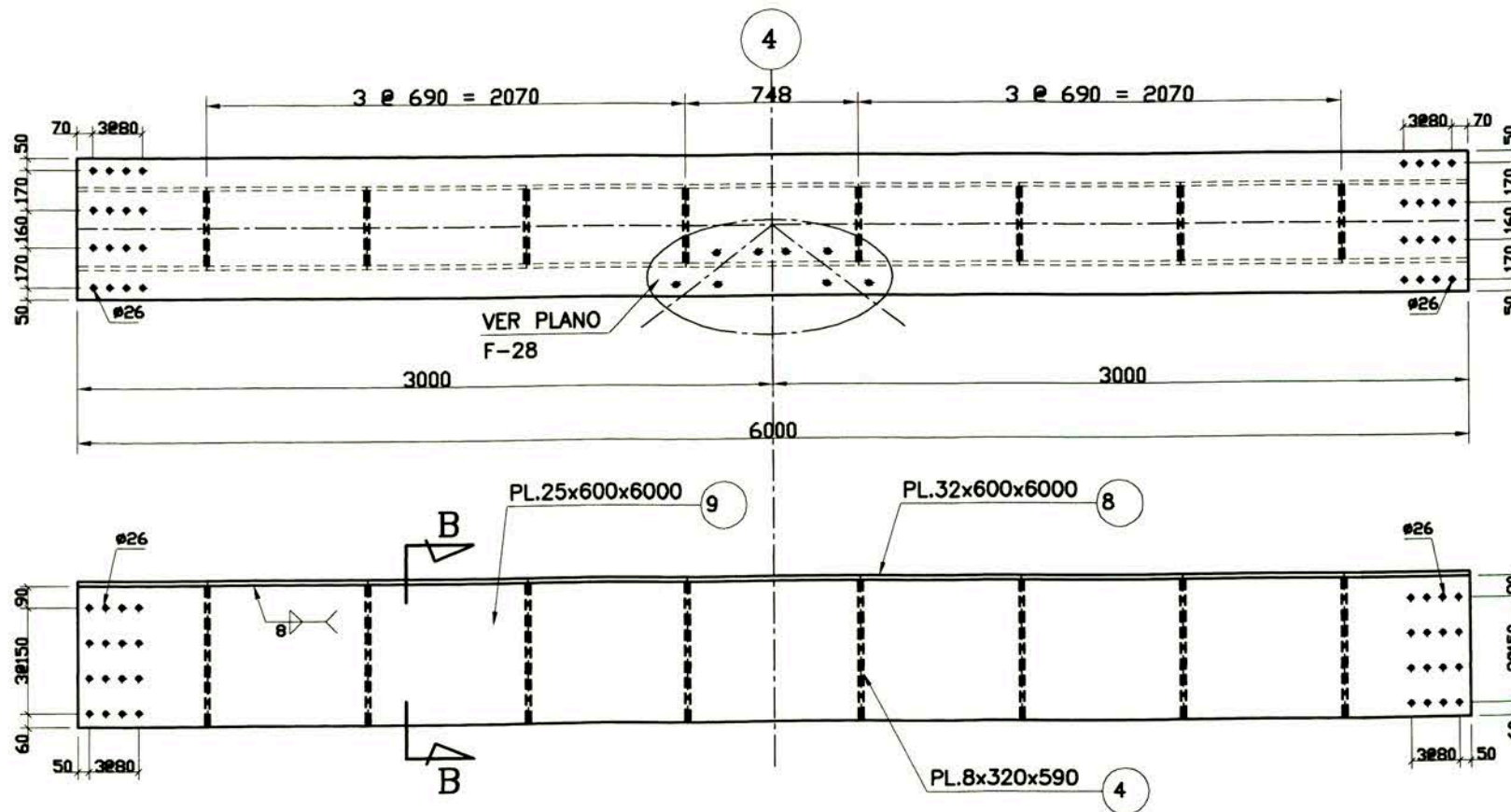
BRIDA SUPERIOR - EJE 3

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BS-02M, BS-10M
 OPUESTAS: BS-02P, BS-10P



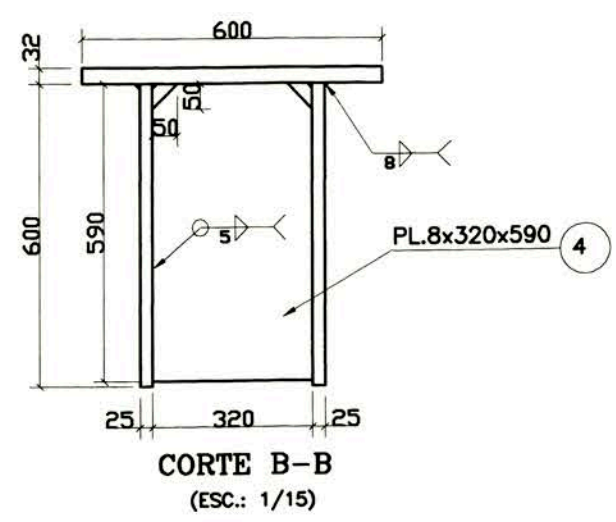
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Superior 2 de 6</i>			CARGA VIVA: C-30
			LUMEN LIBRE: 80 M
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.: F-12



BRIDA SUPERIOR - EJE 4

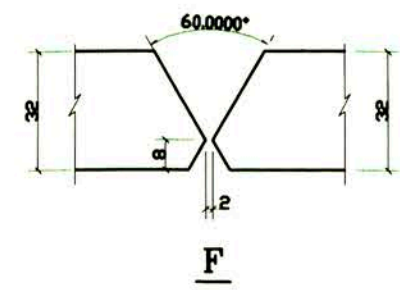
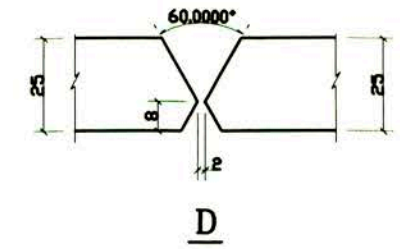
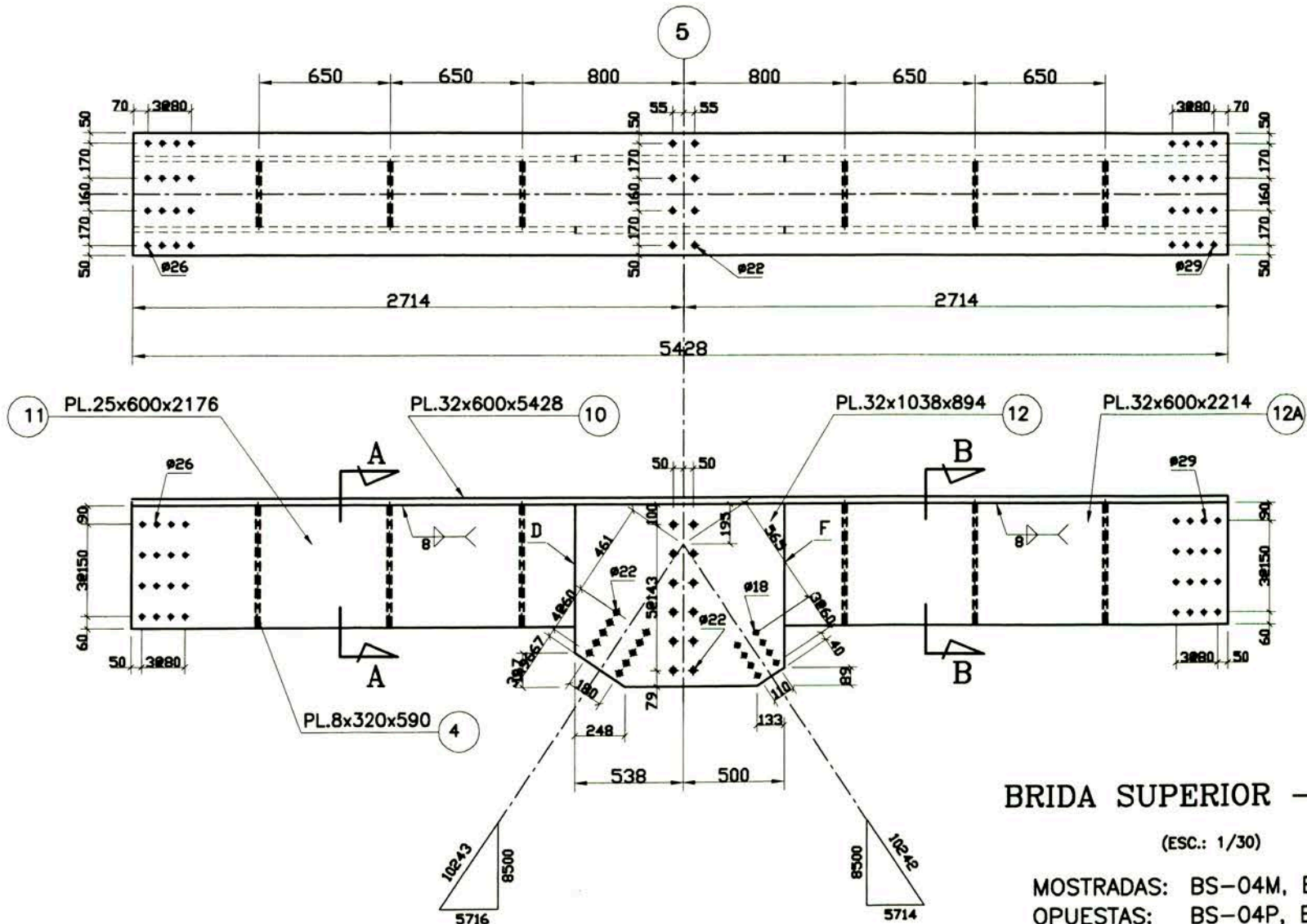
(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BS-03M, BS-09M
 OPUESTAS: BS-03P, BS-09P



CORTE B-B
(ESC.: 1/15)

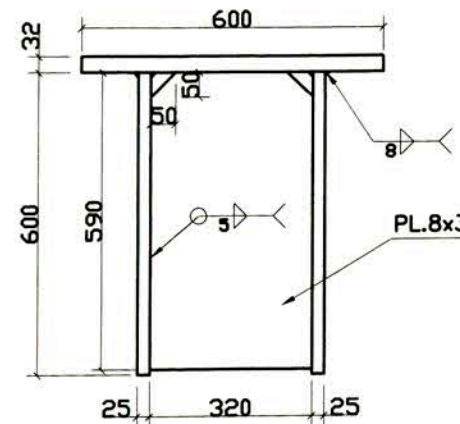
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Superior 3 de 6</i>		CARGA VIVA: C-30	LAMINA: F-13
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



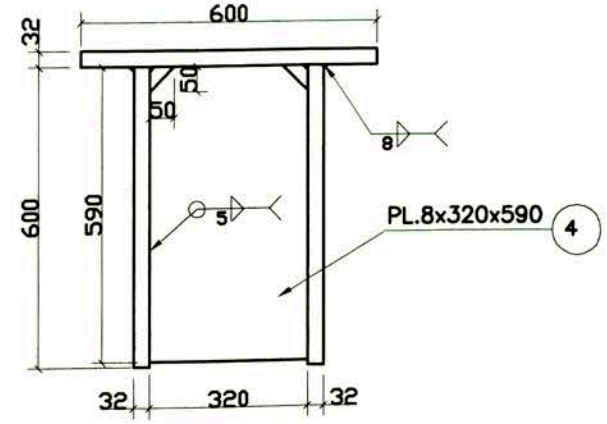
BRIDA SUPERIOR - EJE 5

(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BS-04M, BS-08M
 OPUESTAS: BS-04P, BS-08P

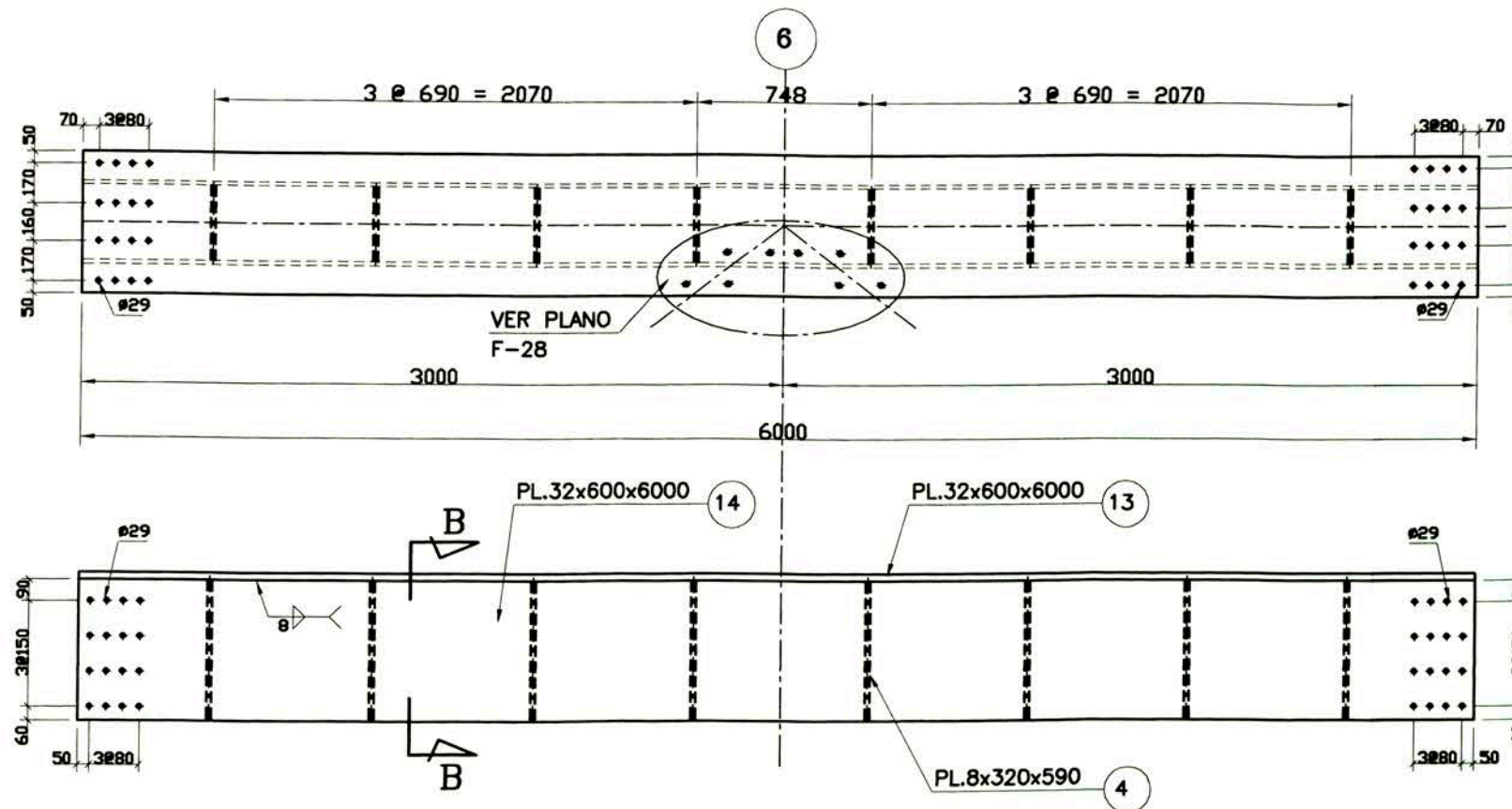


CORTE A-A
(ESC.: 1/15)



CORTE B-B
(ESC.: 1/15)

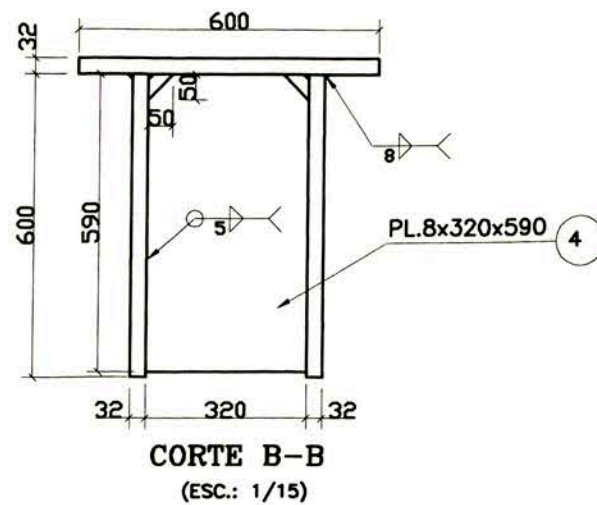
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Superior</i> 4 de 6			CARGA VMA: C-30
			LUMEN: BO M
DIB: J.A.M.C.	ESC: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV: F-14



BRIDA SUPERIOR - EJE 6

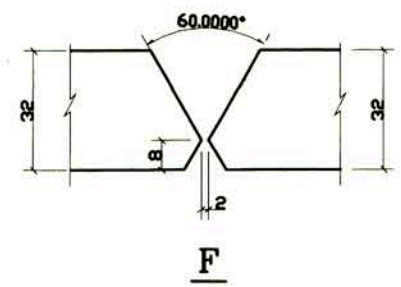
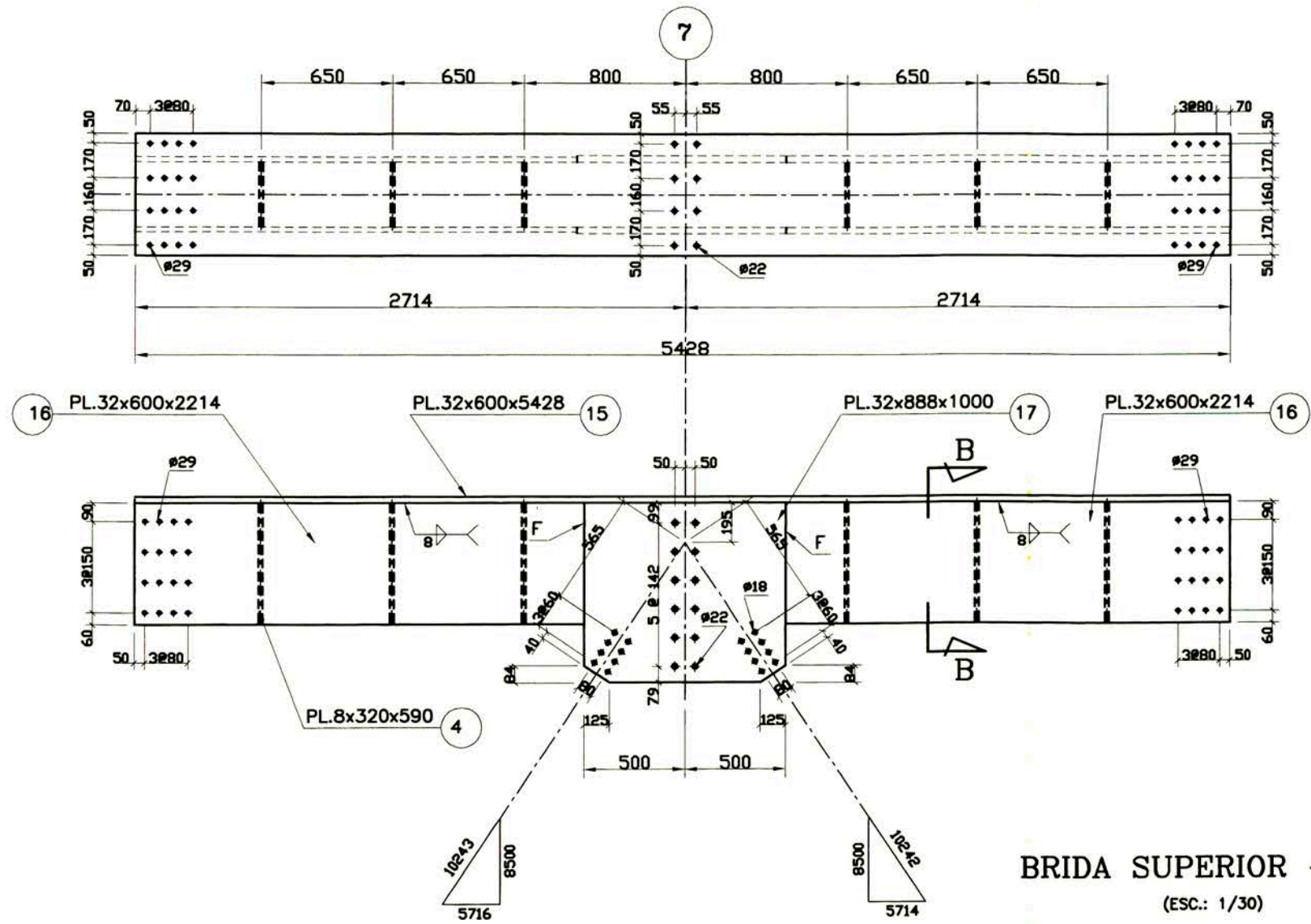
(ESC.: 1/30)

MOSTRADAS: BS-05M, BS-07M
 OPUESTAS: BS-05P, BS-07P



CORTE B-B
(ESC.: 1/15)

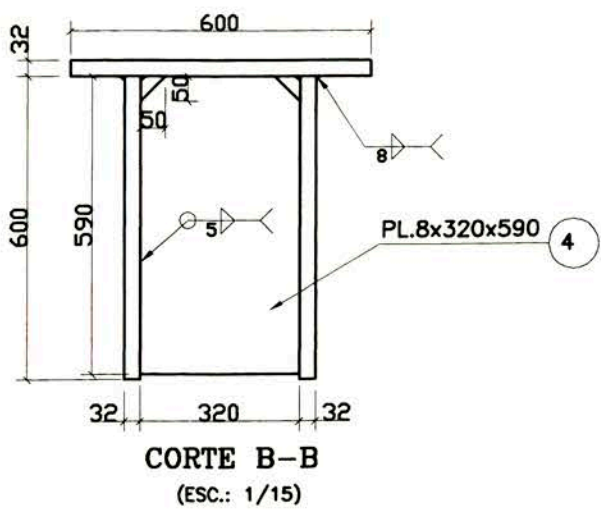
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Superior</i> 5 de 6			CARGA VIVA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M LAMINA: F-15
DB: J.A.M.C.	ESC: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV:



BRIDA SUPERIOR - EJE 7

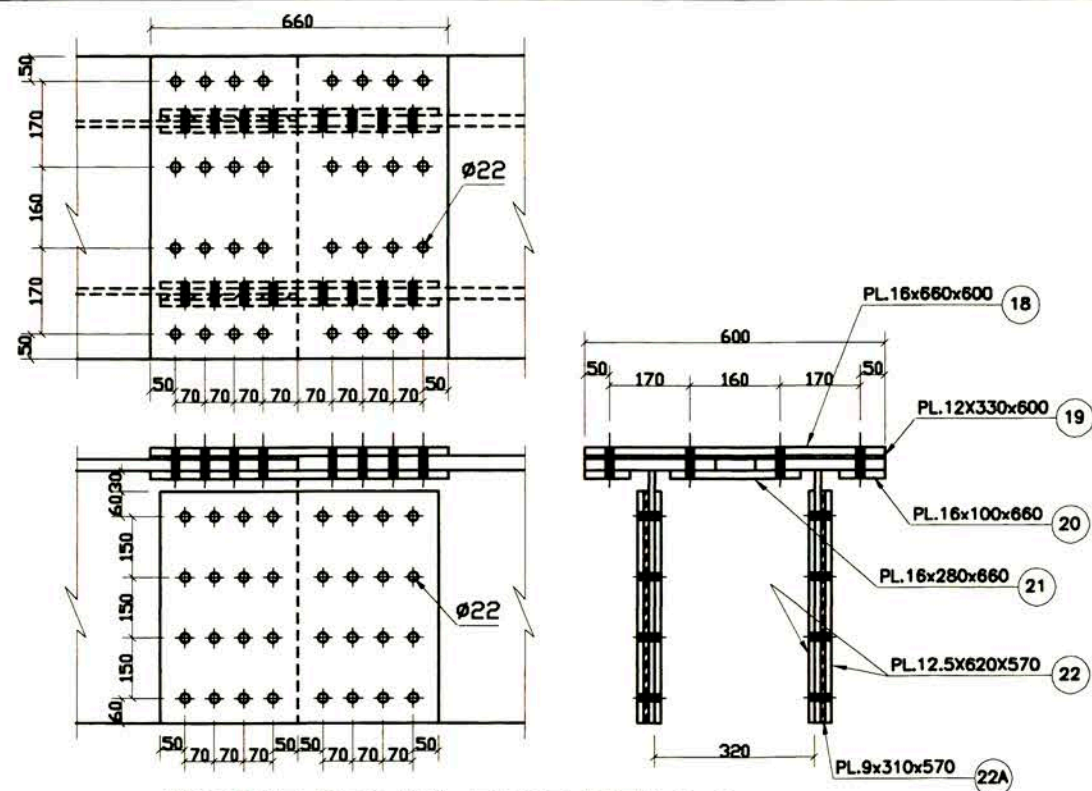
(ESC.: 1/30)

MOSTRADA: BS-06M
OPUESTA: BS-06P

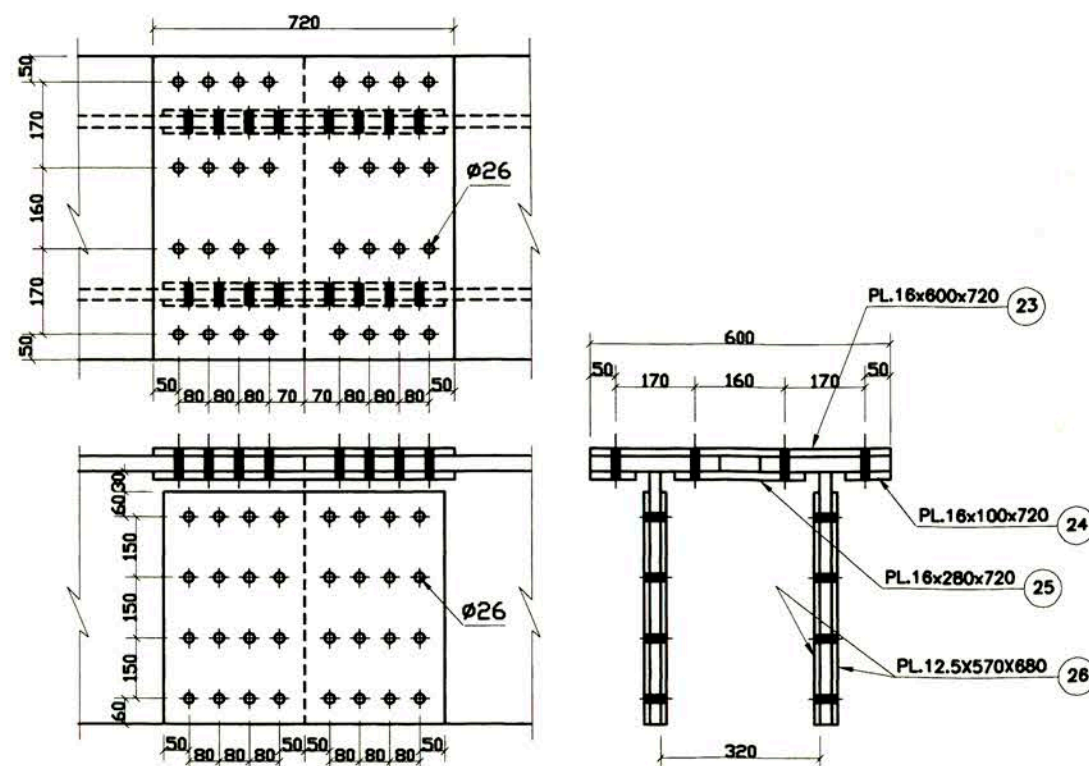


CORTE B-B
(ESC.: 1/15)

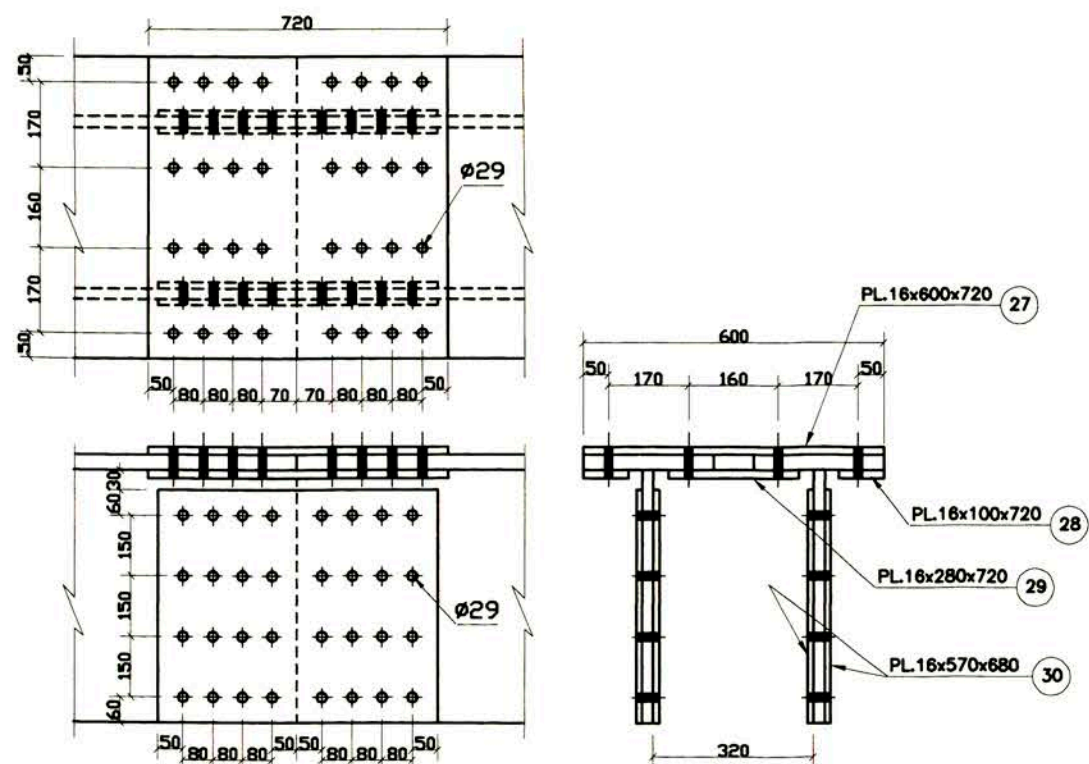
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Brida Superior</i> 6 de 6		CARGA VNM: C-30	LAMINA: F-16
LIBRE: 80 M	DB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000 REV.:



EMPALME TIPO "C", ENTRE EJES 2-3

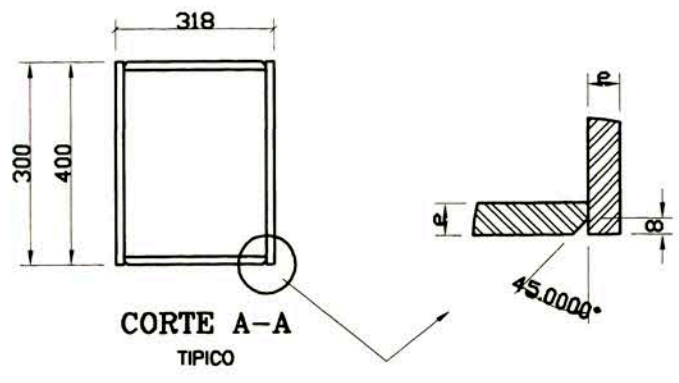
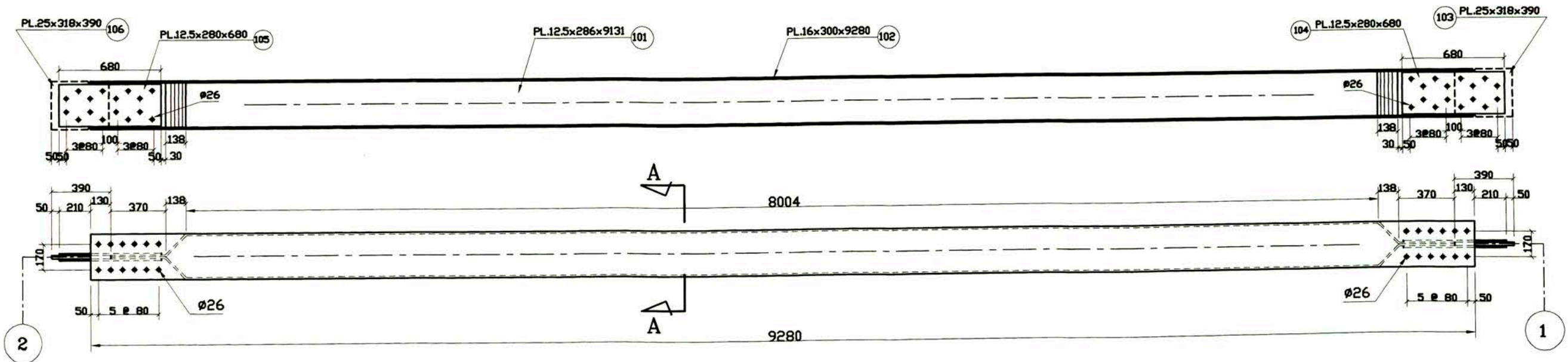
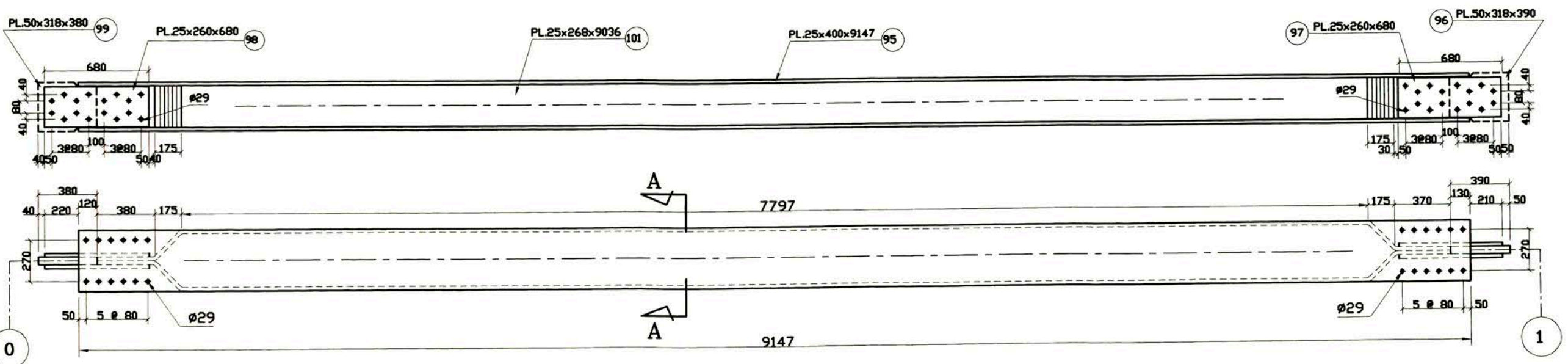


EMPALME TIPO "F", ENTRE EJES 3-4 Y 4-5



EMPALME TIPO "G", ENTRE EJES 5-6 Y 6-7

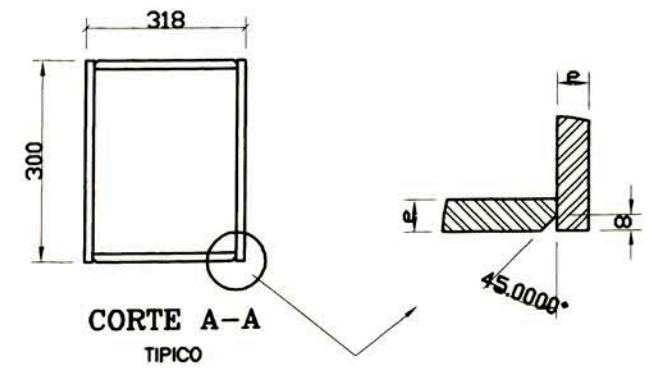
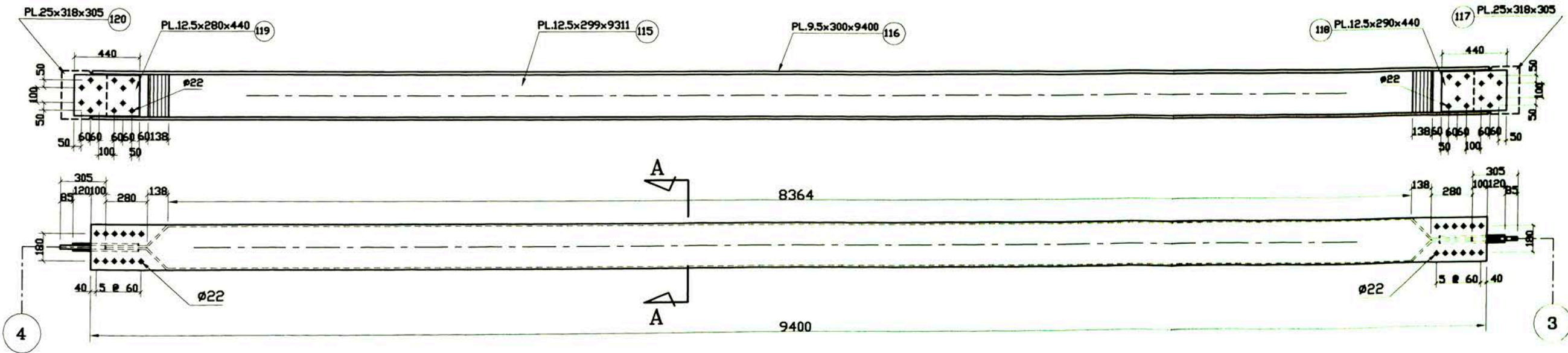
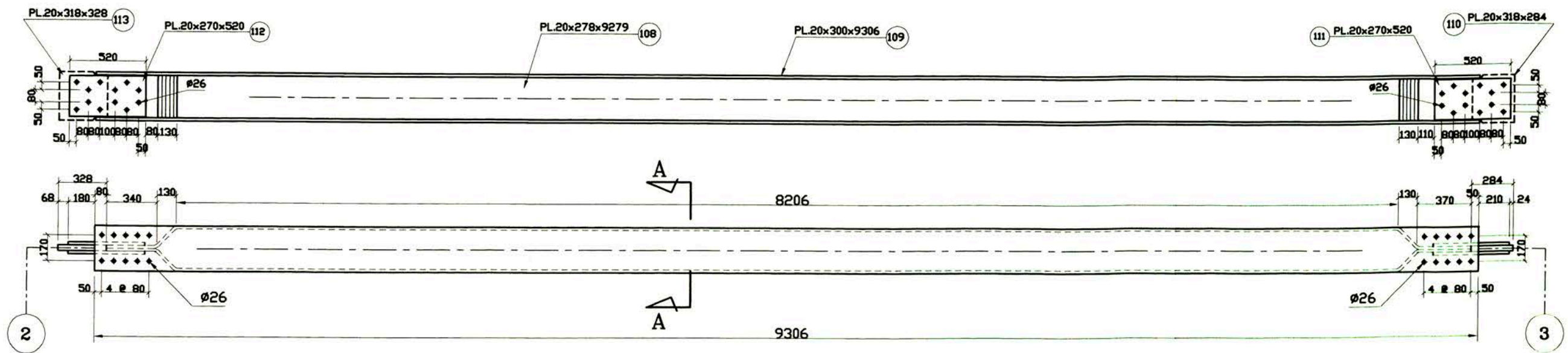
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VIVA: C-30	LAMINA: F-17
<i>Empalme de Miembros Brida Superior</i>		LUZ LIBRE: 80 M	
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



DIAGONAL EJE 0-1
 MOSTRADAS: D-01M, D-14M
 OPUESTAS: D-01P, D-14P

DIAGONAL EJE 2-1
 MOSTRADAS: D-02M, D-13M
 OPUESTAS: D-02P, D-13P

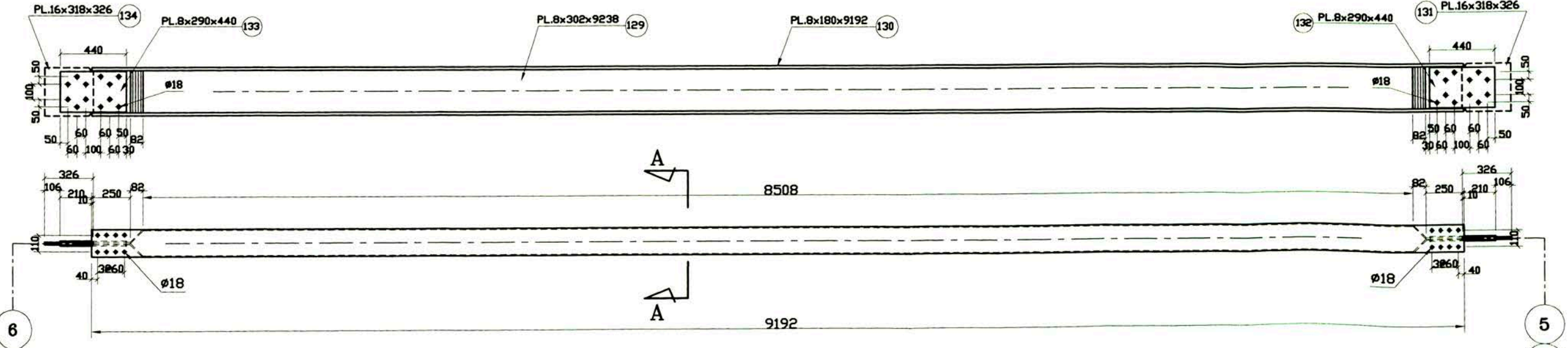
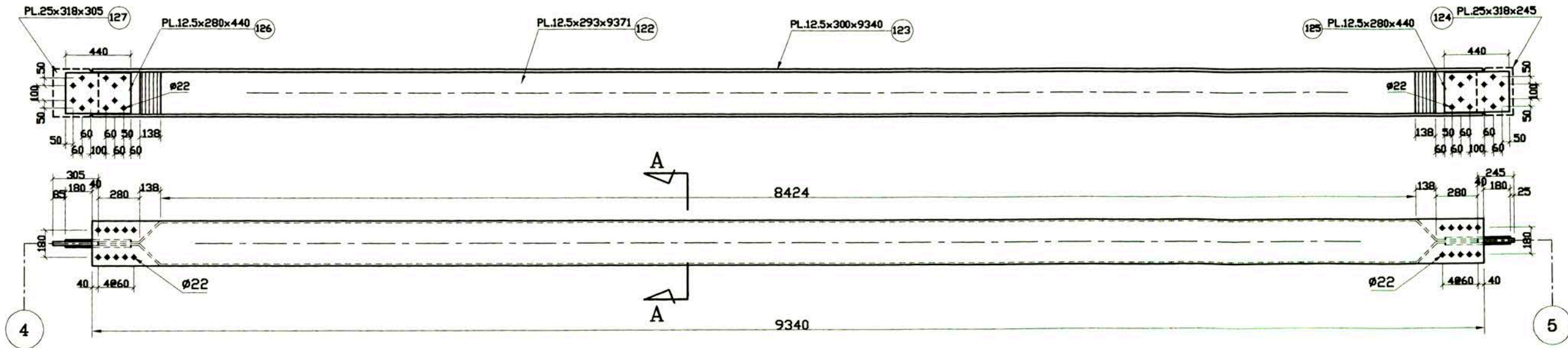
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: Diagonales 1 de 3		CARGA VIVA: C-30	LAMINA: F-18
LUZ LIBRE: 80 M		DB: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA
FECHA: SET. 2000		REV.:	



DIAGONAL EJE 2-3
 MOSTRADAS: D-03M, D-12M
 OPUESTAS: D-03P, D-12P

DIAGONAL EJE 4-3
 MOSTRADAS: D-04M, D-11M
 OPUESTAS: D-04P, D-11P

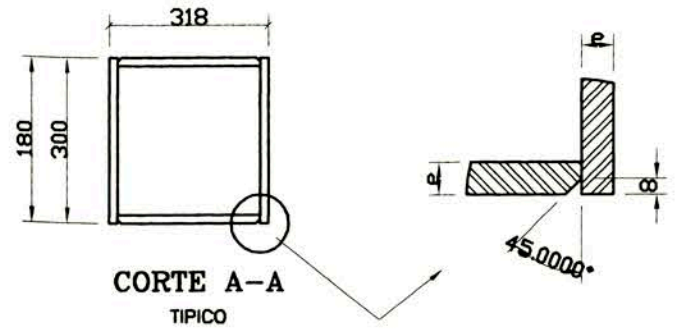
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: Diagonales 2 de 3		CARDA VIVA: C-30	LAMINA: F-19
LUZ LIBRE: 80 M	DB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000
REV.:			



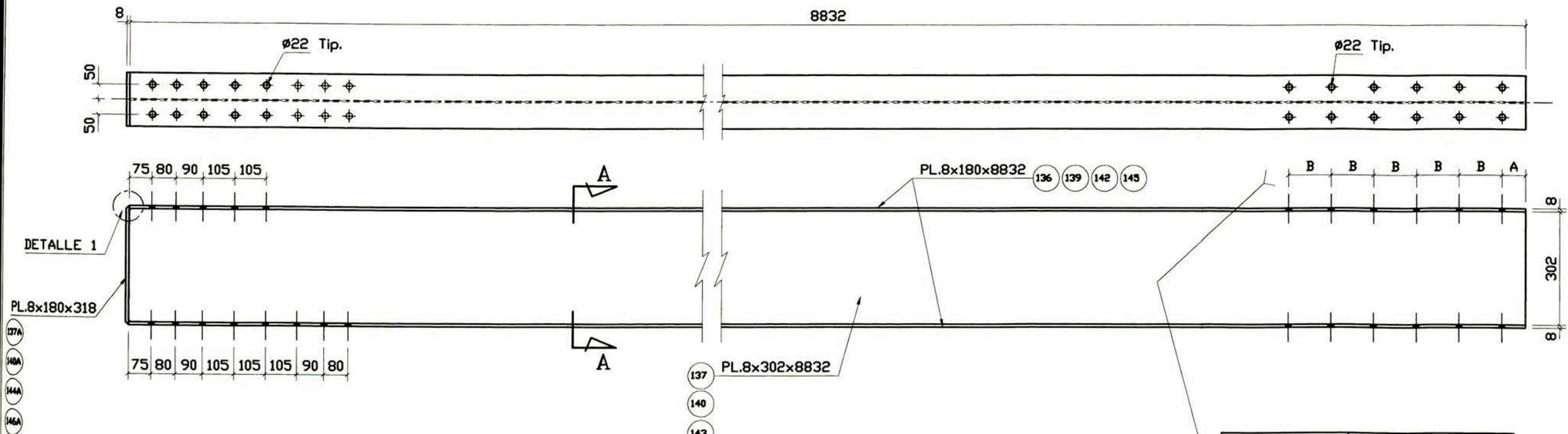
DIAGONAL EJE 4-5
 MOSTRADAS: D-05M, D-10M
 OPUESTAS: D-05P, D-10P

DIAGONAL EJE 6-7
 MOSTRADAS: D-07M, D-08M
 OPUESTAS: D-07P, D-08P

DIAGONAL EJE 6-5
 MOSTRADAS: D-06M, D-09M
 OPUESTAS: D-06P, D-09P



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Diagonales</i> 3 de 3			CARGA VIVA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET, 2000	REV.: LAMINA: F-20



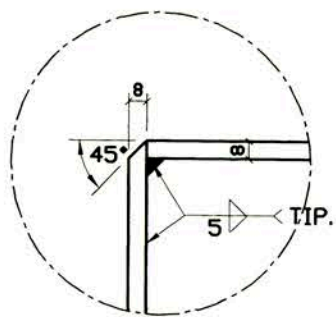
MONTANTE EJE 1-1'
 MOSTRADOS: M-01M, M-07M
 OPUESTOS: M-01P, M-07P

EJES	A	B
1-1'	80	190
3-3'	80	166
5-5'	80	143
7	79	142

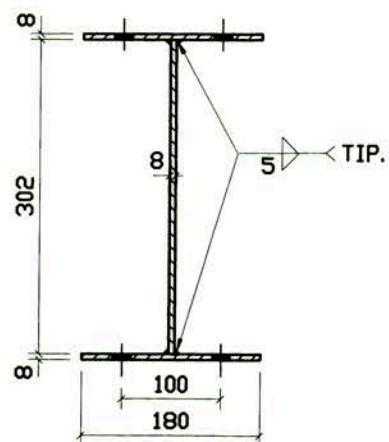
MONTANTE EJE 3-3'
 MOSTRADOS: M-02M, M-06M
 OPUESTOS: M-02P, M-06P

MONTANTE EJE 5-5'
 MOSTRADOS: M-03M, M-05M
 OPUESTOS: M-03P, M-05P

MONTANTE EJE 7
 MOSTRADO: M-07M
 OPUESTO: M-07P

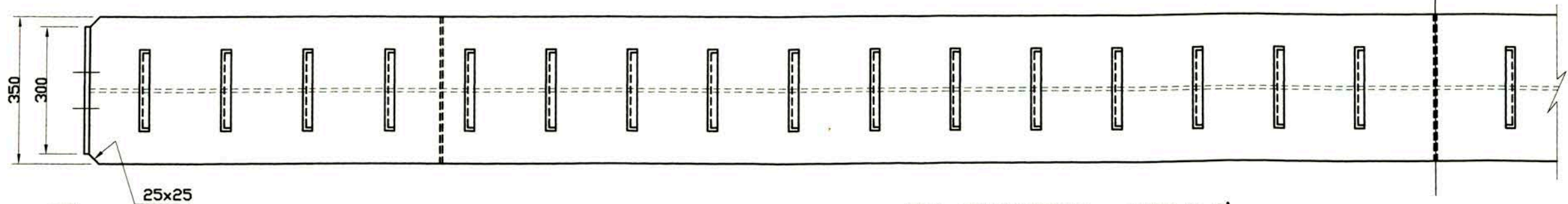
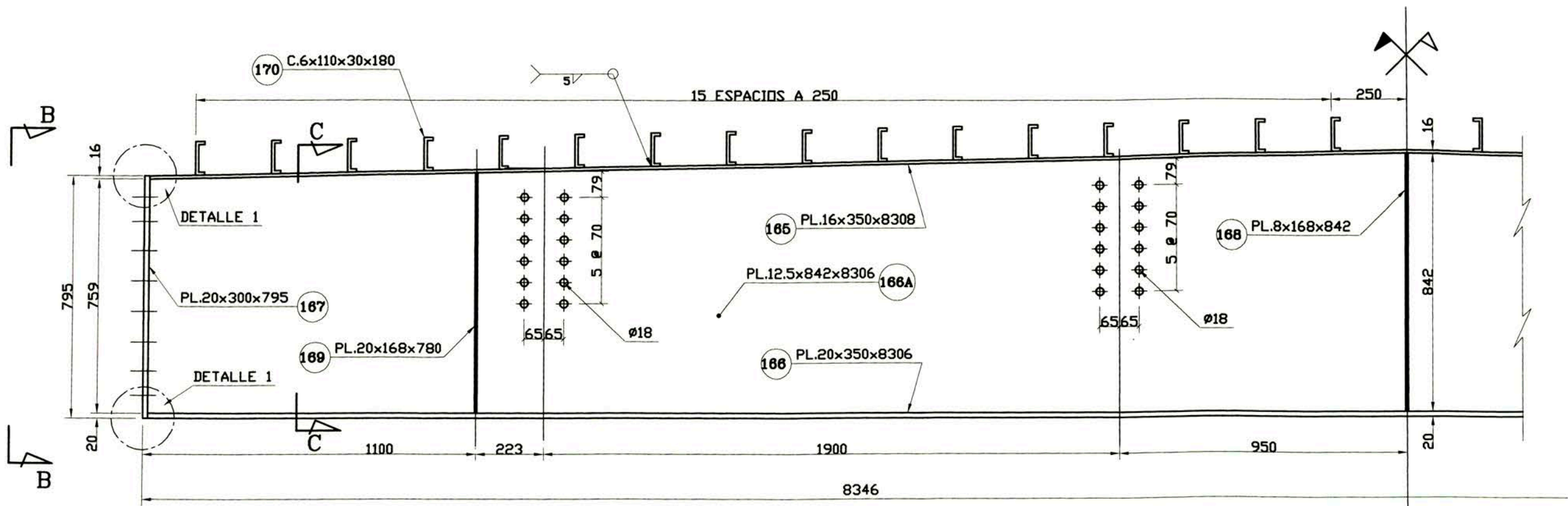


DETALLE 1



CORTE A-A
TÍPICO

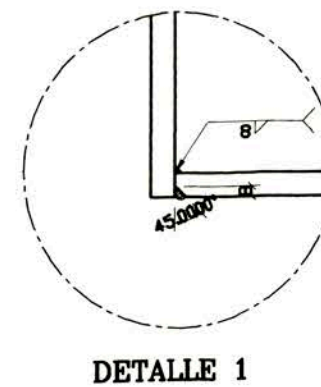
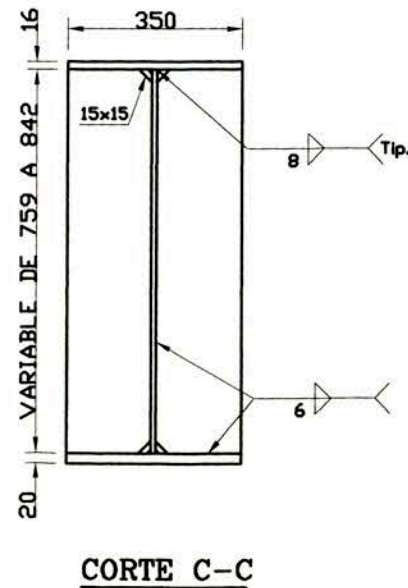
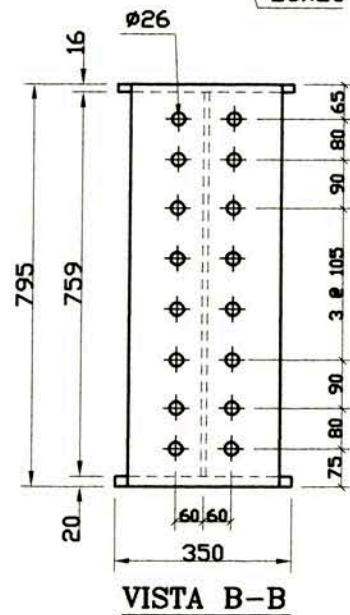
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: Montantes		CARGA VIVA: C-30	LAMINA: F-21
LUZ LIBRE: 80 M		DIB: J.A.M.C.	ESC: INDICADA
FECHA: SET. 2000		REV:	



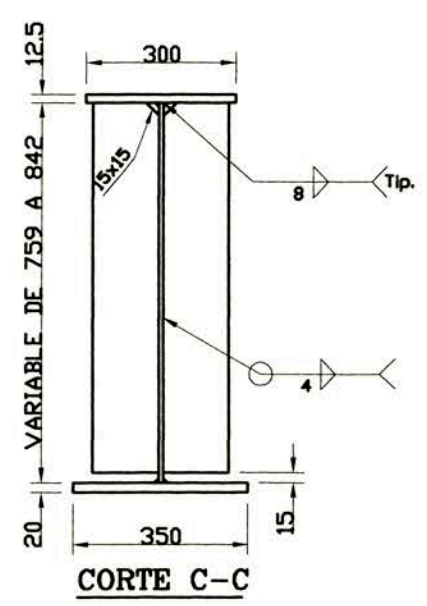
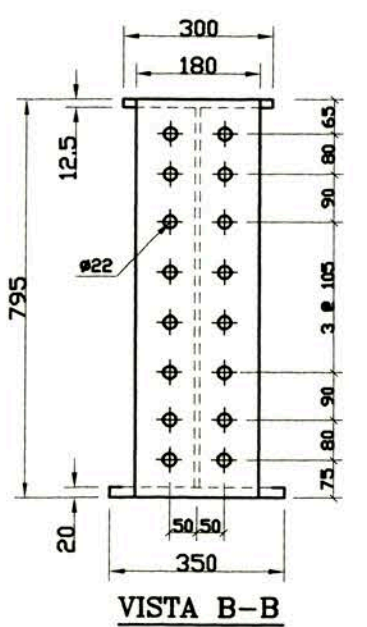
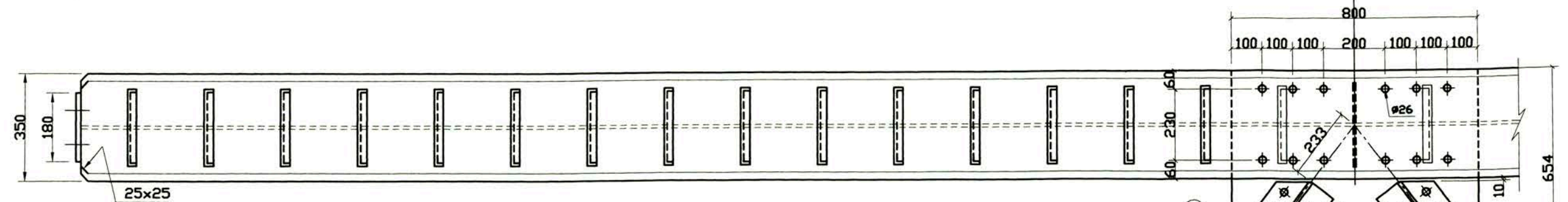
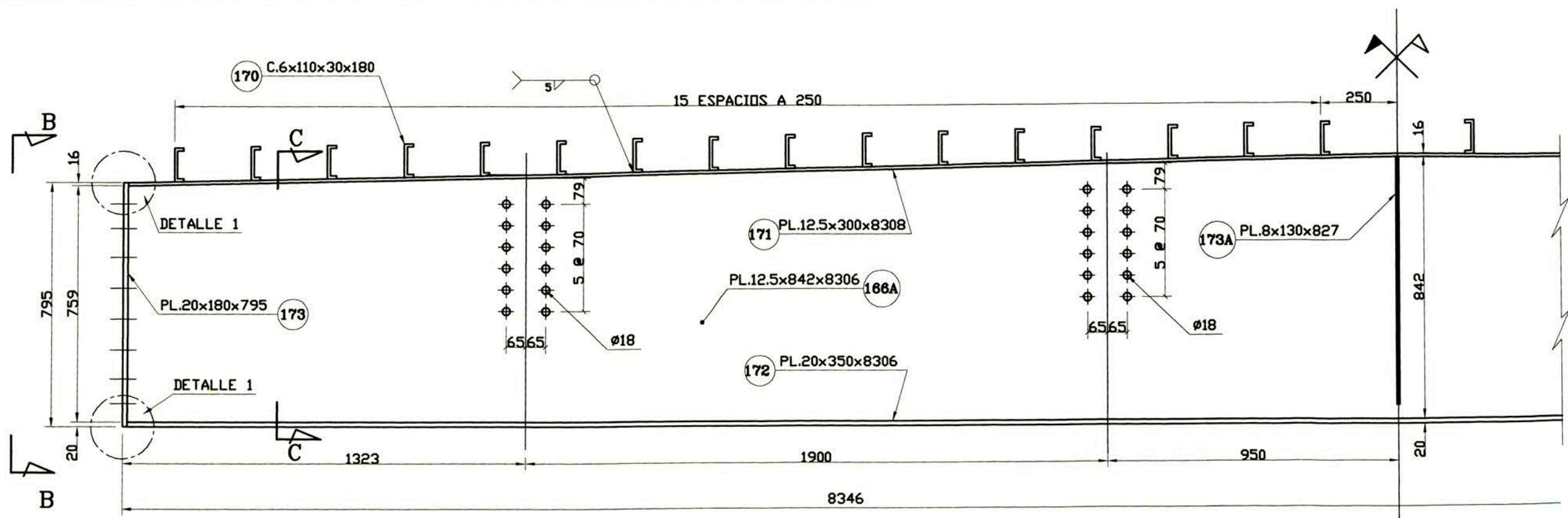
VIGA TRANSVERSAL - EJES 0-0'

(ESC.: 1/15)

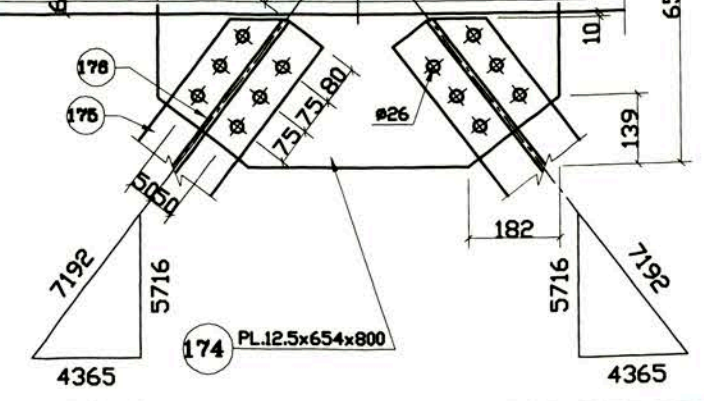
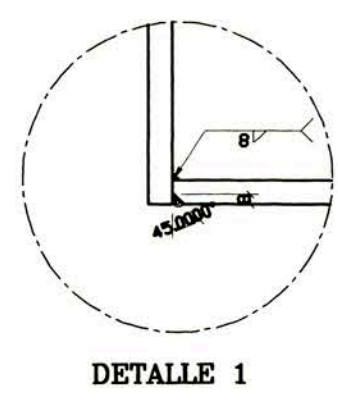
VP-04M, VP-04P



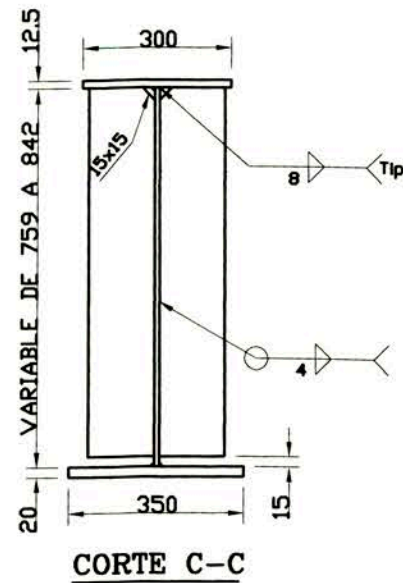
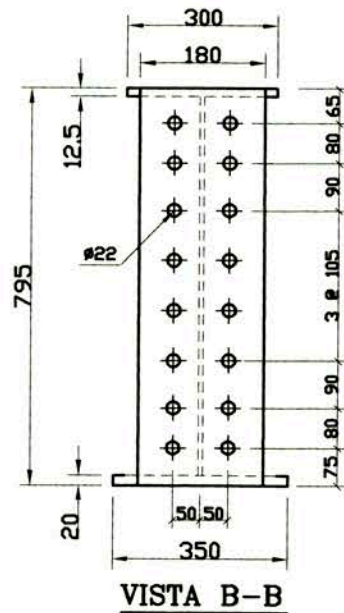
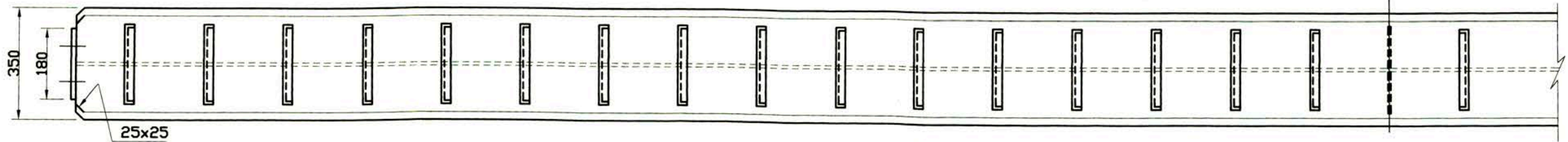
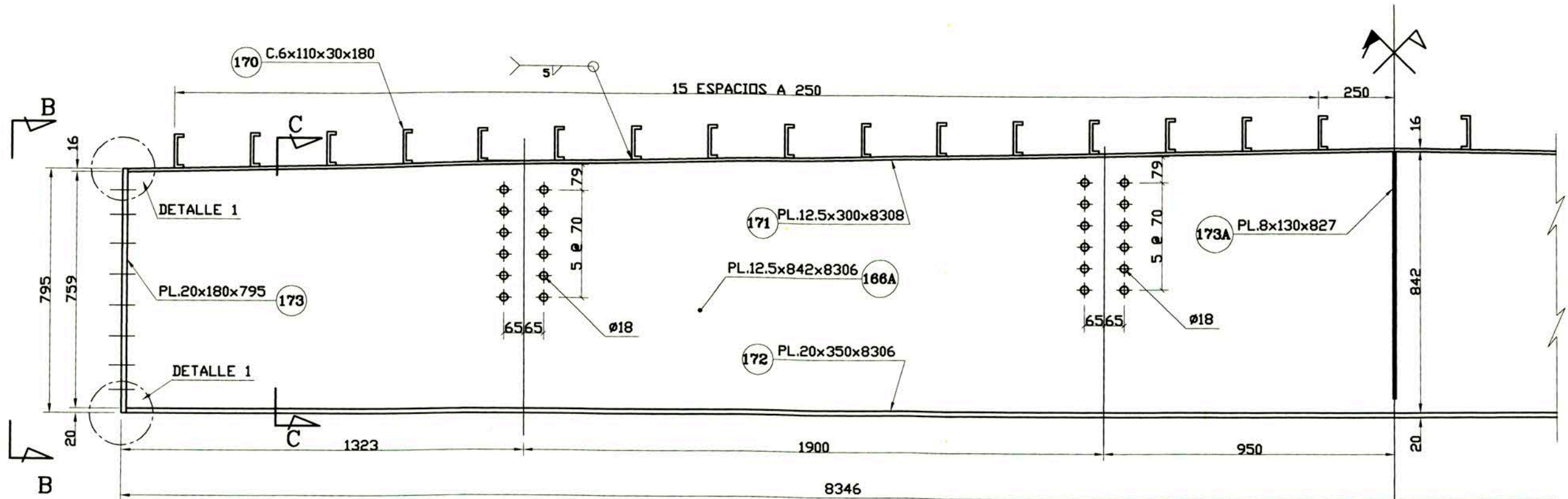
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: Viga Transversal		CARGA VNR: C-30	LAMINA: F-22
1 de 3		LUZ LIBRE: 80 M	
DB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



VIGA TRANSVERSAL - EJES 1-1'
(ESC.: 1/15)
VP-01A, VP-01M



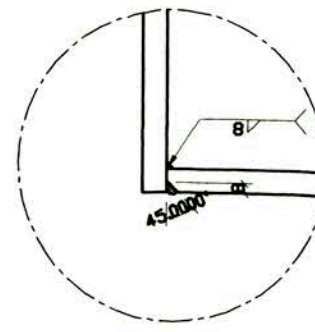
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUNTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VMA: C-30	LAMINA: F-23
Viga Transversal		2 de 3	
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



VIGA TRANSVERSAL RESTO DE EJES

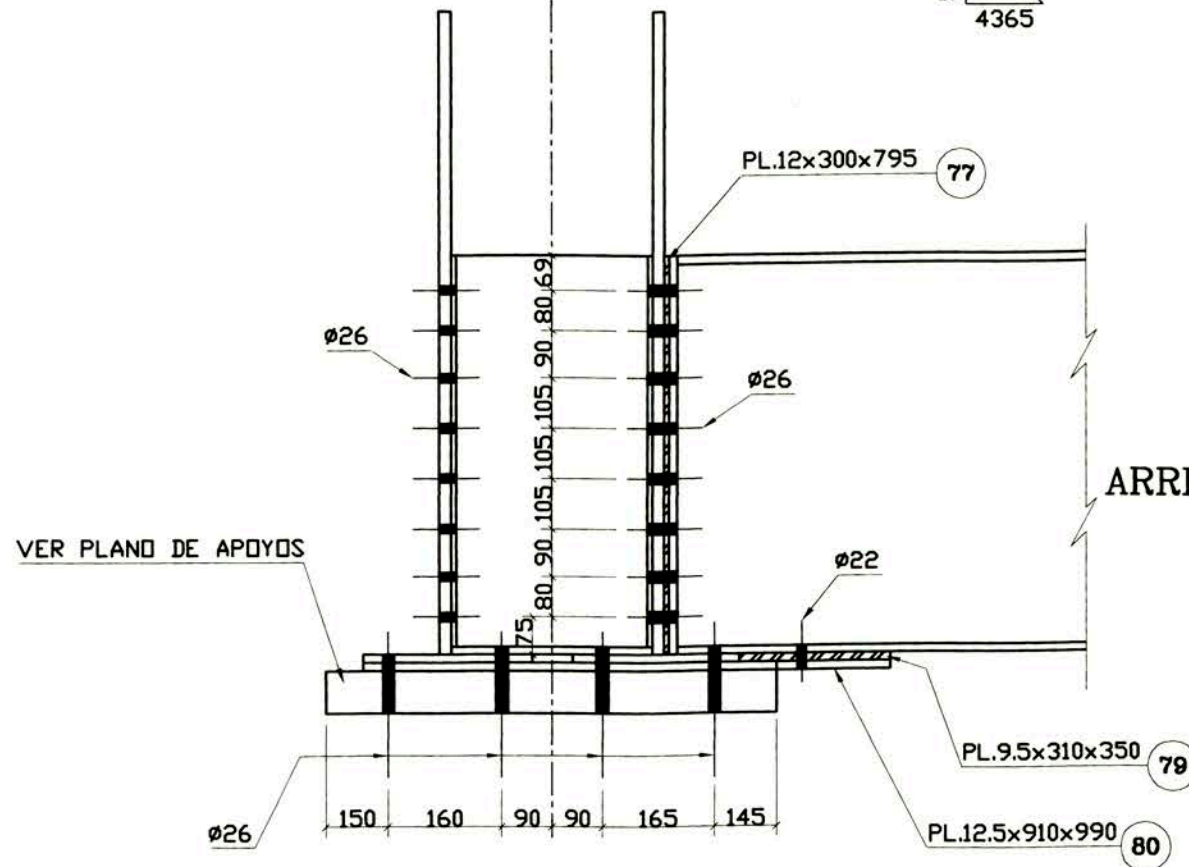
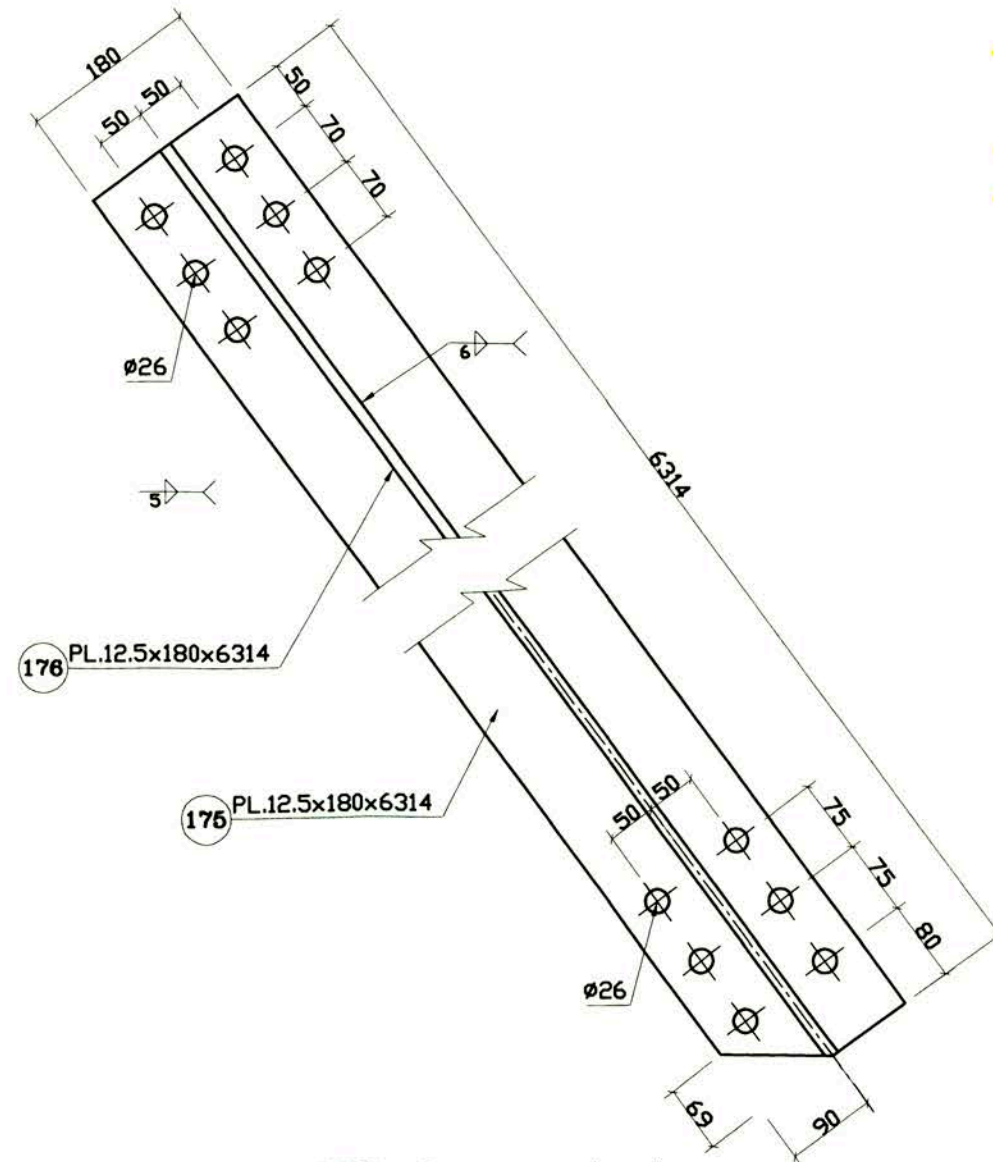
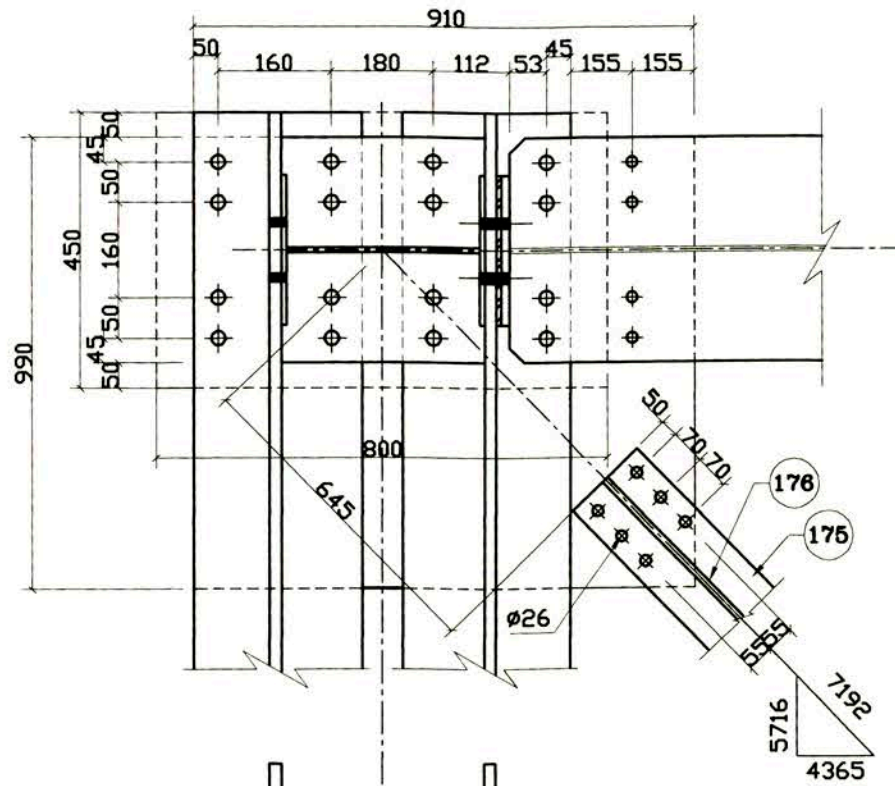
(ESC.: 1/15)

CANT.: 11 PZS.



DETALLE 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VIGA: C-30	LAMINA:
Viga Transversal		3 de 3	F-24
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:

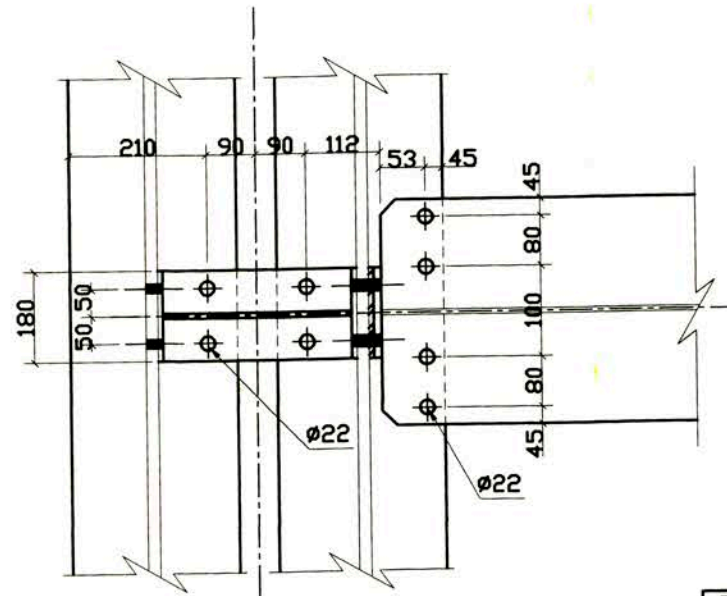
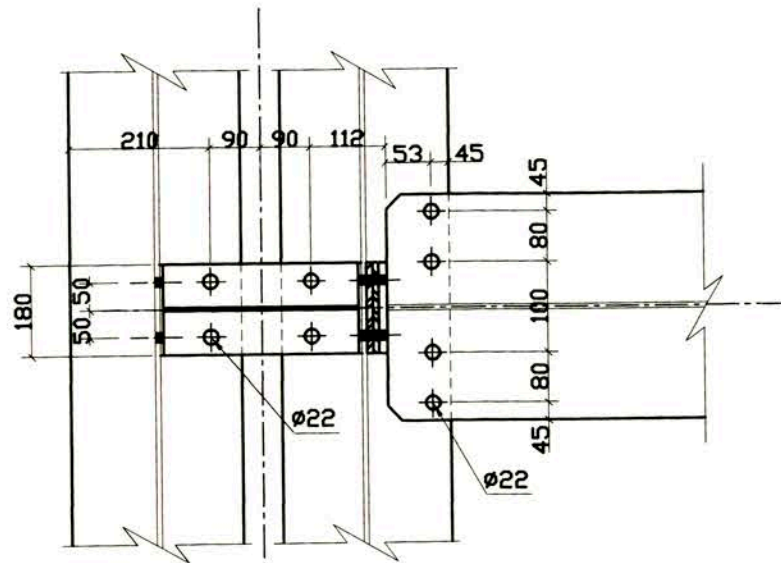


ARRIOSTRE INFERIOR - EJES: 0-1 Y 0'-1'

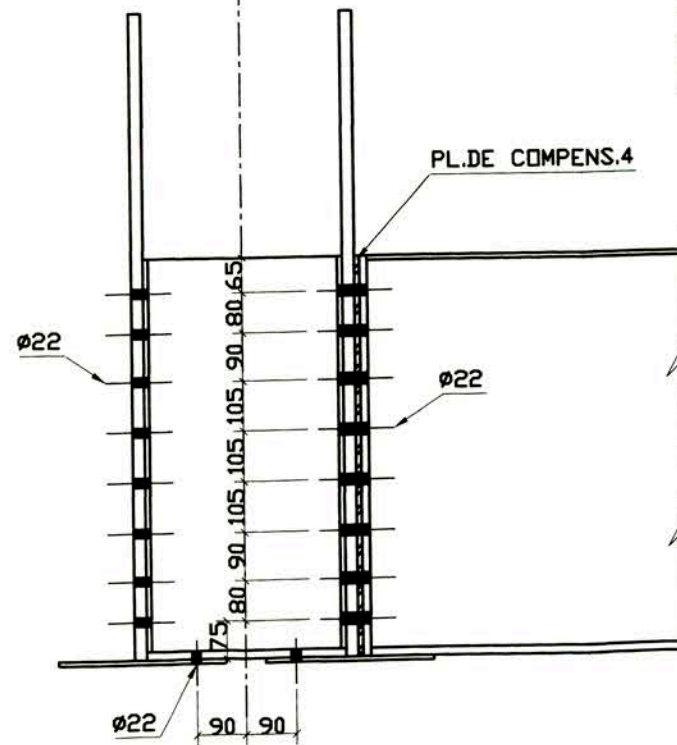
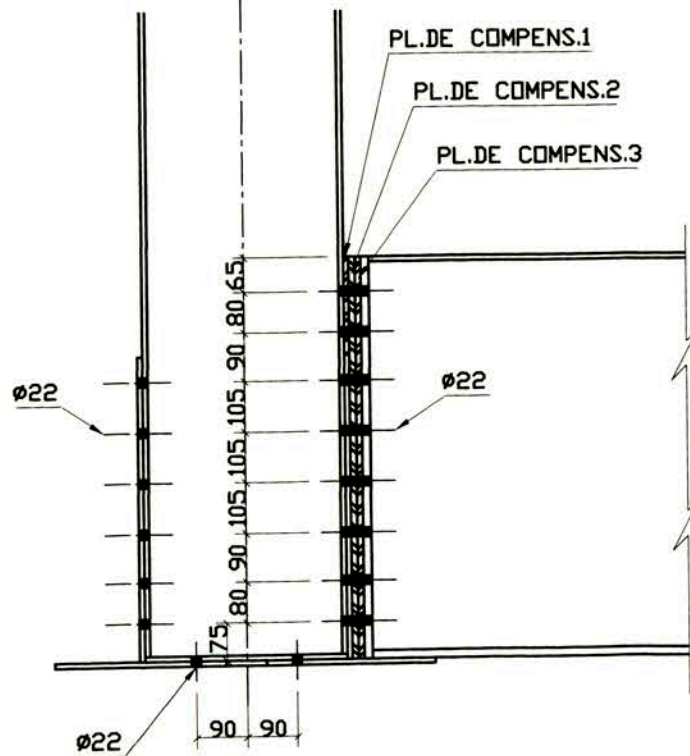
CANT.: 02 PZ. MOSTRADAS
02 PZ. OPUESTAS

ENSAMBLE VIGA TRANSVERSAL EJE: 0-0'

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VIVA: C-30	LAMINA:
Conex. Vigas Transv. 1 de 2		LUZ LIBRE: 80 M	F-25
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



EJE	PL. DE COMPENS.1	PL. DE COMPENS.2	PL. DE COMPENS.3
1-1'	PL.9.5x180x295 pos.81	PL.12.5x180x795 pos.82	PL.10x180x795 pos.84
3-3'	PL.16x180x295 pos.92	PL.16x180x795 pos.91	-----
5-5'	PL.25x180x295 pos.92A	PL.3x180x795 pos.85	PL.4x180x795 pos.85A
7	PL.32x180x295 pos.92B	-----	-----

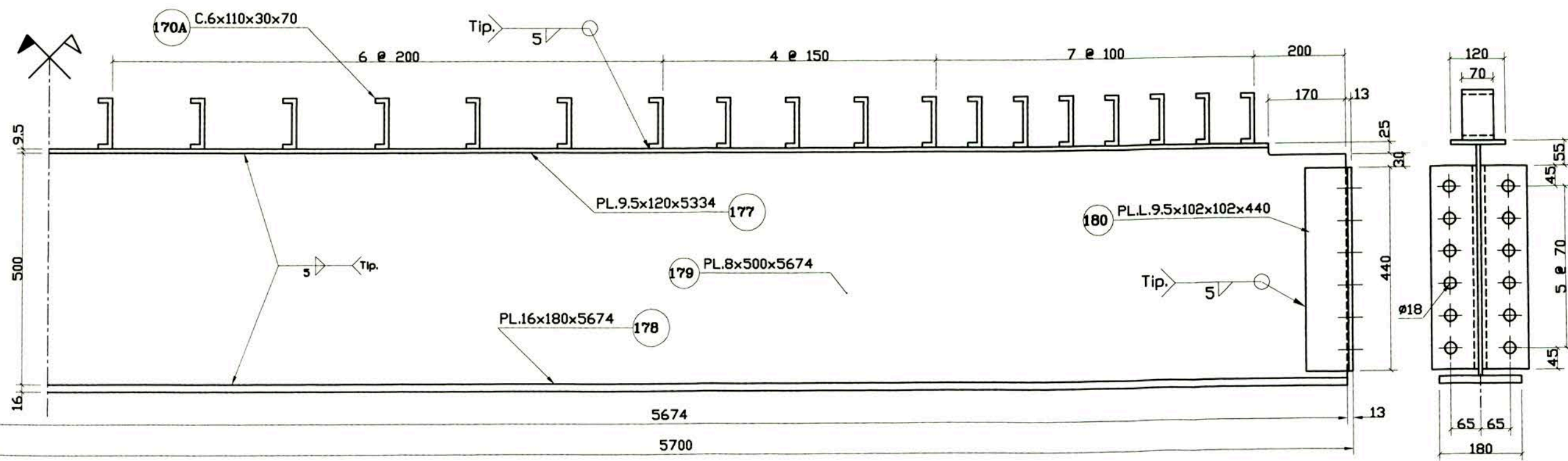
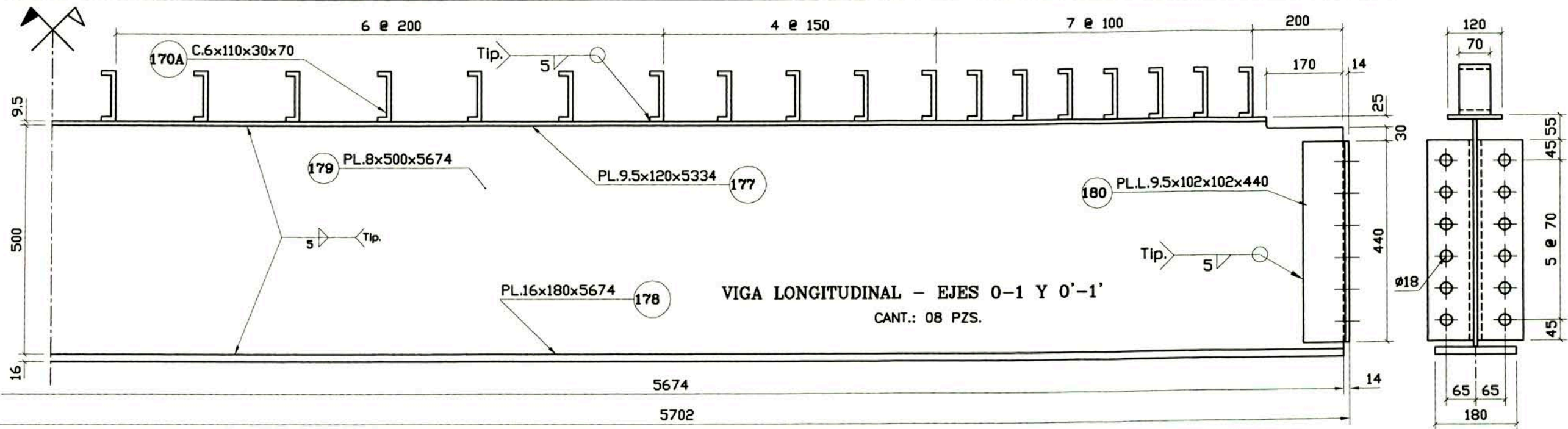


EJE	PL. DE COMPENS.4
2-2'	PL.12x180x795 pos.89
4-4'	PL.3x180x795 pos.85
6-6'	PL.3x180x795 pos.85

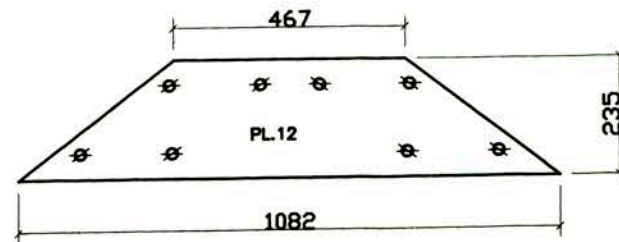
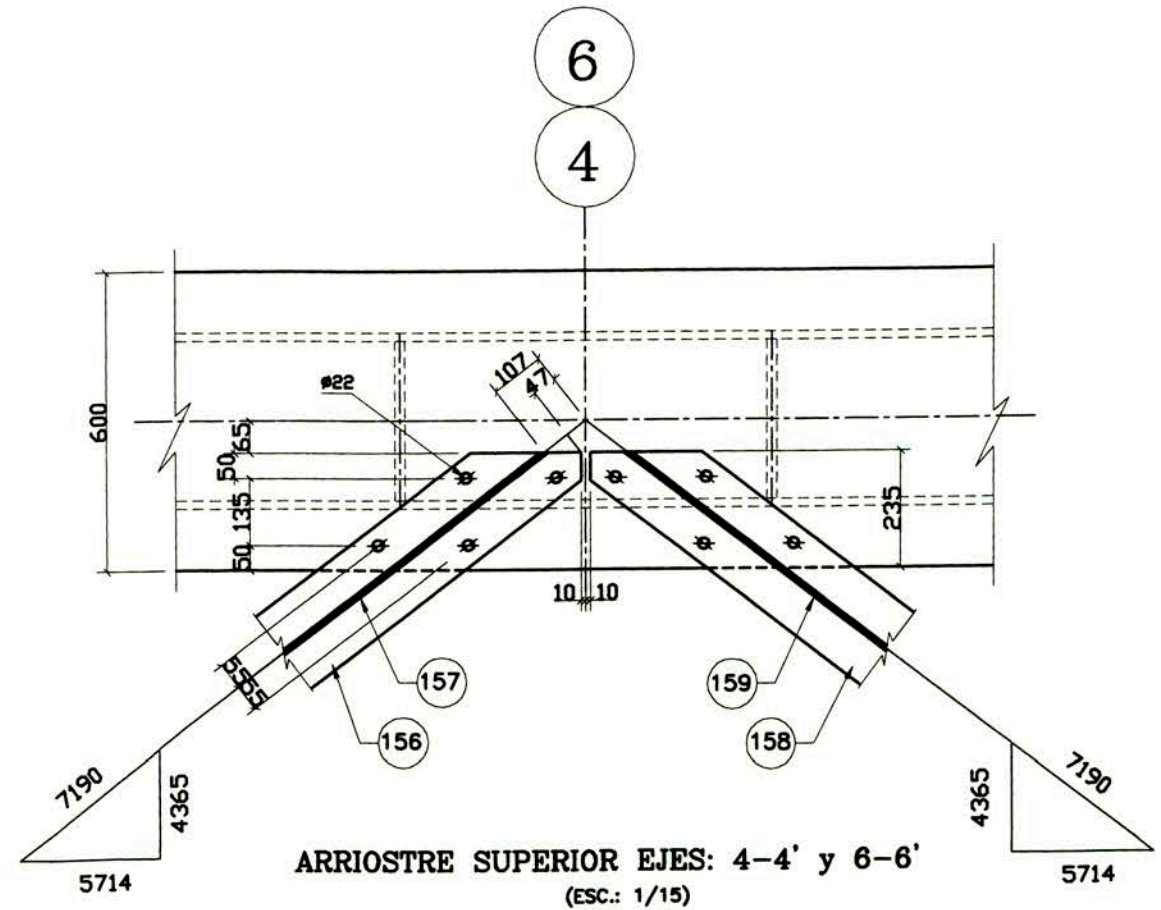
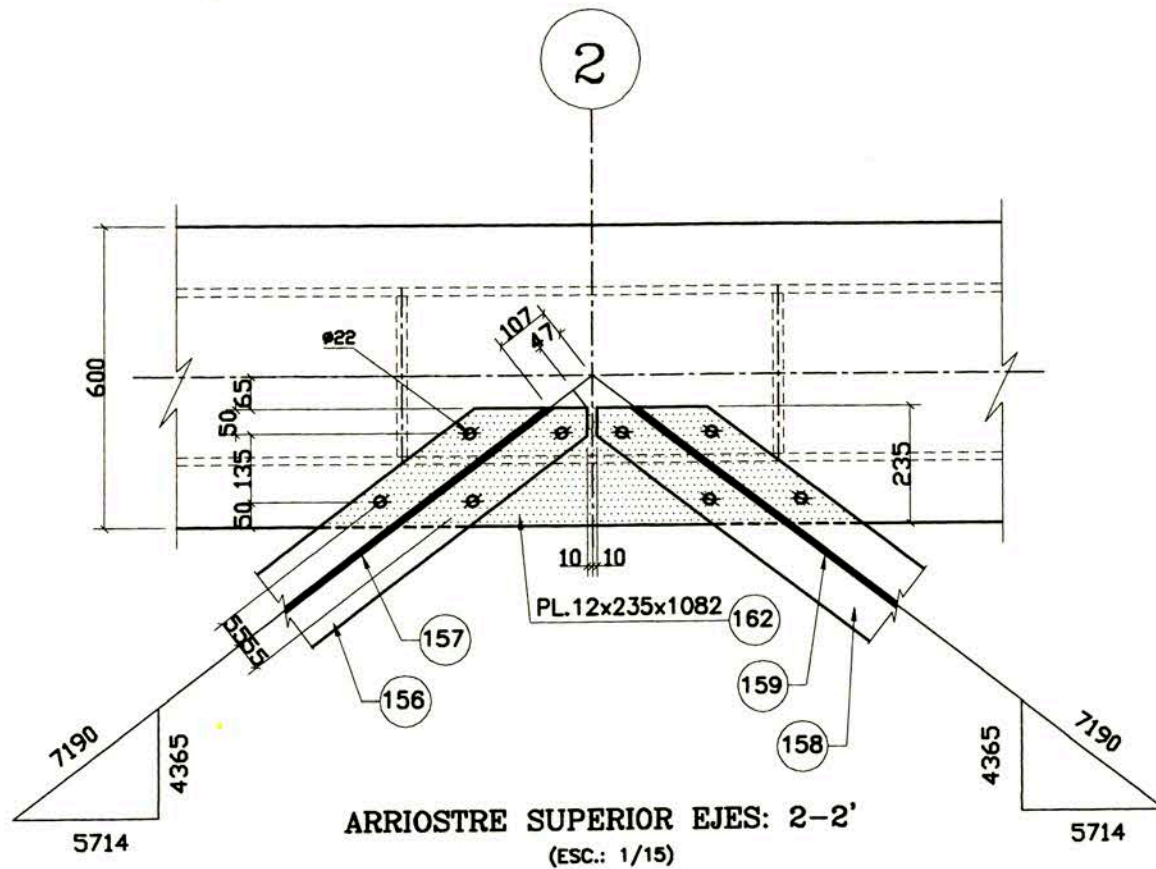
CONEX. VIGA TRANSV. - EJE: 1-1'
3-3'
5-5'
7

CONEX. VIGA TRANSV. - EJE: 2-2'
4-4'
6-6'

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Conex. Vigas Transv. 2 de 2</i>			CARGA VIVA: C-30
			LUZ LIBRE: 80 M
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:
			LAMINA: F-26

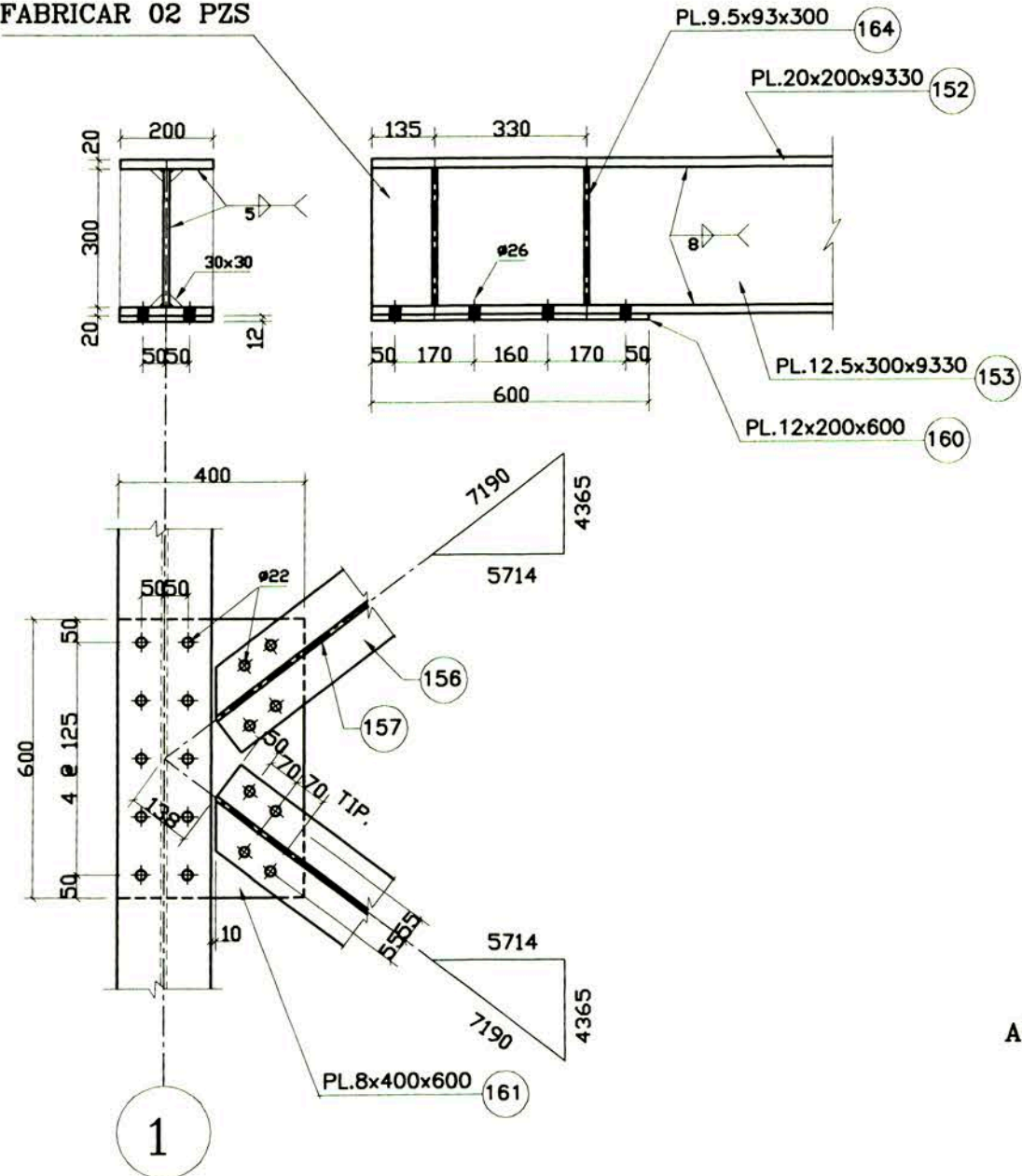


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA:	SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO		
BACH:	JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR:	DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO
PLANO DE FABRICACION:	Viga Longitudinal		CARGA VMA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M
DB:	J.A.M.C.	ESC:	INDICADA
FECHA:	SET. 2000	REV.:	
			LAMINA: F-27



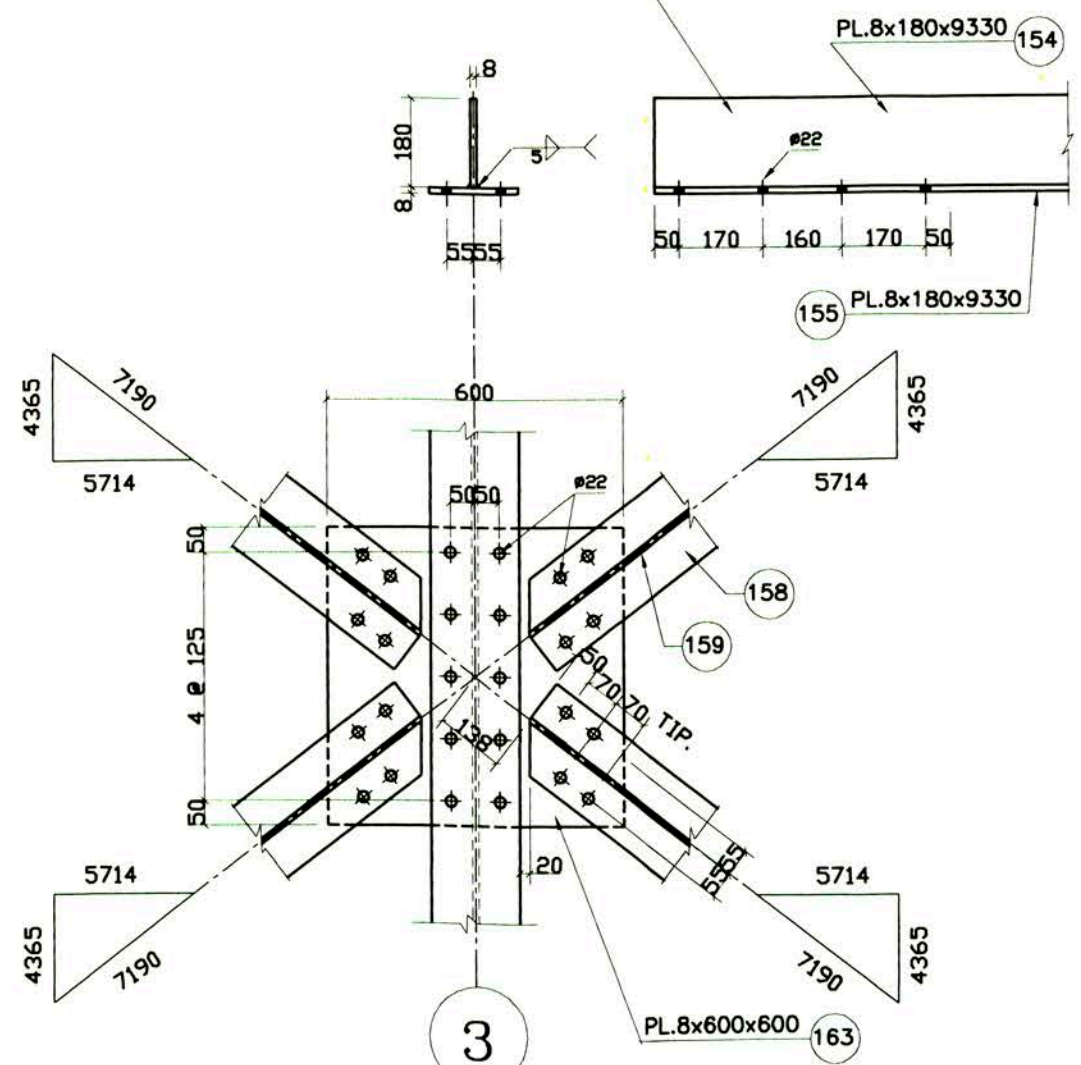
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:			CARGA VIVA: C-30
Arriostre Superior 1 de 3			LUZ LIBRE: 80 M
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV:
			LAMINA: F-28

FABRICAR 02 PZS



ARRIOSTRE SUPERIOR EJES: 1-1'
(ESC.: 1/15)

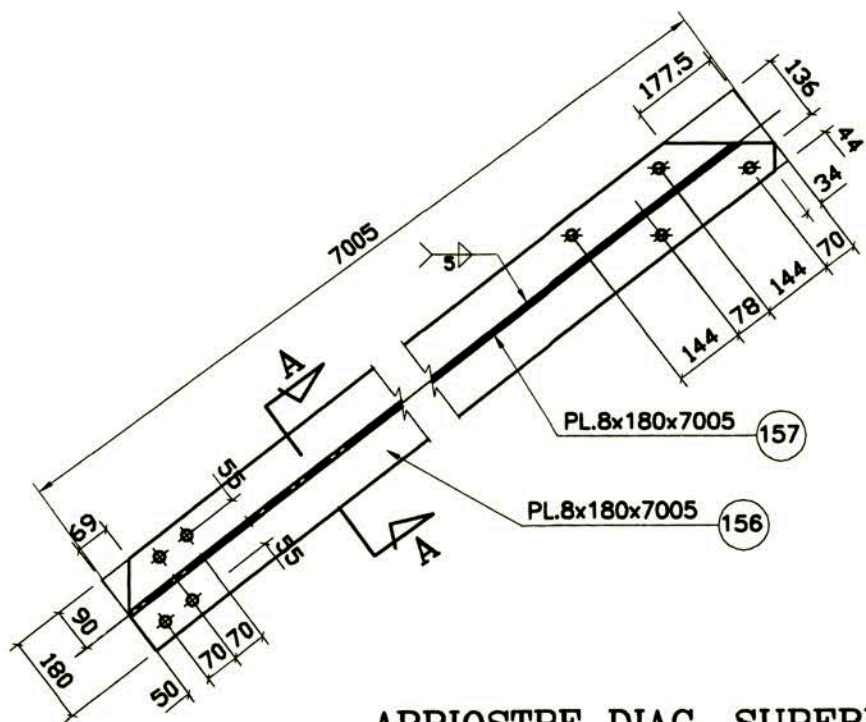
FABRICAR 05 PZS



ARRIOSTRE SUPERIOR EJES: 3-3'
5-5'
7

3
5
7

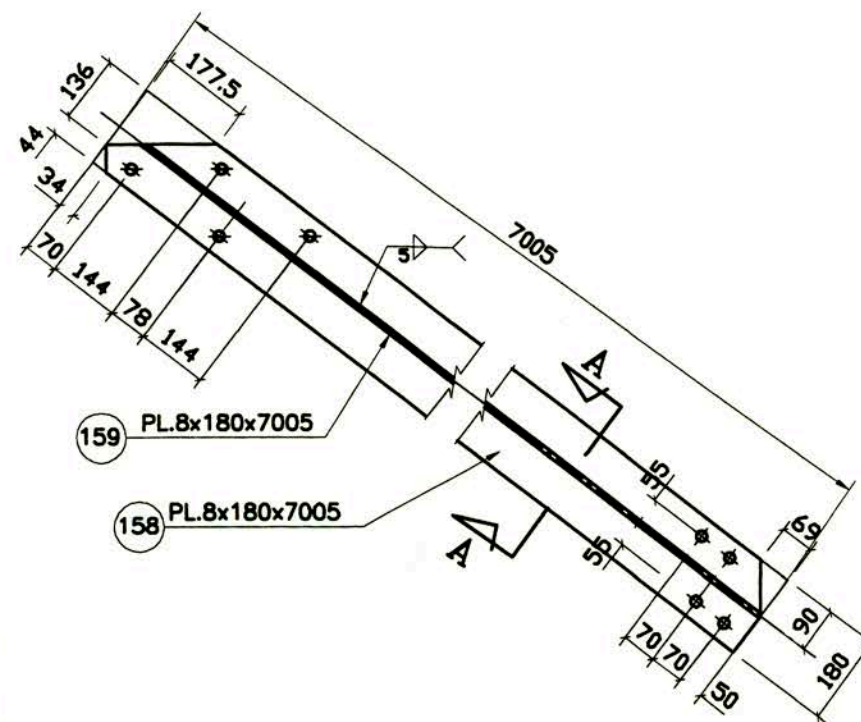
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION: <i>Arriostre Superior 2 de 3</i>			CARGA VIVA: C-30 LUZ LIBRE: 80 M LAMINA: F-29
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



ARRIOSTRE DIAG. SUPERIOR EJES: 1-2

(ESC.: 1/15)

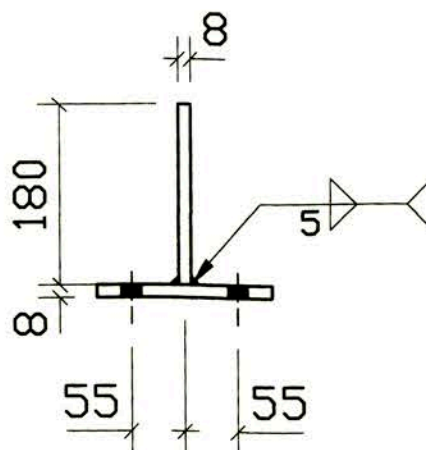
02 UND. MOSTRADOS
02 UND. OPUESTOS



ARRIOSTRE DIAG. SUPERIOR EJES: 2-3

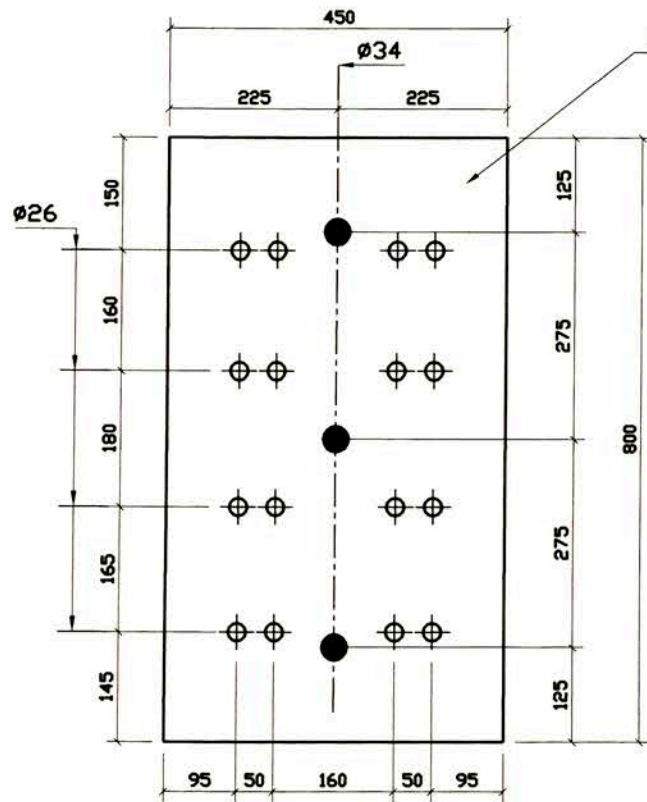
(ESC.: 1/15)

3-4
10 UND. MOSTRADOS 4-5
10 UND. OPUESTOS 5-6
6-7

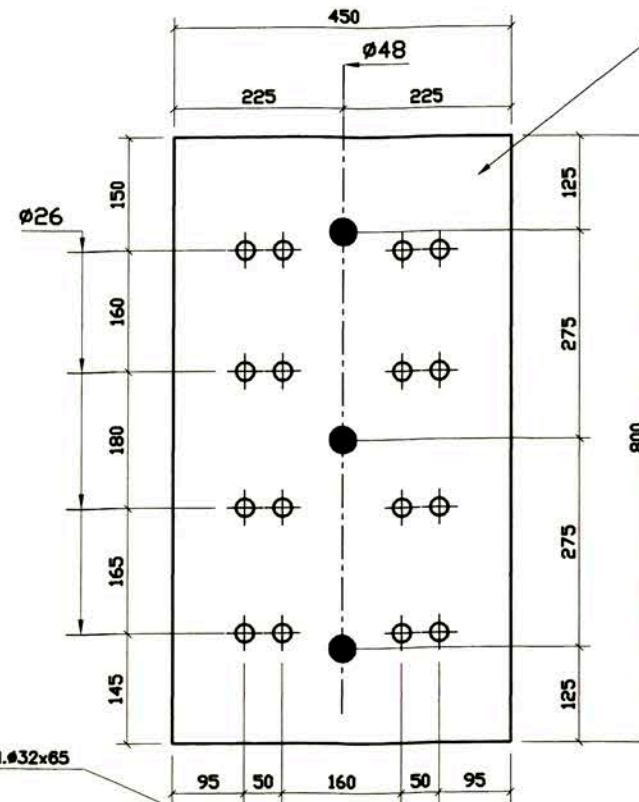


CORTE A-A

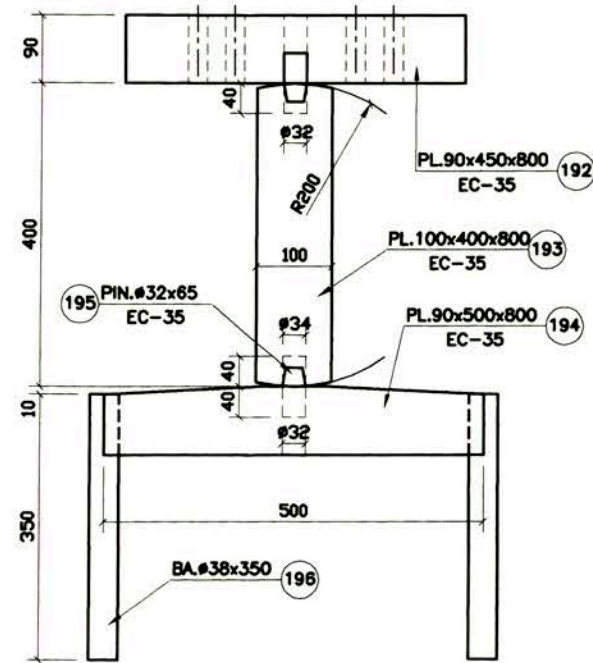
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUEBLO SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CINCO VMS: C-30	LAMINA: F-30
<i>Arriostre Superior</i> 3 de 3		LUZ LIBRE: 80 M	
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



PLACA SUPERIOR

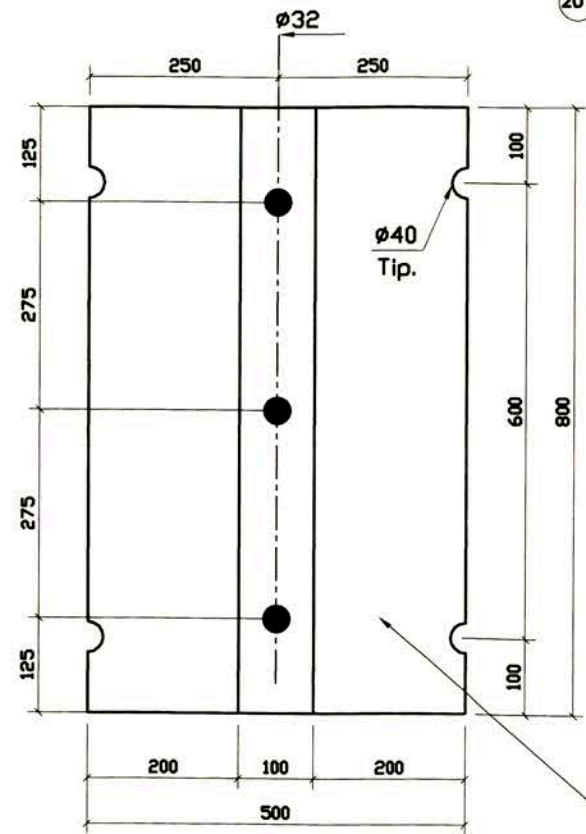


PLACA SUPERIOR



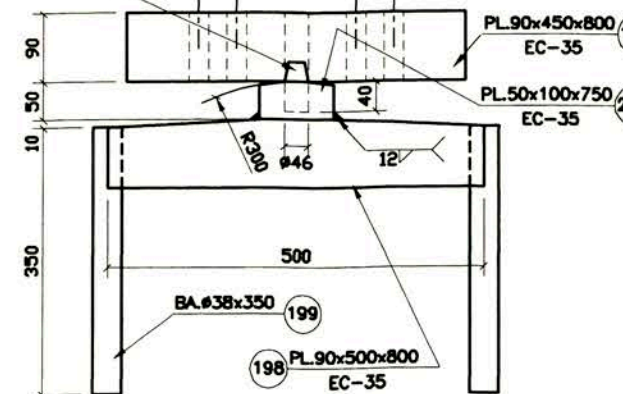
APOYO MOVIL
(ESC.: 1/10)

CANT.: 02 PZS.



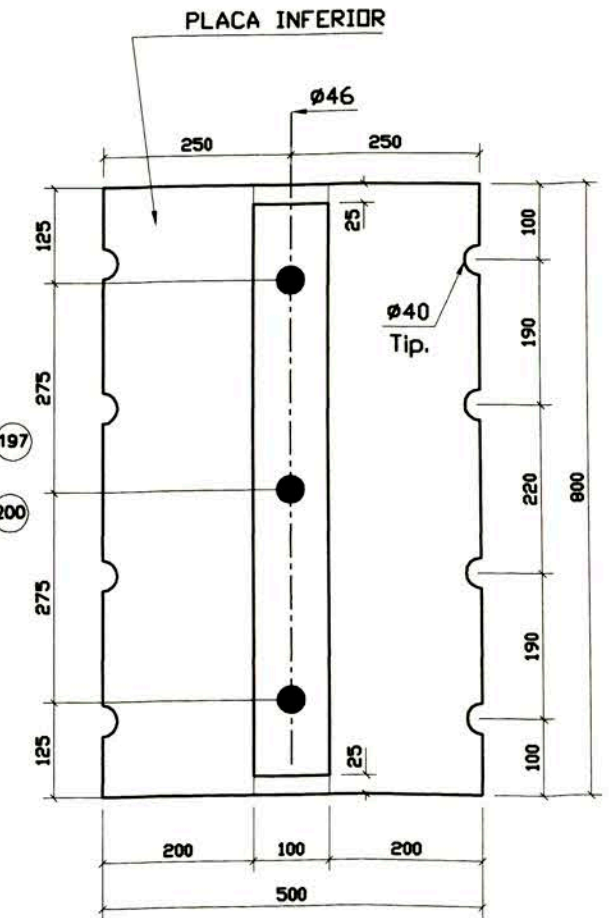
PLACA INFERIOR

201 PIN.Ø32x65



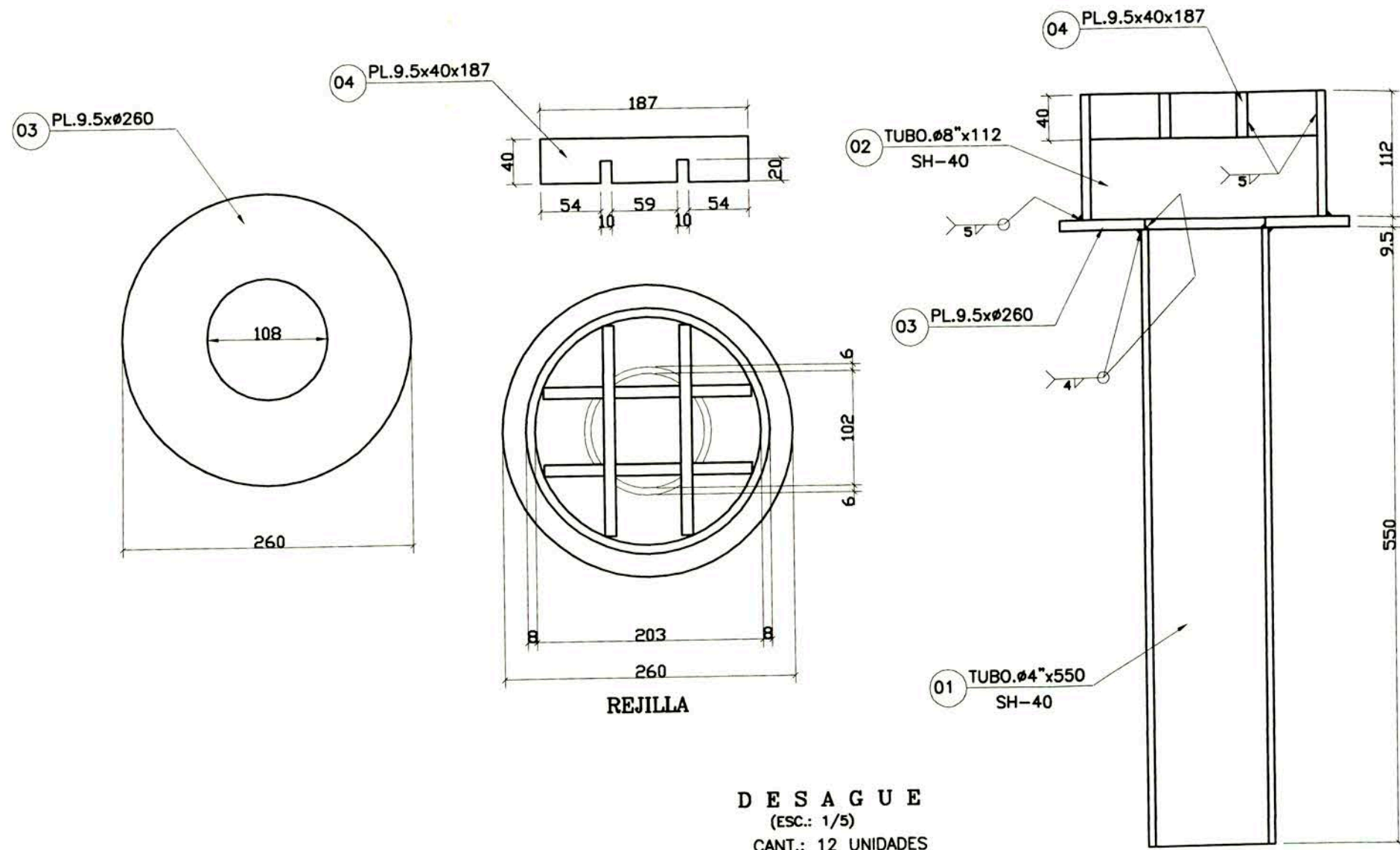
APOYO FIJO
(ESC.: 1/10)

CANT.: 02 PZS.

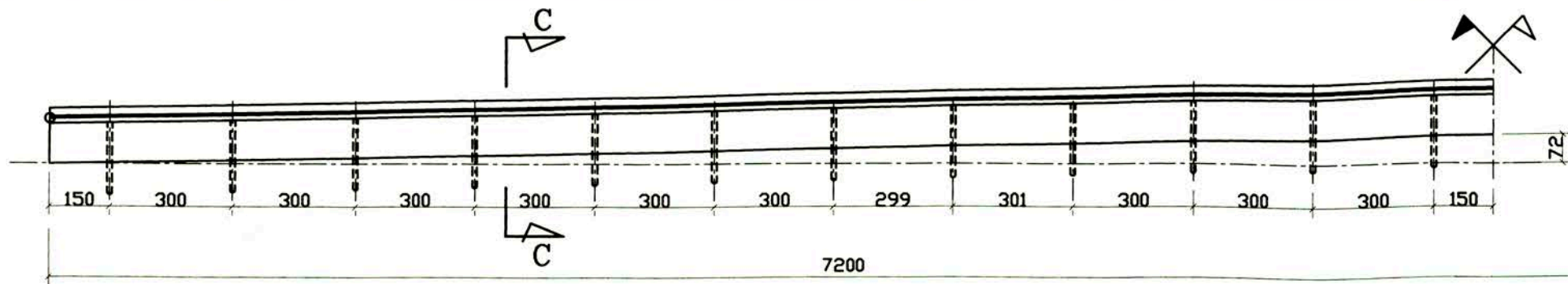


PLACA INFERIOR

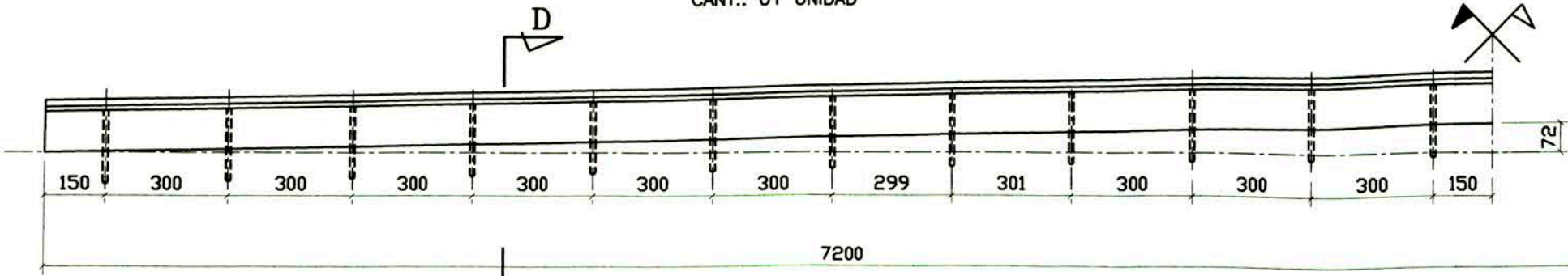
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VNL: C-30	LAMINA: F-31
Aparatos de Apoyo		LUZ LIBRE: 80 M	
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



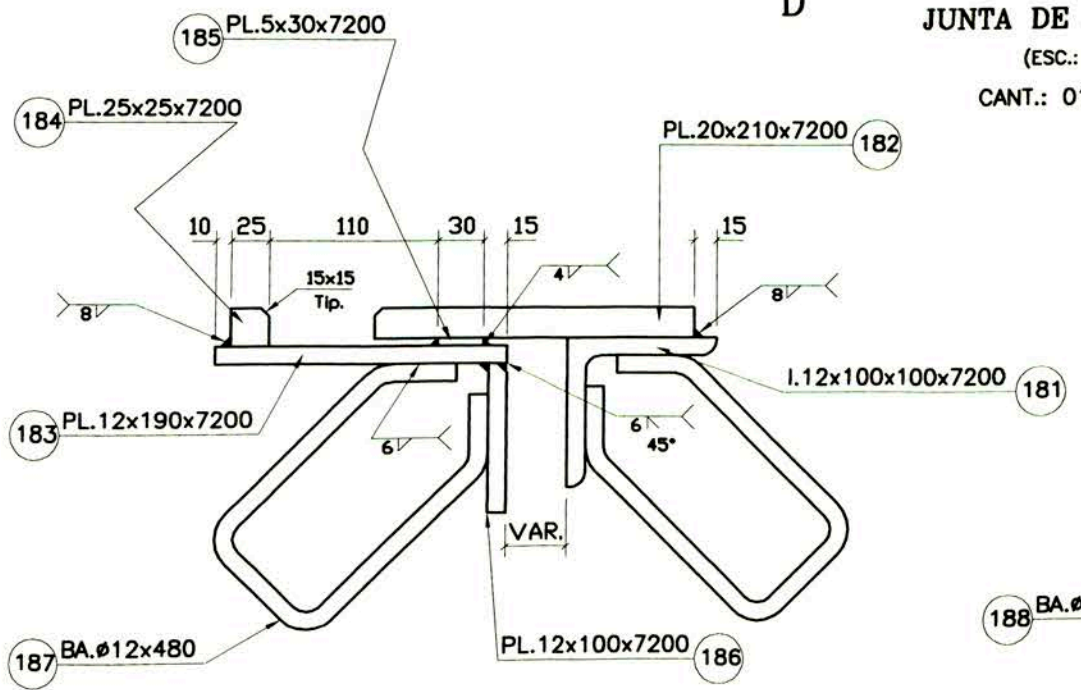
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH: JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA		ASESOR: DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO	
PLANO DE FABRICACION:		CARGA VIVA: C-30	LAMINA:
Tubos de Drenaje		LUZ LIBRE: 80 M	F-32
DIB.: J.A.M.C.	ESC.: INDICADA	FECHA: SET. 2000	REV.:



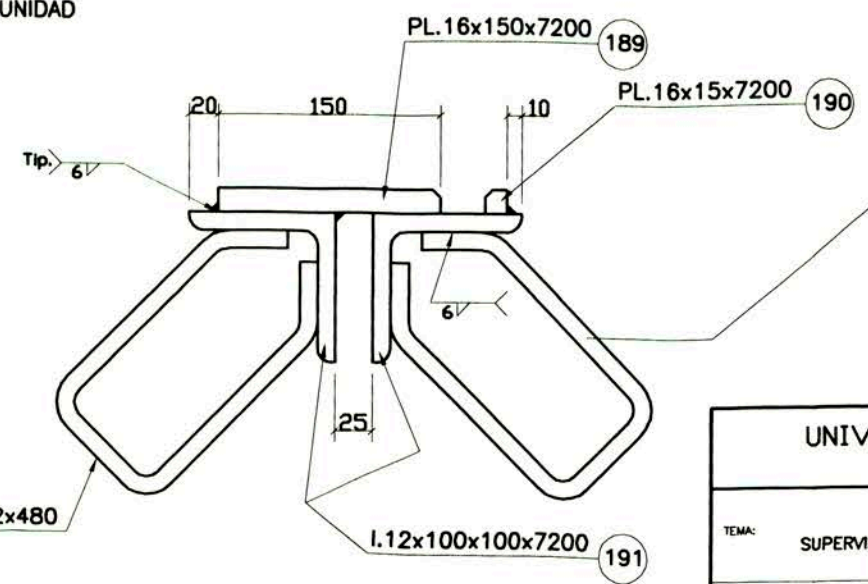
JUNTA DE APOYO MOVIL
(ESC.: 1/15)
CANT.: 01 UNIDAD



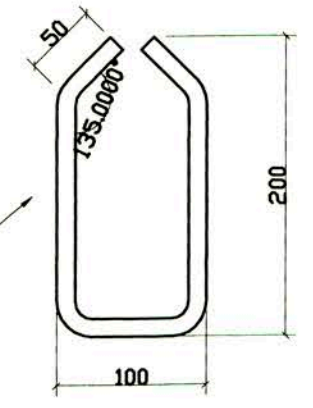
JUNTA DE APOYO FIJO
(ESC.: 1/15)
CANT.: 01 UNIDAD



SECCION C-C



SECCION D-D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL			
TEMA: SUPERVISION Y CONTROL DE LA FABRICACION DE LA ESTRUCTURA METALICA RETICULAR DEL PUENTE SANTO CRISTO			
BACH:	JUAN ANIBAL MIRANDA CAMARENA	ASESOR:	DR. ALBERTO ZAVALA TOLEDO
PLANO DE FABRICACION:	CARGA VAR: C-30	LAMINA:	F-33
Juntas de Dilatación Metálicas		LUZ LIBRE: 80 M	
DIB.:	J.A.M.C.	ESC.:	INDICADA
FECHA:	SET. 2000	REV.:	