

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**NUEVOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS EN PUENTES CON  
APLICACIÓN EN EL PUENTE SANTA ROSA DEL PROYECTO TREN  
ELÉCTRICO TRAMO 2**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**OSWALDO PICÓN SARMIENTO**

**Lima- Perú**

**2013**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo va dedicado a la persona que es la responsable de que yo haya llegado hasta aquí el día de hoy: mi madre Norma Sarmiento, que con su empeño, coraje y amor logró sacar a sus hijos adelante y hoy puede ver varios de sus sueños realizándose.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis hermanos Juan y Javier con los cuales siempre fuimos y seremos un solo puño.*

*A todos mis familiares, amigos, docentes, etc. que a lo largo de estos años nos brindaron tanto apoyo.*

*A la Universidad Nacional de Ingeniería, que me brindó tantas enseñanzas a lo largo de los años, y en su representación a la Ing. Patricia Gibu, asesora del presente informe, que siempre tuvo la mejor predisposición para ayudarnos.*

*A ULMA encofrados Perú y en su representación al Ing. Alex Sierra quien dio todo su apoyo para la realización del presente trabajo.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	<b>8</b>
1.1 DEFINICIONES PREVIAS	8
1.2 ESTADO DEL ARTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES	9
1.2.1 Origen y evolución de los puentes	9
1.2.2 Técnicas constructivas y equipos para superestructuras de puentes	10
1.3 NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN	12
1.3.1 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications	12
1.3.2 Manual de diseño de puentes	13
1.3.3 Normas UNE EN	13
1.4 TIPOS DE PUENTES	13
1.4.1 Por su funcionalidad	13
1.4.2 Por el material de la superestructura	14
1.4.3 Por el sistema estructural	14
1.4.4 Por el tipo de apoyo	15
1.4.5 Por el tiempo de vida útil	16
1.4.6 Por el proceso constructivo	16
1.4.7 Por el trazo geométrico	16
1.5 FALSOS PUENTES	17
1.5.1 Cargas de diseño	17
1.5.2 Materiales de construcción	17
1.5.3 Construcción	17

1.5.4	Retiro de falso puente	18
1.6	ESTUDIOS NECESARIOS	18
1.6.1	Estudios topográficos	18
1.6.2	Estudios de hidrología e hidráulica	18
1.6.3	Estudios de geotecnia	18
<b>CAPÍTULO II: SISTEMAS DE ENCOFRADOS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES</b>		<b>19</b>
2.1	ENCOFRADOS DE MADERA	19
2.1.1	Generalidades	19
2.1.2	Usos y aplicaciones de la madera	20
2.1.3	Consideraciones para el diseño	21
2.2	SISTEMA DE CIMBRAS BRÍO	22
2.2.1	Definición	22
2.2.2	Componentes del sistema	23
2.2.3	Características estructurales	25
2.3	PUNTALES Y TORRES ALUPROP	26
2.3.1	Definición	26
2.3.2	Componentes del sistema	26
2.3.3	Características estructurales	29
2.4	SISTEMA MK	29
2.4.1	Definición	29
2.4.2	Usos en superestructuras de puentes	30
2.4.3	Componentes del sistema	31
2.4.4	Características estructurales	34
2.5	CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ENCOFRADOS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES	37

<b>CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS EN EL PUENTE SANTA ROSA DEL PROYECTO TREN ELÉCTRICO LÍNEA 1 TRAMO II</b>	<b>40</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	40
3.1.1 Generalidades	40
3.1.2 Características del puente Santa Rosa	41
3.2 ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADO	42
3.2.1 Problemática presentada para la construcción	42
3.2.2 Estructuración	43
3.3 CÁLCULOS JUSTIFICATORIOS	44
3.3.1 Cargas consideradas	44
3.3.2 Cálculos y resultados	44
3.4 MONTAJE	66
3.4.1 Cimbra Brío	67
3.4.2 Torre Aluprop	68
3.4.3 Cerchas MK	69
3.4.4 Cimbras MK	71
<b>CAPÍTULO IV: METRADOS Y PRESUPUESTOS</b>	<b>75</b>
4.1 METRADOS	75
4.2 PRESUPUESTO	75
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
5.1 CONCLUSIONES	78
5.2 RECOMENDACIONES	80
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

El presente informe de suficiencia denominado “Nuevos Sistemas de Encofrados en Puentes con Aplicación en el Puente Santa Rosa del Proyecto Tren Eléctrico Tramo 2” trata sobre los nuevos sistemas de apuntalamientos, soporte y encofrados metálicos utilizados para la construcción de superestructuras de puentes.

En la actualidad el uso de estos sistemas se encuentra en notable crecimiento, esto debido a la necesidad de mejorar la producción obtenida con el uso de los sistemas de encofrados tradicionales con madera. Generalmente los sistemas de madera presentan bajos rendimientos de producción debido a su poco número de usos, también a que se requiere personal en habilitación constante de nuevas piezas, además problemas en el armado, seguridad durante su colocación, baja capacidad de carga, etc.

El objetivo del informe se centra en dar a conocer y evaluar los nuevos sistemas de encofrados metálicos en superestructuras de puentes, se explican una serie de temas involucrados en la ingeniería de puentes y encofrados para luego presentar los sistemas de encofrados utilizados actualmente de manera masiva en nuestro medio y detallar sus características técnicas.

Posteriormente se presenta una aplicación desarrollada en el puente Santa Rosa del proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2, en la cual se explica su estructuración, los elementos participantes y los cálculos que justifiquen su uso. Además se presenta la descripción del proceso de montaje básico de los diversos sistemas tratados y se presenta el costo de alquiler generado por dicho encofrado.

El informe llega a establecer lineamientos generales para la elección adecuada de un sistema de encofrados para superestructuras de puentes, así también detalla los criterios de cálculo para la verificación de los distintos elementos involucrados. Además se analiza el presupuesto y se detallan valores de comparación para futuros proyectos de características similares.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°2.1.- Esfuerzos admisibles en la madera.	22
Cuadro N°2.2.- Capacidad admisible pie Brío.	25
Cuadro N°2.3.- Capacidad admisible brazo Brío.	26
Cuadro N°2.4.- Tamaños de puntales Aluprop.	27
Cuadro N°2.5.- Capacidad admisible a compresión de una riostra MK-120 (kN).	37
Cuadro N°2.6.- Momento flector y fuerza cortante admisible riostra MK-120.	37
Cuadro N°2.7.- Recomendaciones para la elección del sistema de soporte.	39
Cuadro N°3.1.- Clasificación de puente Santa Rosa.	42
Cuadro N°3.2.- Carga distribuida sobre vigas VM20.	46
Cuadro N°3.3.- Carga actuante en pies Brío (kN).	51
Cuadro N°3.4.- Carga actuante en riostras MK – primarias “02” (kN/m).	53
Cuadro N°3.5.- Carga transmitida por cimbra Brío (kN).	53
Cuadro N°3.6.- Carga transmitidas por riostras MK – secundarias “01” (d1) (kN).	55
Cuadro N°3.7.- Carga transmitidas por riostras MK – secundarias “01” (d2) (kN).	57
Cuadro N°3.8.- Cargas en puntales de torre Aluprop – alineamiento “G” (kN).	59
Cuadro N°4.1.- Resumen del presupuesto total del puente Santa Rosa.	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1.- Partes conformantes de un puente típico de concreto.	8
Figura N°1.2.- Soporte y encofrado de madera.	10
Figura N°1.3.- Proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2.	11
Figura N°1.4.- Sistema de vigas de lanzamiento.	11
Figura N°1.5.- Sistema de carros de avance	12
Figura N°1.6.- Tipos de puente según la sección de la superestructura.	14
Figura N°1.7.- Puente reticulado y tipo arco.	15
Figura N°1.8.- Puente atirantado y colgante.	15
Figura N°1.9.- Falso puente metálico.	17
Figura N°2.1.- Elementos de madera en encofrados horizontales.	20
Figura N°2.2.- Cimbras Brío.	22
Figura N°2.3.- Husillo con placa y cabezal con husillo.	23
Figura N°2.4.- Isometría de cimbra Brío.	24
Figura N°2.5.- Nudo Brío.	24
Figura N°2.6.- Torres Aluprop.	26
Figura N°2.7.- Componentes del puntal Aluprop.	27
Figura N°2.8.- Marco de arriostramiento.	28
Figura N°2.9.- Isometría de torre Aluprop.	28
Figura N°2.10.- Par de cerchas MK.	30
Figura N°2.11.- Cercha MK.	30
Figura N°2.12.- Cercha MK apoyada sobre cimbras MK en sus extremos.	31
Figura N°2.13.- Cimbras MK.	31
Figura N°2.14.- Dimensiones de riostra MK-120 (mm).	32
Figura N°2.15.- Principales elementos de arriostramiento.	33
Figura N°2.16.- Principales elementos de la base-cuerpo-cabeza de cimbras MK.	34
Figura N°2.17.- Isometría de cercha MK.	35
Figura N°2.18.- Isometría de cimbra MK.	36
Figura N°3.1.- Red básica de Metro de Lima.	40
Figura N°3.2.- Ubicación del puente Santa Rosa.	41
Figura N°3.3.- Vista general del puente Santa Rosa.	42
Figura N°3.4.- Sección del puente en el centro del tramo central.	42
Figura N°3.5.- Vista general del encofrado del puente Santa Rosa.	43
Figura N°3.6.- Ubicación de las vigas VM20 secundarias "02".	45
Figura N°3.7.- Esquema de cargas sobre vigas VM20 (mm).	45

Figura N°3.8.- Reacciones sobre vigas VM20 (kN).	46
Figura N°3.9.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	46
Figura N°3.10.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	47
Figura N°3.11.- Deformaciones (mm).	47
Figura N°3.12.- Sección típica – Riostra MK-120 primarias “02”.	48
Figura N°3.13.- Elevación – Peraltes de la sección de la superestructura (m).	48
Figura N°3.14.- Esquema de cargas sobre riostras MK – primarias “02” (mm).	49
Figura N°3.15.- Reacciones en riostras MK-120 alineamiento “C” (kN).	50
Figura N°3.16.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	50
Figura N°3.17.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	50
Figura N°3.18.- Deformaciones (mm).	50
Figura N°3.19.- Elevación – vigas secundarias “01” sección 1-6 (mm).	52
Figura N°3.20.- Sección típica – vigas secundarias “01” sección 1-6 (mm).	52
Figura N°3.21.- Esquema de cargas sobre riostra MK – secundarias “01” (mm).	52
Figura N°3.22.- Reacciones sobre riostra MK (kN).	54
Figura N°3.23.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	54
Figura N°3.24.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	54
Figura N°3.25.- Deformaciones (mm).	54
Figura N°3.26.- Elevación – vigas secundarias “01”- sección 7-18 (mm).	55
Figura N°3.27.- Sección típica – vigas secundarias “01” sección 7-18 (mm).	55
Figura N°3.28.- Esquema de cargas sobre riostras MK – secundarias “01” (mm).	56
Figura N°3.29.- Reacciones sobre riostra MK (kN).	56
Figura N°3.30.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	56
Figura N°3.31.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	56
Figura N°3.32.- Deformaciones (mm).	57
Figura N°3.33.- Elevación – vigas primarias “01”- alineamiento “G” (mm).	58
Figura N°3.34.- Esquema de cargas sobre riostras MK – primarias “01” (mm).	58
Figura N°3.35.- Reacciones sobre riostra MK (kN).	58
Figura N°3.36.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	58
Figura N°3.37.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	59
Figura N°3.38.- Deformaciones (mm).	59
Figura N°3.39.- Elevación – cercha MK (mm).	60
Figura N°3.40.- Esquema de cargas sobre cercha MK (mm).	60
Figura N°3.41.- Reacciones sobre cercha MK (kN).	61
Figura N°3.42.- Diagrama de fuerzas axiales (kN).	61

Figura N°3.43.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	61
Figura N°3.44.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).	62
Figura N°3.45.- Deformaciones (mm).	62
Figura N°3.46.- Esquema de cargas sobre cimbra MK izquierda y central (mm).	63
Figura N°3.47.- Reacciones en apoyos de cimbras MK – alineamiento “I” (kN).	64
Figura N°3.48.- Diagrama de fuerzas axiales cimbra MK – alineamiento “I” (kN).	65
Figura N°3.49.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).	65
Figura N°3.50.- Deformaciones en cimbras MK – alineamiento “I” (mm).	66
Figura N°3.51.- Montaje de 1 <sup>er</sup> y 2 <sup>do</sup> nivel de elementos horizontales.	67
Figura N°3.52.- Montaje de 3 <sup>er</sup> nivel de elementos horizontales y cabezales.	68
Figura N°3.53.- Armado de la torre Aluprop.	68
Figura N°3.54.- Izado de la torre Aluprop.	69
Figura N°3.55.- Colocación de riostras MK y nudos MK.	70
Figura N°3.56.- Colocación de elementos de unión.	70
Figura N°3.57.- Izado de cerchas MK.	70
Figura N°3.58.- Par de cerchas MK.	71
Figura N°3.59.- Armado de la base de la cimbra MK.	72
Figura N°3.60.- Montaje de la base de la cimbra MK.	72
Figura N°3.61.- Armado de cuerpo de la cimbra MK.	72
Figura N°3.62.- Colocación de arriostramiento lateral.	73
Figura N°3.63.- Montaje del cuerpo de la cimbra MK.	73
Figura N°3.64.- Montaje de la cabeza de la cimbra MK.	74

## INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo en el que se encuentra la industria de la construcción nos obliga a estar en constante aprendizaje de las nuevas tecnologías y procedimientos desarrollados para conseguir el objetivo fundamental de lograr procesos más eficientes tanto en el tiempo como en el costo.

La ingeniería de puentes no es ajena a esto, y dado el gran déficit vial en nuestro país y la fuerte inversión que se está realizando en el desarrollo de proyectos viales que involucran la construcción de puentes, se hace necesario el conocimiento y aplicación de los nuevos sistemas en la construcción de las superestructuras de puentes.

El presente informe busca evaluar los nuevos sistemas utilizados para el encofrado de superestructuras en puentes para poder establecer criterios para su elección en los diversos tipos de puentes. Además se explican los criterios básicos para la estructuración de un sistema de soporte y encofrado y el proceso de montaje. Así también establecer los costos de alquiler que este sistema genera.

La metodología empleada es de tipo descriptiva y aplicativa, en el desarrollo de los capítulos se presentan las bases teóricas que permitan sustentar las aplicaciones desarrolladas.

El capítulo I **Generalidades** presenta los criterios básicos requeridos para un mejor entendimiento del informe, se explican las técnicas constructivas utilizadas en la actualidad, la normatividad existente, la clasificación de los tipos de puentes, las consideraciones para el diseño de falsos puentes y los estudios básicos necesarios para la estructuración de un sistema de soporte y encofrado.

En el capítulo II **Sistemas de encofrados para superestructuras de puentes** se detallan los usos, componentes y características estructurales de la madera y de los nuevos sistemas de encofrados a desarrollar para terminar dando las consideraciones generales para la elección de un sistema de encofrados para la superestructura de un puente.

En el capítulo III **Aplicación de los sistemas de encofrados en el puente Santa Rosa del proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo II** se describe el puente Santa Rosa y su ubicación dentro del proyecto Tren Eléctrico, se explican los criterios tomados para la estructuración de la estructura de soporte y encofrado y se verifican estructuralmente cada uno de los elementos

involucrados, posteriormente se explican los criterios de armado y montaje de los diversos equipos utilizados.

En el capítulo IV **Metrados y presupuesto** se presentan los criterios utilizados para la realización de los metrados y se detalla y evalúa el costo total del alquiler de la estructura de soporte y las consideraciones tomadas para su obtención.

En el capítulo V **Conclusiones y recomendaciones** se presentan las principales conclusiones a las que se llegó con el presente informe y se dan recomendaciones para la ampliación y difusión de estudios relacionados.

Se presentan también diez anexos, los cuales permiten consolidar los conceptos desarrollados en los capítulos estudiados. Aquí se presentan los planos generales del proyecto y los planos de la estructura de soporte y encofrado utilizados, se presenta el panel fotográfico y se detallan características adicionales de los diversos sistemas de encofrados tratados.

Se espera que el presente informe sirva de consulta para el estudio de los sistemas de encofrados en puentes para el alumnado universitario y profesionales en general y sea la base de futuros estudios e investigaciones de nuevas tecnologías en esta rama de la ingeniería.

## CAPÍTULO I GENERALIDADES

### 1.1 DEFINICIONES PREVIAS

Para el desarrollo del presente informe se requiere definir una serie de conceptos básicos sobre puentes y acerca de los encofrados y soportes que para la construcción de ellos se utiliza.

**PUENTE:** Un puente es una estructura que nos permite atravesar a desnivel obstáculos naturales como ríos, valles, lagos, etc. o también obstáculos artificiales como carreteras, vías férreas, etc. Con el fin de unir o dar continuidad a los caminos.

**SUPERESTRUCTURA:** Es la parte del puente que se encuentra en contacto con el tráfico, consiste en un sistema de piso o tablero que se integra con las vigas longitudinales o armaduras del mismo como se muestra en la figura N°1.1.

**INFRAESTRUCTURA:** Es la parte del puente encargada de soportar a la superestructura, generalmente formada por los pilares y estribos los cuales son los encargados de recibir la carga y transmitirla hacia la cimentación, ver figura N°1.1.

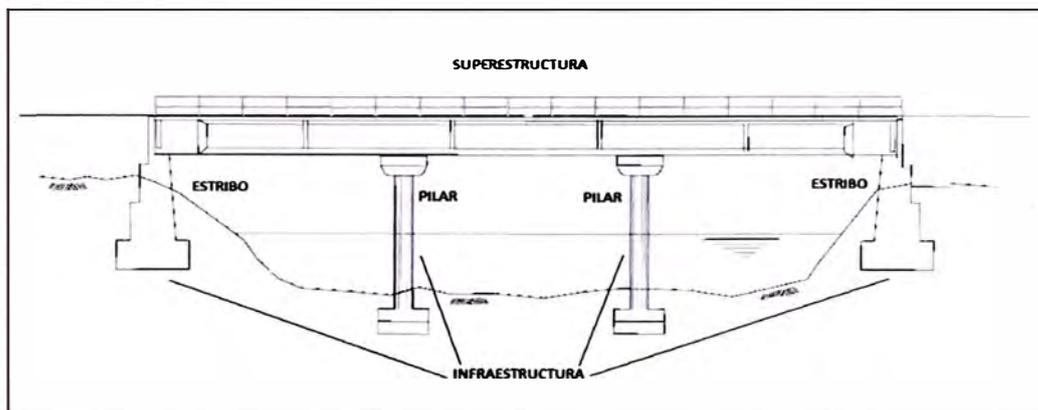


Figura N°1.1.- Partes conformantes de un puente típico de concreto.

**ENCOFRADO:** El encofrado es una estructura auxiliar de obra cuya finalidad es la retención y moldeado del concreto en estado fresco, el cual tiene que ser capaz de resistir las diversas cargas que actúan sobre él, además de cumplir determinadas condiciones de funcionalidad, seguridad y economía.

**FALSO PUENTE:** El falso puente o soporte de puente es una estructura temporal encargada de soportar el encofrado que recibirá el concreto de la superestructura. Generalmente es metálico o de madera.

## **1.2 ESTADO DEL ARTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES**

### **1.2.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS PUENTES**

La idea del puente es tan primitiva como el hombre mismo. La utilización de troncos o el uso de piedras colocadas sobre cursos de agua es lo más primitivo que se conoce.

En los tiempos antiguos hubo escasos intentos y construcciones muy primitivas de puentes, siendo la cultura romana (753 a.c. - 476 d.c.) la que destaca y deja primeros vestigios de verdaderos puentes, tanto en madera como en mampostería de piedra, siendo el primero del que se tiene noticia el puente "Sublicio" sobre el río Tíber en Roma. Durante la Edad Media (476 d.c. – 1453 d.c.) y la edad moderna (1453 d.c. – 1789 d.c.) se siguieron utilizando los mismos materiales cambiando básicamente en la arquitectura y robustez empleadas, dado que durante la edad media los puentes tuvieron una tendencia militar y de defensa, y durante la edad moderna la influencia del renacimiento generó una tendencia más armoniosa y estética (Pastor, 2000).

Es en el siglo XVIII que comienzan a construirse los puentes de acuerdo a criterios técnicos, y a partir del siglo XIX y XX que aparecen los primeros puentes como los conocemos el día de hoy, se intensifica el desarrollo de la técnica tanto en diseño como en construcción, además aparecen nuevos materiales básicos para poder lograr grandes luces, como lo son el acero y el concreto armado (Pastor, 2000), los cuales dadas sus características permitieron lograr puentes mucho más seguros, de luces más grandes, económicos y de construcción bastante rápida en relación con sus antecesores, siendo actualmente considerado el puente más largo del mundo el puente Quingdao, en China con 42.5 Km. de longitud sobre el mar.

En el Perú los primeros escritos que se realizaron durante la época de la conquista española cuentan que se encontraron puentes hechos de madera, de piedra, puentes tipo oroya, colgantes y de tipo balsas (Regal, 1965). Con el pasar de los años y los avances tecnológicos como la utilización del acero o el concreto armado como se mencionó anteriormente se dio pase a las nuevas tendencias en la construcción de puentes.

## 1.2.2 TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS Y EQUIPOS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES

Con el correr de los años se desarrollaron también diversos sistemas para poder construir los puentes, los cuales cada vez presentan mayores exigencias constructivas como luces más grandes, mayores alturas y menores tiempos de ejecución. Los principales sistemas utilizados en la actualidad son:

### a) SISTEMA TRADICIONAL CON MADERA

Representa una buena alternativa aún para muchos puentes principalmente pequeños o pontones el utilizar encofrados y estructuras de soporte y/o falso puente de madera. Sin embargo para puentes de mayores dimensiones resulta improductiva su utilización debido a que presenta una serie de inconvenientes como son su escaso número de usos, la gran mano de obra requerida, dificultad en el armado y colocación, etc.

Para puentes de mayores dimensiones y grado de complejidad se pueden utilizar soluciones combinadas entre estructuras de soporte metálicas con estructuras y encofrados de madera.

En la figura N°1.2 se puede apreciar el encofrado del puente "Tsejtsi" en Huancavelica, el soporte del arco se realizó con madera pero apoyado sobre una estructura metálica (figura N°1.2 izquierda) y el soporte del tablero de rodadura se realizó con madera apoyada sobre el arco ya construido (figura N°1.2 derecha).



**Figura N°1.2.- Soporte y encofrado de madera. Puente "Tsejtsi"- Huancavelica.  
Fuente: Ramírez Goicochea**

### b) SISTEMA DE SOPORTE Y ENCOFRADOS METÁLICOS

Sistemas de gran demanda en la actualidad debido al gran número de empresas especialistas en encofrados que se encuentran en nuestro medio y que han traído al mercado nuevos sistemas con piezas metálicas estandarizadas para

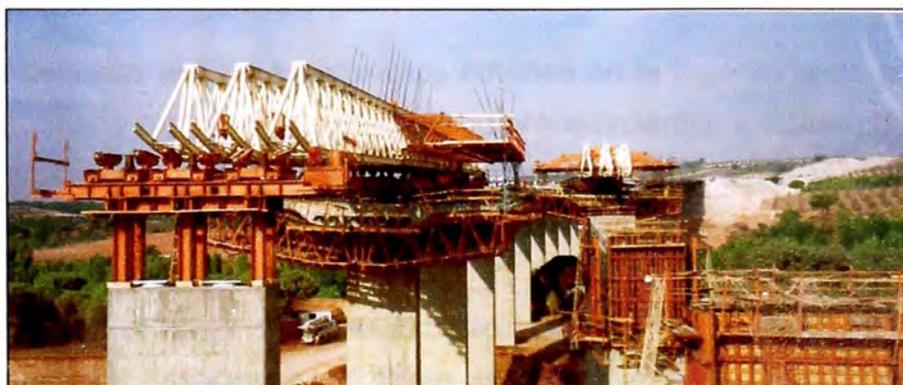
dar solución rápida y sencilla a diversos tipos de estructuras, y que además por el material del que están hechas presentan una gran cantidad de usos posibles. Existen gran variedad de sistemas de apuntalamiento, encofrados y falsos puentes que se puede utilizar para la construcción de superestructuras de puentes. En la figura N°1.3 se muestra algunos ejemplos de ellos, en la parte izquierda se presenta un soporte con puntales y en la parte derecha un soporte con cimbras (torres) y cerchas (armaduras) metálicas.



**Figura N°1.3.- Proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2.**  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

### c) SISTEMA DE VIGAS DE LANZAMIENTO

Para cuando se tiene viaductos o puentes de varios tramos se puede utilizar el sistema de vigas lanzadas, el cual consiste en lanzar vigas o cerchas metálicas apoyadas sobre los pilares del viaducto, luego de éstas vigas o cerchas colgará el encofrado de la superestructura del puente, es un sistema que aun no ha ingresado al mercado peruano. En la figura N°1.4 se puede apreciar la configuración de las vigas de lanzamiento para el encofrado de la superestructura de un puente.



**Figura N°1.4.- Sistema de vigas de lanzamiento.**  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

#### d) CARROS DE AVANCE

Los carros de avance son estructuras usadas en la ejecución de puentes por dovelas en voladizo vaciados in situ. El carro va avanzando para configurar el tablero apoyándose en la dovela anteriormente realizada. Dicho carro está constituido por una estructura metálica móvil que incorpora los encofrados, así como plataformas de trabajo y protección.

Este sistema permite obtener secciones incluso con inclinación variable como es el caso de los puentes en arco. Dicho sistema es muy utilizado cuando se requiere cubrir grandes alturas y/o grandes luces. Es un sistema que se encuentra en pleno proceso de ingreso al mercado nacional. En la figura N°1.5 se puede apreciar el trabajo con este sistema.



**Figura N°1.5.- Sistema de carros de avance.**  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

El presente informe estudiará en detalle los sistemas planteados en el ítem “b” SISTEMA DE SOPORTE Y ENCOFRADOS METÁLICOS dada su alta utilización en los puentes que se construyen en nuestro país.

### 1.3 NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN

Para un adecuado uso de los diversos criterios en la ingeniería de puentes se requiere normar y reglamentar los diversos procedimientos a utilizar, tanto en los diseños, procesos constructivos, materiales a utilizar, etc. Para el desarrollo del presente informe se tomará como referencia la siguiente normatividad:

#### 1.3.1 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

De la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), dicha entidad norteamericana presenta y explica los diversos

criterios a tomar en cuenta para el análisis, diseño y construcción de los puentes, siendo una reglamentación muy utilizada no solo en el ámbito norteamericano sino seguida también por muchos otros países a nivel mundial, siendo el Perú uno de ellos.

### 1.3.2 MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES

Elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el año 2003, es la principal guía a seguir para la elaboración de proyectos de puentes en nuestro país, presenta los criterios y requerimientos mínimos necesarios para el análisis, diseño y construcción de puentes carreteros y peatonales.

En su mayor parte en los aspectos referidos al análisis y diseño es una adaptación de las especificaciones de la AASHTO que son las que tradicionalmente se han venido utilizando en nuestro medio.

### 1.3.3 NORMAS UNE EN (UNA NORMA ESPAÑOLA – NORMA EUROPEA)

Son normas españolas elaboradas por los comités técnicos de normalización (CTN). Los nuevos sistemas de encofrados metálicos presentados en éste informe, los cuales son en todos los casos de procedencia española de la marca ULMA CONSTRUCCIÓN, cuentan con una serie de componentes y piezas para los cuales se ha seguido los criterios dados por las diversas normas UNE EN para su fabricación, configuración y lograr su posterior certificación, que le permita dar el respaldo adecuado para las diversas obras en donde serán utilizadas.

Se debe aclarar que los diversos sistemas de encofrados para superestructuras de puentes aquí presentados deben adecuarse a los criterios de cálculo y demás observaciones dados por la normatividad local de cada país.

## 1.4 TIPOS DE PUENTES

Es muy variada la cantidad de tipos de puentes existentes, sin embargo se les puede clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

### 1.4.1 POR SU FUNCIONALIDAD

De acuerdo al tipo de uso que se les va a dar los puentes pueden ser:

Puentes carreteros: Para soportar tráfico vehicular.

Puentes ferroviarios. Para el pase de ferrocarriles.

Puentes peatonales: Para el paso peatonal.

Acueductos: Canales, para el transporte de líquidos.

#### 1.4.2 POR EL MATERIAL DE LA SUPERESTRUCTURA

De acuerdo a los materiales utilizados se puede clasificar en:

Puentes de acero: de vigas, armaduras, arcos, colgantes o atirantados.

Puentes de concreto: concreto armado o presforzado (pretensado o pos tensado) de losa, vigas, arcos o atirantados

Puentes de madera: de troncos o madera aserrada.

Puentes de sección compuesta: formados generalmente por vigas de acero con tablero de concreto sea armado o pre esforzado.

#### 1.4.3 POR EL SISTEMA ESTRUCTURAL

De acuerdo a la forma de la superestructura es que queda definido el sistema estructural, presentándose la siguiente clasificación:

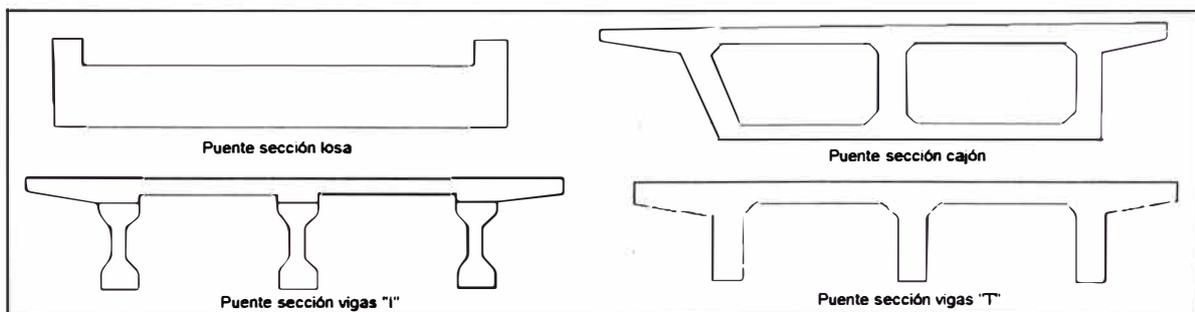
Puentes tipo losa: Pudiendo ser de losa maciza (Figura N°1.6 superior izquierda) o celular (aligerada) en concreto armado o pre esforzado.

Puentes de vigas "cajón": Puentes que presentan vigas de sección cajón de concreto pre esforzado o de acero (Figura N°1.6 superior derecha).

Puentes de viga "I", "T": Puentes que presentan vigas de forma de "I" o "T" de concreto armado o pre esforzadas colocadas o vaciadas en el sitio (Figura N°1.6 inferior).

Puentes reticulados: Con armaduras de acero (Figura N°1.7 izquierda).

Puentes tipo arco: Siendo usados generalmente para cubrir grandes luces, de acuerdo a la posición del tablero pueden ser de tablero superior, intermedio o inferior (Figura N°1.7 derecha).



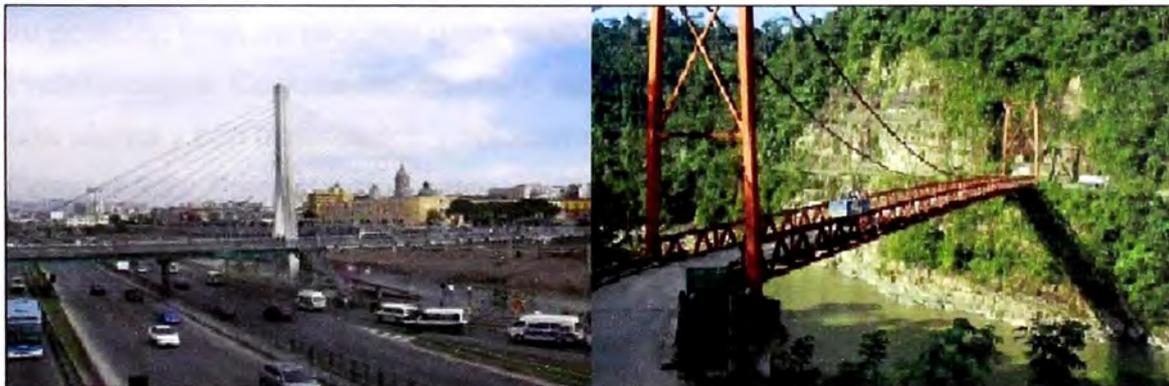
**Figura N°1.6.- Tipos de puente según la sección de la superestructura.**  
Fuente: Copias de clase curso de puentes Fic-Uni.



**Figura N°1.7.- Puente reticulado y tipo arco.**  
**Puente reticulado “Daniel A. Carrión” – Lima (Izquierda).**  
**Puente arco intermedio “Salinas” – Amazonas (Derecha).**

**Puentes atirantados:** La viga de rigidez es el elemento principal del tablero la cual es soportada por cables o tirantes que se sujetan a la torre o torres de soporte (Figura N°1.8 izquierda).

**Puentes colgantes:** La viga de rigidez se cuelga por medio de péndolas del cable portante (suspensión indirecta) el cual está suspendido de las torres (Figura N°1.8 derecha).



**Figura N°1.8.- Puente atirantado y colgante.**  
**Puente atirantado “Rayos de Sol” – Lima (Izquierda).**  
**Puente colgante “Inambari” – Madre de Dios (Derecha).**

**Puentes aporticados:** El tablero es monolítico generalmente con los pilares y/o estribos formando pórticos.

#### 1.4.4 POR EL TIPO DE APOYO

Se pueden clasificar en:

**Puentes isostáticos:**

**Puentes simplemente apoyados:** Las vigas longitudinales o armaduras se apoyan en aparatos tipo articulación fija en un lado y móvil en el otro.

**Puentes Tipo Gerber:** Son puentes que introducen articulaciones entre sus apoyos para generar isostaticidad en la estructura.

**Puentes hiperestáticos:**

**Puentes continuos:** Las vigas longitudinales o armaduras son continuas y se apoyan en tres o más apoyos.

**Puentes aporticados:** El tablero y apoyos son monolíticos.

#### 1.4.5 POR EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL

**Puentes provisionales:** o temporales, son fácilmente desmontables y transportables. Generalmente son metálicos.

**Puentes definitivos:** Puentes construidos para quedar en su posición de manera definitiva.

#### 1.4.6 POR EL PROCESO CONSTRUCTIVO

De acuerdo al procedimiento constructivo a seguir los puentes pueden ser:

**Vaciados en sitio:** Cuando todos los elementos estructurales serán vaciados en su posición final, se requiere gran cantidad de encofrados para este caso.

**Prefabricados:** Cuando los diversos elementos estructurales son fabricados en una planta y son trasladados y colocados en su posición final mediante grúas.

**Compuestos:** Presenta elementos vaciados en sitio y prefabricados de acuerdo a las necesidades de la obra.

**Dovelas:** Sistema diseñado para puentes de grandes luces y en los cuales resulta antieconómica o complicada desde el punto de vista constructivo la construcción con apoyo de falsos puentes y sistemas convencionales, generalmente se hace con un equipo denominado el Carro de Avance.

#### 1.4.7 POR EL TRAZO GEOMÉTRICO

De acuerdo a características viales y geométricas se pueden clasificar en:

**Puentes rectos:** En planta el tablero es un rectángulo.

**Puentes esviados:** En planta el tablero es un paralelogramo.

**Puentes curvos:** En planta el tablero es un trapecio circular.

Para el desarrollo del presente informe nos enfocaremos en los puentes de concreto (sea armado o pre esforzado) que son los que requieren principalmente

de la utilización de encofrados, siendo éstos los puentes de losa, de vigas "I", "T" o cajón, tipo arco, atirantados, continuos, aporticados, etc.

## 1.5 FALSOS PUENTES

Como se definió anteriormente un falso puente es una estructura encargada de dar soporte temporal a los diversos elementos componentes de la superestructura de un puente. El Manual de Diseño de Puentes nos presenta las siguientes recomendaciones para su adecuada utilización:

### 1.5.1 CARGAS DE DISEÑO

La carga de diseño de un falso puente será la suma de las cargas verticales muertas (considerando vigas, losas, veredas, peso propio del falso puente, equipos fijos a emplear), sobrecargas (de personal, equipos en movimiento) y la carga horizontal prevista (por efectos de viento u otros agentes según sea el caso) además de considerar y tener en cuenta para el diseño las diversas etapas de construcción en las cuales la estructura del falso puente será exigida.

### 1.5.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se permite que el falso puente pueda ser construido de madera, acero o cualquier otro material que proporcione la rigidez y resistencias requeridas. En la figura N°1.9 se puede apreciar un falso puente metálico.

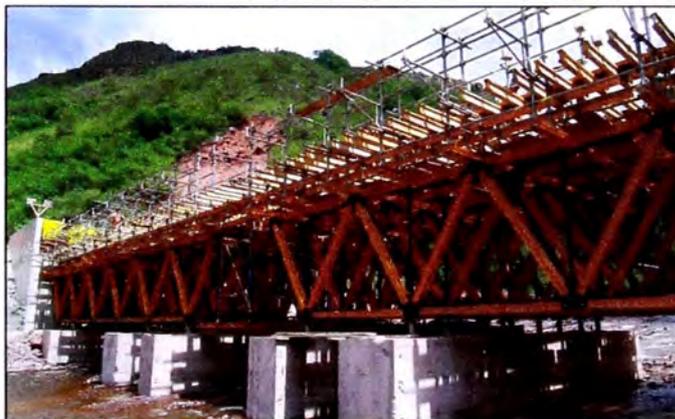


Figura N°1.9.- Falso puente metálico. Puente "Tingo" - Amazonas.  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

### 1.5.3 CONSTRUCCIÓN

El falso puente deberá ser construido de forma que disponga de la contraflecha indicada en los planos, además deberá estar convenientemente arriostrada y

colocada para evitar desplazamientos y asentamientos que pudiesen perjudicar la forma final de los diversos elementos.

#### 1.5.4 RETIRO DEL FALSO PUENTE

Una vez retirados todos los encofrados soportados por el falso puente y no antes de veintiún días después de llenado el concreto será retirado el falso puente, a menos que se estipule otro plazo en coordinación contratista-supervisión y/o se utilicen aditivos acelerantes que permitan desencofrados en menor tiempo.

### 1.6 ESTUDIOS NECESARIOS

Para la elaboración de proyectos de puentes se requiere una gran cantidad de estudios para poder determinar los diversos parámetros requeridos para el diseño final, estos son los estudios topográficos, hidrología e hidráulica, geológicos y geotécnicos, de riesgo sísmico, de impacto ambiental, de tráfico, de trazo y diseño vial, etc. dependiendo de cada caso en particular.

Para determinar el mejor sistema de falso puente y encofrados en puentes se requiere básicamente los estudios topográficos, y en el caso de puentes que cruzan ríos o quebrada los estudios de hidrología, hidráulica y geotecnia.

#### 1.6.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Son indispensables para la elección del sistema de falso puente a emplear, nos dan las diversas cotas donde se puede apoyar el falso puente, se deberán incluir las cotas de fondo de la quebrada o río y los límites de las zonas inundables.

#### 1.6.2 ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

De ellos obtendremos información de los niveles de agua en las secciones del río en las diversas temporadas del año, dicho estudio deberá indicar claramente los periodos de sequía y de avenidas para poder decidir la época de ejecución, los procesos constructivos a emplear y la posibilidad de reencauzamiento del río.

#### 1.6.3 ESTUDIOS DE GEOTECNIA

Se requiere conocer las características físicas y mecánicas de los suelos para determinar si se puede realizar una colocación directa o se requerirá de un apoyo de concreto que distribuya mejor las cargas provenientes del falso puente.

## CAPÍTULO II

### SISTEMAS DE ENCOFRADOS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES

En este capítulo se presentan los sistemas de encofrados más utilizados en la construcción de superestructuras de puentes, tanto en el sistema de encofrados con madera como encofrados metálicos. Se presentan las ventajas y desventajas de su uso y se plantean recomendaciones para su elección y utilización.

El uso de los encofrados metálicos en la construcción está bastante diversificado y son varias empresas las que se encargan de su comercialización en nuestro mercado, sin embargo de manera general se les puede clasificar de acuerdo al tipo de elemento a vaciar o al uso que se le dará, así se tiene: encofrados verticales, utilizados para vaciar elementos como muros, columnas, pilares, estribos de puentes, etc.; encofrados horizontales, para vaciar losas macizas, aligeradas, etc.; sistemas trepantes, que sirven de apoyo a los encofrados verticales y permiten vaciar muros, pilares, silos, etc. de grandes alturas por etapas; puntales y cimbras, utilizados para el soporte de encofrados horizontales de losas, superestructuras de puentes, etc. y sistemas especiales para obras civiles, que permiten resolver problemas de encofrados de estructuras complejas como puentes, túneles, presas, etc.

Los sistemas de encofrados mostrados a continuación pertenecen al grupo de encofrados metálicos distribuidos por la marca Ulma Construcción. Los valores de esfuerzos admisibles de los diversos elementos presentados corresponden a resultados de numerosas pruebas realizadas por los proveedores de los diversos elementos y por Ulma Construcción.

#### 2.1 ENCOFRADOS DE MADERA

##### 2.1.1 GENERALIDADES

La madera es el principal contenido del tronco de un árbol, la cual una vez cortada y secada se utiliza para diversos fines, siendo uno de ellos el fin de construir, la madera en la construcción puede tener usos no estructurales, como por ejemplo en pisos, contrazócalos, contrapaso, ventanas, enchapes, etc., y usos estructurales, como por ejemplo en vigas, viguetas, columnas, encofrados en general, etc.

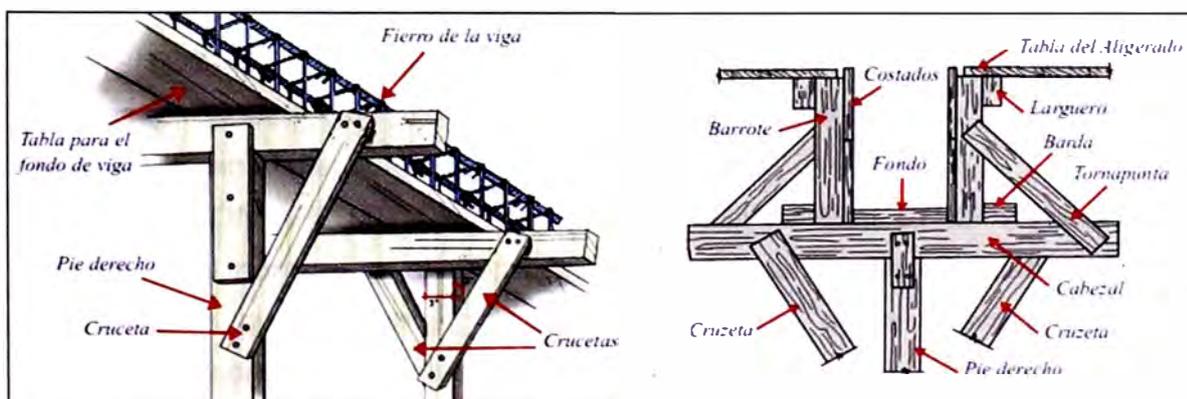
Para encofrar las diversas estructuras que se presentan en un puente hasta hace algunos años la madera era el principal material utilizado, debido a sus ventajosas propiedades como su bajo peso en relación a su resistencia, su facilidad de ser trabajada, su ductilidad y textura, etc. Debido a la aparición de encofrados y piezas metálicas estandarizadas el uso de la madera ha venido siendo desplazado, sin embargo en toda construcción siempre se le requiere como elemento complementario o de remate del encofrado.

Las especies de madera comúnmente empleadas en la construcción son el tornillo, la moena y el roble. Se deberá verificar antes de su utilización su adecuado estado de conservación y que no se presenten defectos notorios que pudiesen afectar sus características estructurales.

La unidad de comercialización de la madera es el pie cuadrado, equivalente en volumen a una pieza cuadrada de un pie lineal de lado y una pulgada de espesor. Las secciones o escuadrías de la madera se designan en pulgadas y la longitud se expresa en pies.

### 2.1.2 USOS Y APLICACIONES DE LA MADERA

En la construcción de superestructuras de puentes la madera se puede utilizar principalmente para el encofrado de losas, vigas, tableros, etc. Para el encofrado de estos las piezas de madera requeridas son los puntales o pies derechos para el soporte, soleras y tablas como encofrado horizontal, barrotes, crucetas, etc. Las medidas de estos dependerán de las formas de los elementos a encofrar y las necesidades de carga a soportar. En la figura N°2.1 se presenta las diversas piezas de madera utilizadas para encofrados de elementos horizontales.



**Figura N°2.1.- Elementos de madera en encofrados horizontales.**  
Fuente: Aceros Arequipa.

Las escuadrías comúnmente utilizadas en los encofrados de vigas y losas son:

Tablas: 1" o 1 ½" en anchos de 8".

Soleras, Cabezales: 2"x4", 3"x3" y 3"x4".

Pies derechos: 3"x3", 3"x4".

### 2.1.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Aunque se trata de estructuras temporales, los encofrados deben diseñarse como cualquier otra estructura de madera, debiendo metrar adecuadamente las cargas que ellos soportan para realizar el análisis estructural.

"El diseño de los elementos de madera debe hacerse para cargas de servicio o método de esfuerzos admisibles" (Manual de Maderas, 2000, p.7-2). La norma que reglamenta el uso de las maderas es la E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma está basada en el Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino (en adelante Manual de Maderas). En él se hace una clasificación de las diversas maderas que se pueden encontrar en los países andinos, siendo agrupadas en tres grupos: A, B y C. En el cuadro N°2.1 se muestran los valores de esfuerzos admisibles para los grupos mencionados. La madera comúnmente utilizada en nuestro medio es el tornillo el cual pertenece al grupo C.

Las principales propiedades resistentes de la madera son explicadas en el Manual de Maderas y son las siguientes: resistencia a la compresión paralela, a la compresión perpendicular, a la tracción, al corte y a la flexión paralela a la fibra.

Para el correcto diseño se deben cumplir:

**REQUISITOS DE RESISTENCIA:** Los elementos deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados producidos por las cargas de servicio, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material (cuadro N°2.1).

**REQUISITOS DE RIGIDEZ:** Las deformaciones de los elementos deben ser menores o iguales que las admisibles. Este aspecto es el más crítico y determinante en el diseño de la madera.

**CLASIFICACIÓN VISUAL DE LA MADERA:** En el Manual de Maderas se presenta una norma de clasificación visual de la madera, basada en las características que presentan, ellas son: el alabeo, arista faltante, duramen quebradizo, escamadura, fallas de compresión, grano inclinado, grieta, médula, nudo, parénquima, perforaciones y rajaduras. Para el uso de los esfuerzos admisibles dados en el cuadro N°2.1 se deberán de verificar todos los requerimientos para cada una de las características mencionadas.

Cuadro N°2.1.- Esfuerzos admisibles en la madera.

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión $f_m$	Tracción Paralela $f_t$	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	Corte Paralelo $f_v$
A	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2 (145)	3.9 (40)	1.5 (15)
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)
C	9.8 (100)	7.3 (75)	7.8 (80)	1.5 (15)	0.8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino.

## 2.2 SISTEMA DE CIMBRAS BRÍO

### 2.2.1 DEFINICIÓN

El sistema de cimbras Brío está formado por un conjunto de elementos que cumplen funciones de soporte y apuntalamiento de estructuras horizontales como losas o tableros de puentes. En la figura N°2.2 se puede apreciar la cimbra Brío como soporte de una losa.

La gran ventaja de este tipo de cimbras de soporte es su poco peso en comparación con otros sistemas, lo que le da mayor versatilidad, permitiéndole alcanzar grandes alturas así como también alturas bastante pequeñas.



Figura N°2.2.- Cimbras Brío.  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

El sistema Brío es un sistema multidireccional formado principalmente por elementos tubulares de acero galvanizado. Su estructura básica está formada por elementos de apoyo denominados husillos, elementos verticales denominados pies, elementos horizontales denominados brazos y elementos verticales inclinados denominados diagonales, estos elementos en conjunto

forman la cimbra Brío, la cual es una estructura rígida capaz de soportar cargas horizontales y verticales (ver figura N°2.4).

La característica principal del sistema Brío es el nudo mediante el cual se unen los brazos, diagonales y otros accesorios a los pies (ver figura N°2.5).

### 2.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema está formado principalmente por los siguientes elementos:

#### HUSILLO CON PLACA

Es un elemento que sirve para nivelar y realizar el ajuste de la cimbra al nivel requerido. Es el encargado de transmitir al suelo las cargas verticales de la estructura soportada. Está formado por una barra roscada y un regulador. Este elemento viene en tamaños de 0.50m y 1.0m de longitud. En la parte izquierda de la figura N°2.3 se puede apreciar este elemento.

#### CABEZAL CON HUSILLO

Este elemento se coloca en la parte superior de la cimbra sobre el pie vertical y permite unir el soporte Brío con las vigas primarias del encofrado de la losa. El husillo presenta un regulador que permite obtener la altura exacta deseada en el encofrado, posteriormente al vaciado permite realizar el desencofrado. Se comercializa en longitudes de 0.50 y 1.00 metros de longitud, también se cuenta con un cabezal sencillo que no permite ninguna regulación. En la parte derecha de la figura N°2.3 se muestra un cabezal con husillo.

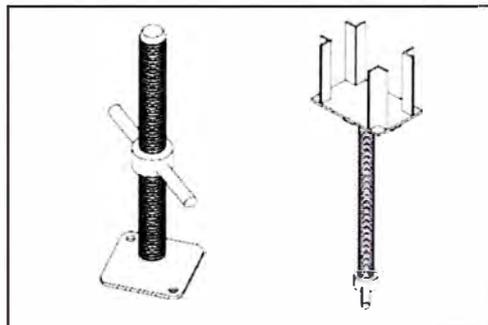


Figura N°2.3.- Husillo con placa y cabezal con husillo.  
Fuente: Guía de usuario Brío.

#### PIE VERTICAL

Es el elemento estructural del soporte encargado de recibir las cargas de la estructura encofrada y entregársela a los husillos con placa en la base, está constituido por un tubo de acero galvanizado de 48.3mm de diámetro y espesor 3.1mm, presenta discos cada 50cm. que permiten la salida de elementos

horizontales y diagonales en ocho direcciones diferentes. Los pies verticales se comercializan en los tamaños de 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 y 3.00 metros de longitud, lo que hace que en combinación podamos alcanzar cualquier altura requerida en un determinado proyecto. En la figura N°2.4 se puede apreciar la posición del pie vertical en la cimbra Brío.

#### BRAZO HORIZONTAL

Es el elemento estructural en el plano horizontal. Está formado por un tubo de 48.3mm de diámetro que cuenta en los extremos con unos soportes que junto con las cuñas permiten su fijación al pie a través de los orificios de los discos de éste. Sus medidas de comercialización son de 0.35, 0.70, 1.02, 1.50, 2.00, 2.50 y 3.00 metros de longitud. Los brazos permiten apoyar plataformas de trabajo. En la figura N°2.4 se puede apreciar la posición del brazo en la cimbra Brío.

#### DIAGONALES

Elemento estructural del soporte que permite el arriostramiento de los pies verticales. Están constituidos por un tubo de acero galvanizado de 48.3mm de diámetro y 3.1mm de espesor. En la figura N°2.4 se puede apreciar la posición de las diagonales en la estructura de soporte.

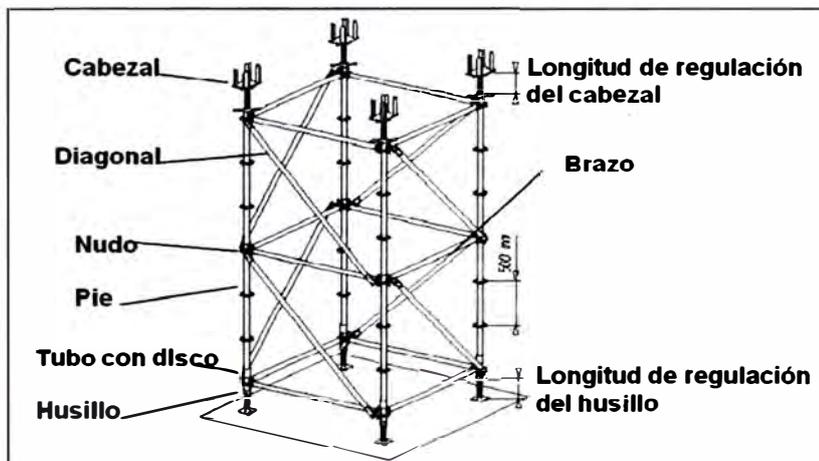


Figura N°2.4.- Isometría de cimbra Brío.  
Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.



Figura N°2.5.- Nudo Brío.  
Fuente: Catálogo General Ulma.

### 2.2.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

La capacidad de carga del sistema está determinada por la carga recibida en los pies verticales y husillos. Se presentan a continuación las cargas admisibles de los principales componentes del sistema:

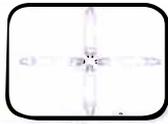
#### HUSILLO CON PLACA

Los husillos con placa utilizados tienen una longitud total de 1.00 y 0.50 metros, sin embargo en el momento de regulación sólo se permite utilizar el 50% de esta longitud para que logren desarrollar su máxima capacidad, con esto se logra obtener una capacidad de carga admisible de 5 toneladas.

#### PIES VERTICALES

Los pies verticales tienen una capacidad de carga que depende principalmente de su arriostramiento en altura y en planta, en el cuadro N°2.2 se puede apreciar los valores de capacidad de carga admisible de los pies verticales en función de su configuración.

Cuadro N°2.2.- Capacidad admisible pie Brío.

PIE VERTICAL (MAX.CAPAC.AXIAL)		
PLANTA	ARRIOSTRE EN ALTURA (h)	
	1.50 M.	2.00 M.
 ARRIOSTRE 4 SENTIDOS	5.00 Tn.	2.50 Tn.
 ARRIOSTRE 3 SENTIDOS	4.30 Tn.	2.30 Tn.
 ARRIOSTRE 2 SENTIDOS	4.10 Tn.	2.10 Tn.



Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.

#### BRAZOS HORIZONTALES

Los brazos cumplen la función de arriostrear horizontalmente los nudos y también de soportar si fuera el caso plataformas de trabajo, las capacidades de carga admisible que soportan se muestran en el cuadro N°2.3.

**Cuadro N°2.3.- Capacidad admisible brazo Brío.**

<b>BRAZO HORIZONTAL BRIO</b>		
<b>BRAZO</b>	<b>CARGA PUNTAL (Tn.)</b>	<b>CARGA DISTRIB. (Tn/m.)</b>
0.70	0.55	2.14
1.02	0.40	1.2
1.50	0.33	0.53
2.00	0.20	0.20
2.50	0.15	0.12
3.00	0.10	0.075

Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.

## 2.3 PUNTALES Y TORRES ALUPROP

### 2.3.1 DEFINICIÓN

El sistema Aluprop está diseñado como sistema de apuntalamiento de gran capacidad de carga para encofrados horizontales. Está compuesto por una amplia variedad de puntales de aluminio y marcos de arriostramiento, además de otros accesorios los cuales permiten alcanzar hasta una altura máxima de 12 metros utilizándolos superpuestos. El puntal Aluprop puede utilizarse como puntal individual o formando torres mediante los marcos de arriostramiento.

En la figura N°2.6 se aprecia el uso de las torres Aluprop como sistema de apuntalamiento para las superestructuras de puentes del proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2.



**Figura N°2.6.- Torres Aluprop.**  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

### 2.3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema Aluprop presenta los siguientes elementos principales:

## PUNTAL ALUPROP

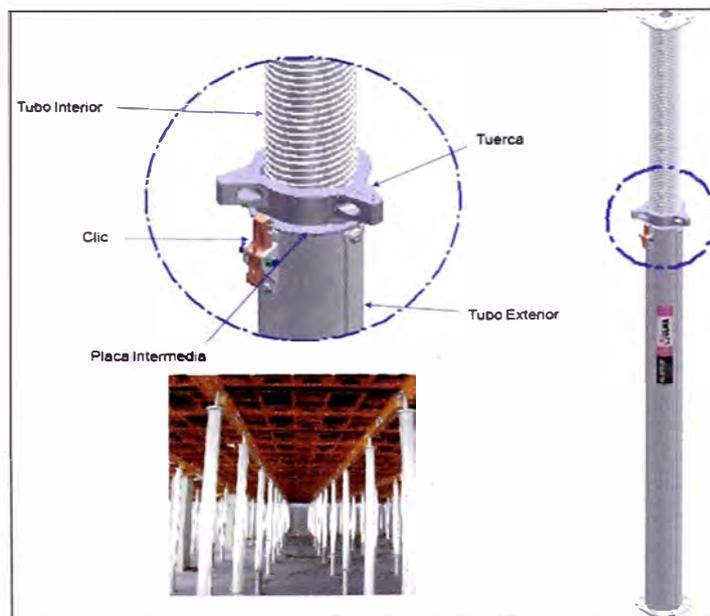
Es el elemento principal del sistema, está fabricado en aluminio y permite dar soporte a encofrados de estructuras horizontales o inclinadas. Presenta en su estructura un tubo exterior (112 mm de diámetro) y uno interior (95 mm de diámetro), los cuales permiten la regulación en altura, el tubo exterior presenta una forma especial que permite la colocación de los marcos de arriostramiento mediante una garra abrazadera. En el cuadro N°2.4 se muestran los tamaños de comercialización del puntal y los rangos de altura que estos nos permiten alcanzar. En la parte superior del puntal para recibir las vigas del encofrado horizontal se puede utilizar el cabezal con husillo o cabezal sencillo descrito en el ítem 2.2.2 del sistema Brio.

**Cuadro N°2.4.- Tamaños de puntales Aluprop.**

NOMBRE DEL PUNTAL	Longitud mínima (mm.)	Longitud máxima (mm.)
ALUPROP 1,65-2,8	1650	2800
ALUPROP 2,2-3,7	2200	3700
ALUPROP 3,3-4,8	3300	4800
ALUPROP 4,5-6,0	4500	6000

**Fuente: Guía de usuario Aluprop.**

En la figura N°2.7 se muestran los componentes del puntal Aluprop.



**Figura N°2.7.- Componentes del puntal Aluprop.**

**Fuente: Guía de usuario Aluprop.**

## MARCOS DE ARRIOSTRAMIENTO

El marco de arriostramiento está formado por tubos de acero e incluye cuatro garras con cuña que sirven para abrazar el tubo exterior del puntal. Los marcos de arriostramiento permiten que los puntales puedan desarrollar mayores capacidades de resistencia debido a que evitan el efecto de pandeo lateral. Existen cinco medidas de marcos de arriostramiento: 2.32m, 2.075m, 1.57m, 1.50m y 0.75m. En la figura N°2.8 se muestra un marco de arriostramiento.

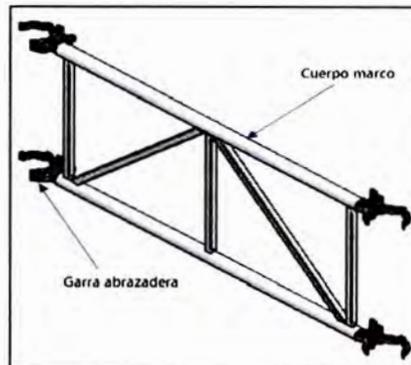


Figura N°2.8.- Marco de arriostramiento.  
Fuente: Guía de usuario Aluprop.

Existen además otros componentes del sistema que se presentan en el anexo N°01. En la figura N°2.9 se presenta una torre Aluprop.

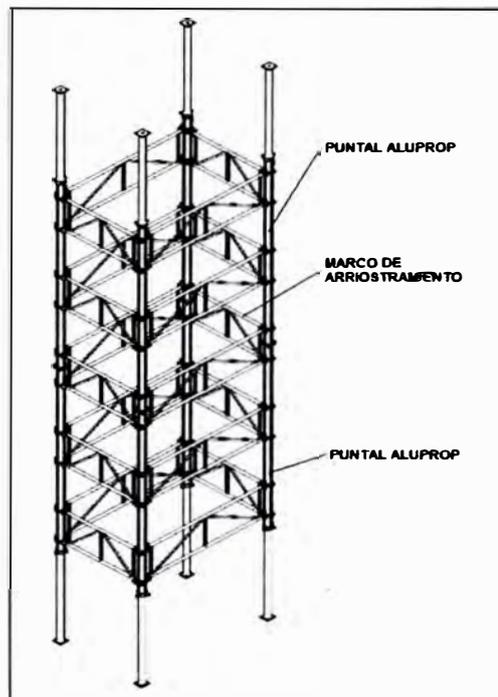


Figura N°2.9.- Isometría de torre Aluprop.  
Fuente: Guía de usuario Aluprop.

### 2.3.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

La capacidad admisible del puntal Aluprop depende del tamaño de puntal utilizado y de la elongación que presente cuando trabaja individualmente, cuando trabaja como torre Aluprop con marcos de arriostramiento también depende de la cantidad de marcos utilizados en altura.

Las cargas admisibles de los puntales Aluprop se muestran en el anexo N°02 y dependerán de la ubicación del tubo interior (TI), si se encuentra en la parte inferior o en la parte superior. Presenta mayores valores de resistencia cuando el tubo interior se encuentra en la parte superior, sin embargo es práctica común ubicarlos en la parte inferior para poder realizar de forma más sencilla la regulación del puntal al encofrar y posteriormente para el desencofrado.

Las cargas admisibles en el caso de las torres Aluprop también se presentan en el anexo N°02, ellas además dependerán de los marcos de arriostramiento utilizados y de las condiciones de viento.

En general los puntales Aluprop logran desarrollar capacidades de carga que van desde los 23.9 kN hasta los 151.2 kN.

## 2.4 SISTEMA MK

### 2.4.1 DEFINICIÓN

El sistema MK es un producto diseñado para ser utilizado como estructura de soporte de gran capacidad portante, generalmente destinadas a aplicaciones en el ámbito de las obras civiles. El sistema MK está formado por elementos denominados riostras MK de variadas longitudes y diversos accesorios que permiten configurar estructuras según el requerimiento que se presente para cada proyecto. Para los soportes de superestructuras de puentes (losas, vigas, arcos, etc.) se usa generalmente el sistema MK en los falsos puentes, en ellos se distinguen cerchas y cimbras. Las cerchas o armaduras (figura N°2.10) son los soportes directos de la superestructura las cuales se apoyan en torres o cimbras (figura N°2.12). Para el encofrado (molde directo) de los elementos como la losa, vigas, etc. se puede recurrir al uso de madera o variados sistemas de encofrados metálicos horizontales.

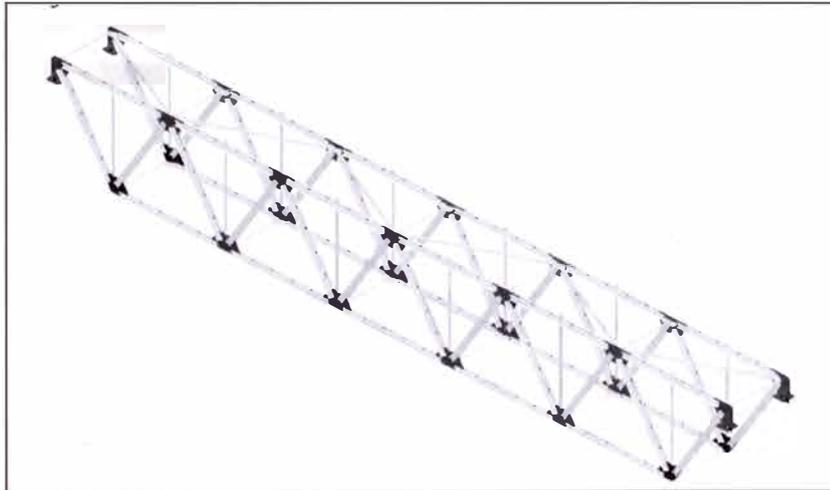
La principal característica de este sistema es su versatilidad en la solución de diversos problemas de encofrados. El sistema se puede configurar para obtener estructuras tipo pórticos, tipo carros, tipo túnel, para soporte de cargas o

apuntalamiento, encofrados horizontales o verticales, tipo consolas de trepado, protección de fachadas, etc.

## 2.4.2 USOS EN SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES

### a) CERCHAS MK

Las cerchas MK son armaduras diseñadas para desarrollar gran capacidad portante, logrando cubrir importantes luces. Según el requerimiento de cargas a soportar y luz del tramo del puente se pueden usar distintas configuraciones de cerchas MK, se caracterizan por tener generalmente formas triangulares equiláteras de longitudes variables que se forman mediante las riostras MK y los nudos MK en el eje principal de carga. Normalmente están arriostradas entre sí mediante tubos.



**Figura N°2.10.- Par de cerchas MK.**  
Fuente: Guía de usuario Estructura MK.

En la figura N°2.11 se muestra un conjunto de cerchas MK actuando como falso puente de una superestructura, las cerchas siempre se montan en pares.



**Figura N°2.11.- Cercha MK - Puente "Tingo" - Amazonas.**  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

## b) CIMBRAS MK

Las cimbras MK son torres diseñadas para soportar gran capacidad de carga generalmente a compresión debido a que soportan las reacciones transmitidas por las cerchas MK. Las cimbras MK (ver figura N°2.12) se forman mediante la unión de riostras MK y diversos accesorios que permiten conseguir torres de diversas alturas. De acuerdo a la carga a soportar generalmente se emplean dos tipos de cimbras, la cimbra MK-360 y la cimbra MK-150, la primera presenta una capacidad de carga situada en torno a los 250-360 kN, la segunda solo llega a soportar entre 100-150 kN, estos valores dependen de variables como la altura de la torre, su configuración, condiciones de viento y esfuerzos laterales.

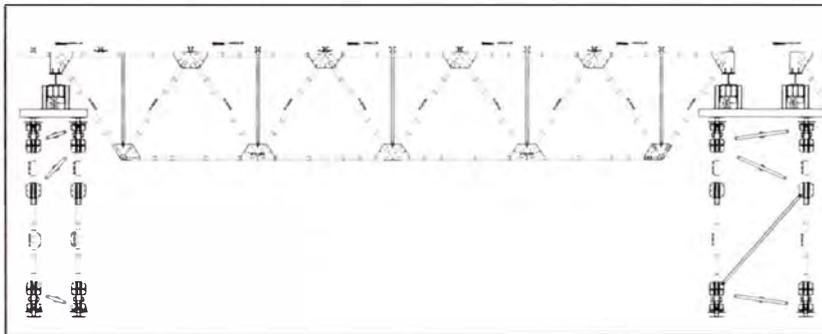


Figura N°2.12.- Cercha MK apoyada sobre Cimbras MK en sus extremos.  
Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.

En la figura N°2.13 se muestra un conjunto de cimbras MK actuando como soporte de una superestructura, las cimbras siempre se arriostran lateralmente entre ellas.



Figura N°2.13.- Cimbras MK.  
Fuente: Archivo Ulma Encofrados Perú.

### 2.4.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema MK posee gran cantidad de elementos y accesorios que permiten dar solución a muy variados problemas en las obras civiles como ya se ha

mencionado. En el anexo N°03 se presenta el listado completo de elementos del sistema y su descripción tanto para cerchas MK como para cimbras MK, a continuación se describe los principales elementos del sistema.

### RIOSTRAS MK

Se trata del elemento básico para todas las aplicaciones del sistema MK. La riostra está formada por la unión de dos perfiles UPN-120. Dichos perfiles presentan perforaciones que sirven para conectar los diversos accesorios con los que cuenta el sistema, las riostras MK presentan longitudes que varían en 125mm y sus tamaños de comercialización se dan en el anexo N°03. El nombre MK-120 viene dado por la altura del perfil (120mm), el sistema también cuenta con perfiles MK-180 (altura de perfil de 180mm) y perfiles MK-240 (altura de perfil de 240mm). Sus dimensiones se muestran en la figura N°2.14.

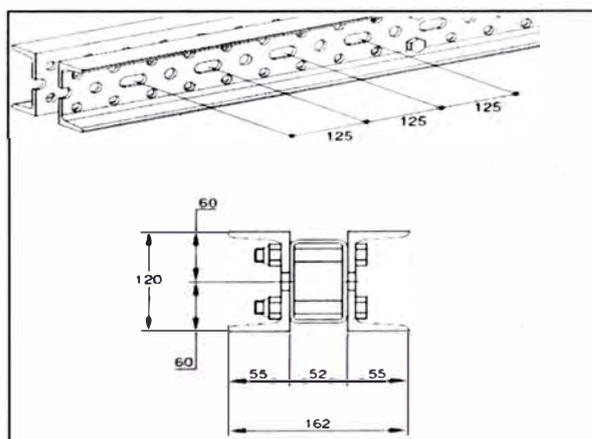


Figura N°2.14.- Dimensiones de riostra MK-120 (mm.)  
Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.

### NUDOS MK

Utilizados para la configuración de las cerchas MK. Los nudos son elementos compuestos por planchas metálicas encargados de unir las diversas riostras en la cercha. Estos elementos permiten configuraciones de cerchas en triángulos cada 60°. Así el sistema presenta nudos de 360°, 180°, 120°, 90°, 60°, etc. la unión entre nudo y riostra se da con tornillos y tuercas del sistema, generalmente con seis unidades. En la figura N°2.17 se muestran los nudos MK en la cerchas.

### TENSORES

Sirven para dar mayor capacidad de carga a las cerchas en ubicaciones donde, debido a las cargas actuantes, se requiere colocar refuerzo. También se utilizan

para el arriostramiento entre cerchas. Comercialmente se les conoce como tensores-E. En el anexo N°03 se pueden apreciar los tamaños de comercialización.

### UNIONES Y ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO

Son elementos que sirven para unir distintos elementos entre sí y arriostrar adecuadamente a las cerchas y a las cimbras MK, pues un buen arriostramiento permite que los diversos elementos logren desarrollar toda su capacidad. Los principales elementos para el arrioste son las montantes y diagonales MK, las cuales se unen a las riostras mediante conectores llamados unión de eje secundario MK y unión de eje secundario terminal MK entre otros accesorios.

En la figura N°2.15 se aprecia los principales elementos utilizados para el arriostramiento de cerchas y cimbras MK.

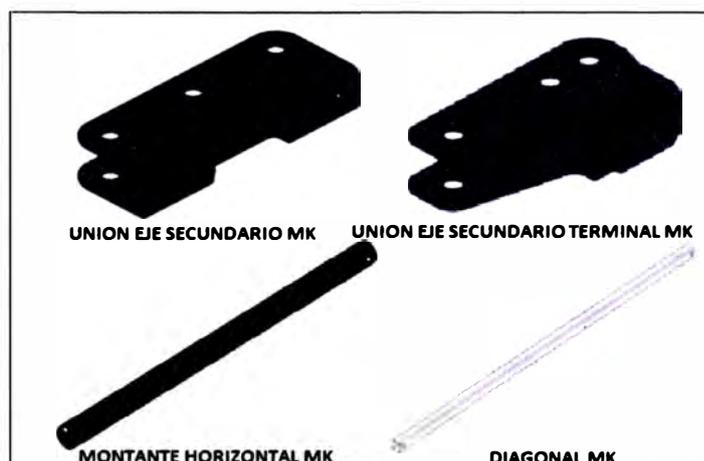


Figura N°2.15.- Principales elementos de arriostramiento.  
Fuente: Guía de usuario Estructura MK.

### ACCESORIOS BASE-CUERPO-CABEZA DE LAS CIMBRAS MK

Son elementos que permiten dar la configuración a las cimbras MK utilizadas en los falsos puentes, nos permiten unir los distintos elementos y darles continuidad. También se incluyen en este grupo los elementos que permiten la nivelación y el desencofrado de las estructuras a encofrar. En la figura N°2.16 se muestra los principales elementos en la configuración de cimbras MK, los husillos base para nivelación, los perfiles husillo y de arriostramiento en la base y cabeza de la torre para el adecuado arriostramiento y transmisión de cargas y la unión testa MK que une el cuerpo de la torre con la base y la cabeza.

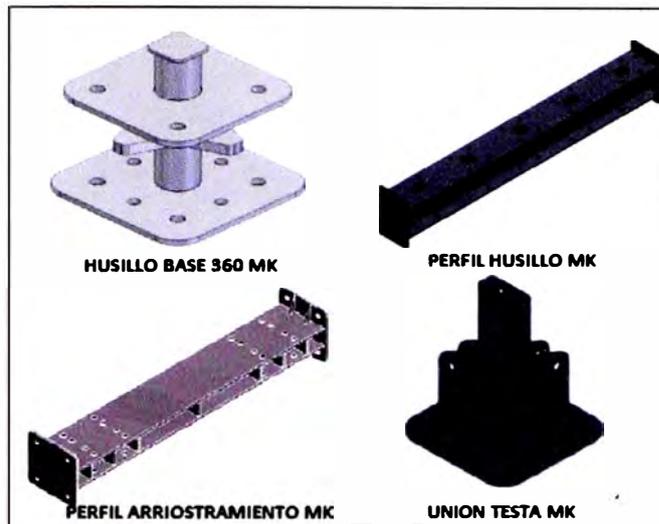


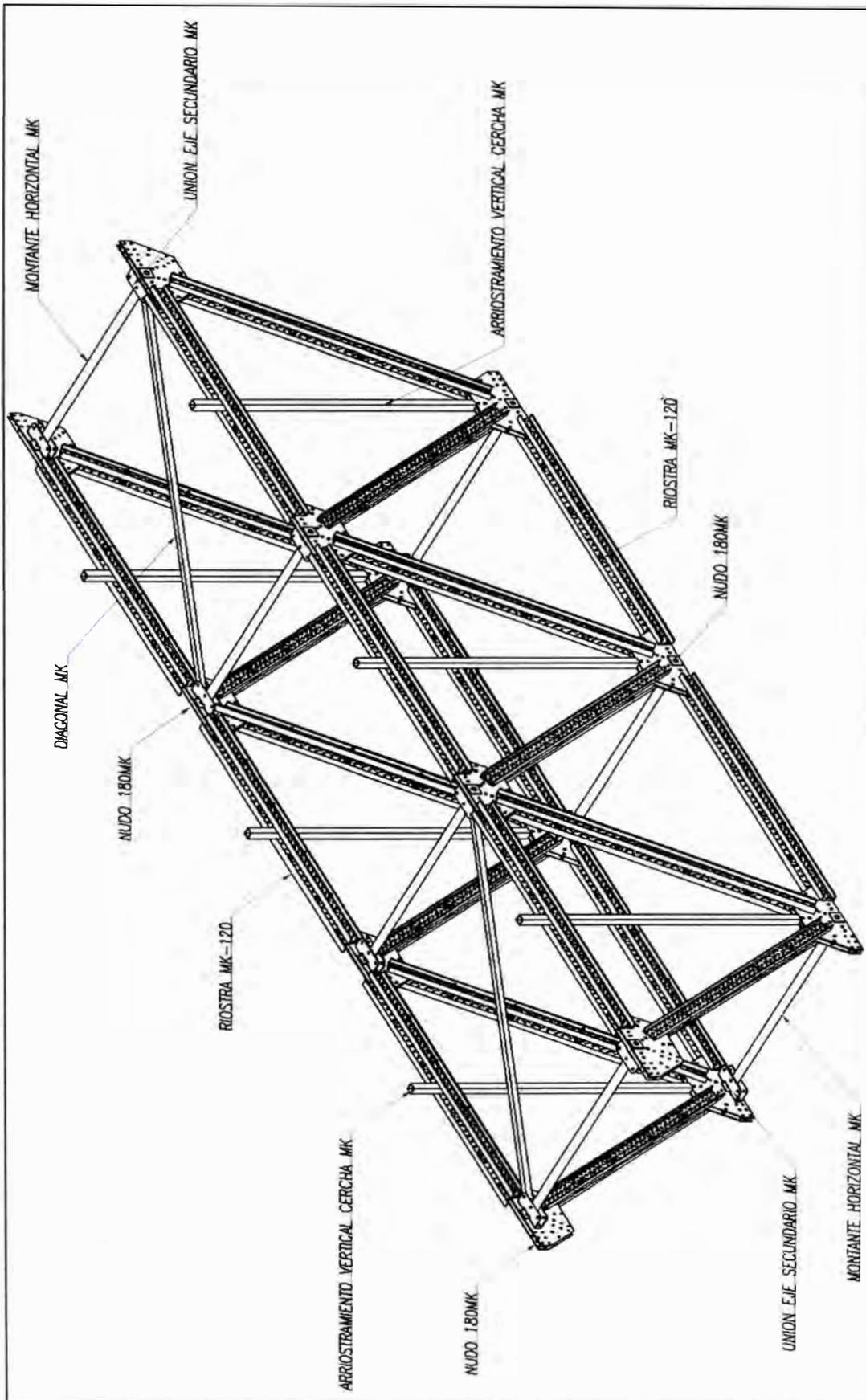
Figura N°2.16.- Principales elementos de la base-cuerpo-cabeza de cimbras MK.  
Fuente: Guía de usuario Cimbras MK.

En la figura N°2.17 se presentan los diversos elementos mencionados configurando una cercha MK típicamente utilizada para el soporte de estructuras. En la figura N°2.18 se presenta los elementos comúnmente empleados en las cimbras MK.

#### 2.4.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Las diversas estructuras conformadas con el sistema MK siempre deben ser analizadas para verificar que las capacidades resistentes de sus elementos superen a las cargas actuantes. El criterio de análisis utilizado es el de esfuerzos admisibles considerando las cargas de servicio actuantes. En el anexo N°04 se presentan cuadros con las estructuras típicas de cerchas, cimbras MK y sus cargas resistentes de acuerdo a su configuración, magnitudes y posiciones de las cargas, presentadas en los manuales de diseño de los productos. Cabe recalcar que la utilización de los cuadros presentados en el anexo N°04 son recomendaciones para el pre dimensionamiento de la estructura y siempre deberá ser verificada con un procedimiento de análisis estructural.

Las riostras MK presentan alta resistencia a los esfuerzos de compresión, tracción, esfuerzos cortantes y momentos flectores. En el cuadro N°2.5 se presenta la carga a compresión admisible de una riostra MK-120, dicho valor depende de la longitud libre de la riostra, cuando menor sea esta longitud, es decir, tenga un mayor arriostramiento, la riostra podrá desarrollar mayor capacidad de carga.



**Figura N°2.17.- Isometría de cercha MK.**  
**Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.**

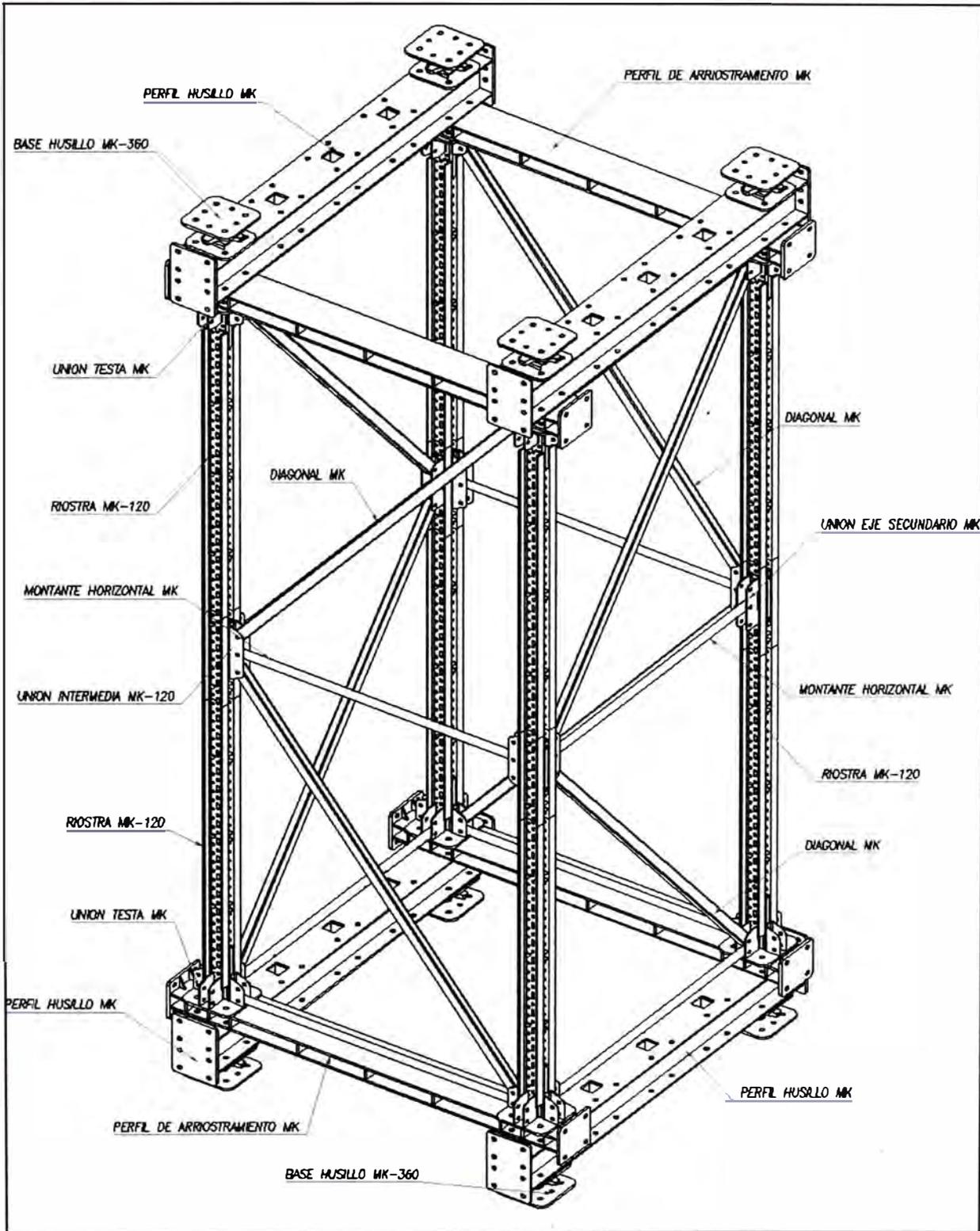


Figura N°2.18.- Isometría de cimbra MK.  
Fuente: Departamento Técnico Ulma Perú.

**Cuadro N°2.5.- Capacidad admisible a compresión de una riostra MK-120 (kN.).**

<b>Longitud Libre (m.)</b>	<b>Carga a Compresión (KN.)</b>
1.50	360.00
2.00	336.00
2.50	287.00
3.00	240.00

Fuente: Guía de usuario Estructura MK.

Para poder alcanzar la resistencia indicada en el cuadro N°2.5, la unión riostra MK – nudo MK deberá tener 6 tornillos de conexión necesariamente. En el cuadro N°2.6 se presenta el momento flector y fuerza cortante resistente de la riostra MK-120.

**Cuadro N°2.6.- Momento flector y fuerza cortante admisible riostra MK-120.**

<b>Momento Flector (KN.m)</b>	<b>Fuerza Cortante (KN)</b>
18.90	140.00

Fuente: Guía de usuario Estructura MK.

En las cimbras MK el elemento limitante en la capacidad de carga admisible es el husillo base, se comercializan el husillo base 360MK y el husillo base 150MK, el primero con una capacidad máxima de carga de 360 kN y el segundo de 150 kN. Adicionalmente se deberá verificar cada uno de los elementos componentes de las cerchas MK y de las cimbras MK para poder dar conformidad a la modulación realizada.

## **2.5 CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ENCOFRADOS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PUENTES**

El diseño y construcción empleado para un puente es único e irreplicable para otro puente, son muchas las variables que hacen que los diseños y procesos de construcción varíen de un puente a otro, de manera que no se pretende aquí establecer una relación rígida entre un tipo de puente y el sistema de soporte de encofrado a utilizar, sin embargo se pueden plantear lineamientos en base a experiencias ya realizadas sobre el sistema constructivo a emplear para encofrar la superestructura de un puente.

Las principales variables a tomar en cuenta en el momento de seleccionar el sistema de soporte y encofrado para la superestructura de un puente son:

## LUZ DEL TRAMO Y TAMAÑO DEL PUENTE

El sistema de soporte dependerá de la luz del puente, dado que pequeñas luces pueden ser solucionadas con sistemas más sencillos que puentes de grandes luces, además el tamaño del puente también representa un factor importante, si es un puente de muchos tramos que incluso puede tener tramos de luces pequeñas se debería pensar en un sistema modular que nos permita avanzar de forma rápida.

## GÁLIBO

El gálibo también juega un papel fundamental en la elección del sistema de encofrado, cuando se tienen alturas demasiado grandes se descarta cualquier tipo de sistema con apuntalamientos y se utiliza principalmente los falsos puentes o los sistemas de carros de avance.

## TIPO DE PUENTE

La geometría del puente también es un factor importante, según la superestructura tenga sección de losa, vigas "I", vigas "T", vigas cajón, sea un puente en arco, atirantado, aporticado, etc. se tendrá una determinada solución.

## OBSTÁCULO A SALVAR

Es imprescindible conocer el obstáculo que se pretende salvar con la construcción del puente y la época en la que se llevará a cabo su construcción, en especial si se va a cruzar un río o quebrada, de eso dependerá el sistema de soporte a emplear, si lo que se va a cruzar es una vía de tráfico, se requerirá establecer si se puede cortar el tráfico durante la etapa de construcción o se plantea un sistema que permita desarrollar el tráfico normal mientras se construye el puente, con falsos puentes o carros de avance.

En el cuadro N°2.7 se plantean criterios y lineamientos para la elección de un sistema de encofrados para superestructuras de puentes de concreto en función de la luz del tramo a encofrar, del sistema de encofrado disponible que se podría utilizar y el tipo de puente, a su vez estas se referencian con observaciones que consideran las demás variables descritas anteriormente.

Cabe indicar que en puentes de tamaños importantes se puede tener combinaciones de los diversos sistemas, siempre con el apoyo de elementos de madera que permitan resolver situaciones particulares donde el empleo de sistema metálico no se justifique.

**Cuadro N°2.7.- Recomendaciones para la elección del sistema de soporte.**

LUZ (m)	SISTEMA CONSTRUCTIVO				OBSERVACION	
	MADERA	METALICOS				CARROS/VIGAS
		CIMBRAS BRIO	TORRES ALUPROP	SISTEMA MK		
0-10	x	x	x		Para puentes tipo losa (pontones) <sup>(1)</sup>	
10-30		x	x	x	Para puentes tipo vigas "I". "T" o cajón. <sup>(2)</sup>	
30-50			x	x	Para puentes tipo vigas "I". "T"y cajón, tipo arcos. <sup>(3)</sup>	
>50 o de varios tramos			x	x	Para puentes tipo vigas cajón, tipo arcos, atirantados, colgantes. <sup>(4)</sup>	

- (1) Generalmente usados para cruzar quebradas o vías de poco tráfico, se puede utilizar soporte de madera, cimbra Brio, y si la losa tiene un espesor considerable con altas cargas los puntales Aluprop.
- (2) Generalmente usados para cruzar quebradas, rios o vías de regular tráfico, se puede utilizar como estructura de soporte la cimbra Brio o las torres Aluprop en el caso que la construcción se realice en épocas de estiaje o se pueda cortar el tráfico y establecer desvíos, caso contrario a las condiciones anteriores se deberá utilizar falsos puentes con el sistema mk y complementado con los sistemas mencionados inicialmente.
- (3) Generalmente usados para cruzar rios o vías de alto tráfico, se puede utilizar como estructura de soporte las torres Aluprop y la zona por donde cruza el río o por donde se dejará pasar el tráfico se utilizará falso puente con el sistema mk o el apoyo de vigas de acero, para el encofrado del tablero se recomienda el empleo del sistema de cimbras Brio y el apoyo de madera.
- (4) Generalmente usados para cruzar rios caudalosos o vías de alto tráfico, si el puente es de un tramo se recomienda colocar falsos puentes con el sistema mk si fuese factible colocar pilares centrales con cimbras mk, caso contrario se recomienda la utilización del sistema de carros de avance o vigas de lanzamiento, en puentes de varios tramos o viaductos se puede emplear cualquiera de éstos sistemas o incluso las torres Aluprop.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS EN EL PUENTE SANTA ROSA DEL PROYECTO TREN ELÉCTRICO LÍNEA 1 TRAMO II

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

##### 3.1.1 GENERALIDADES

El proyecto de Transporte de Metro de Lima y Callao cuenta con un plan maestro de red básica compuesto por 5 líneas, las cuales cruzan de extremo a extremo la ciudad y están interconectadas entre sí. Dicho proyecto busca solucionar, apoyado con obras complementarias y reformas de transporte, el problema de transporte masivo en la ciudad de Lima. En la figura N°3.1 se muestra esta red.

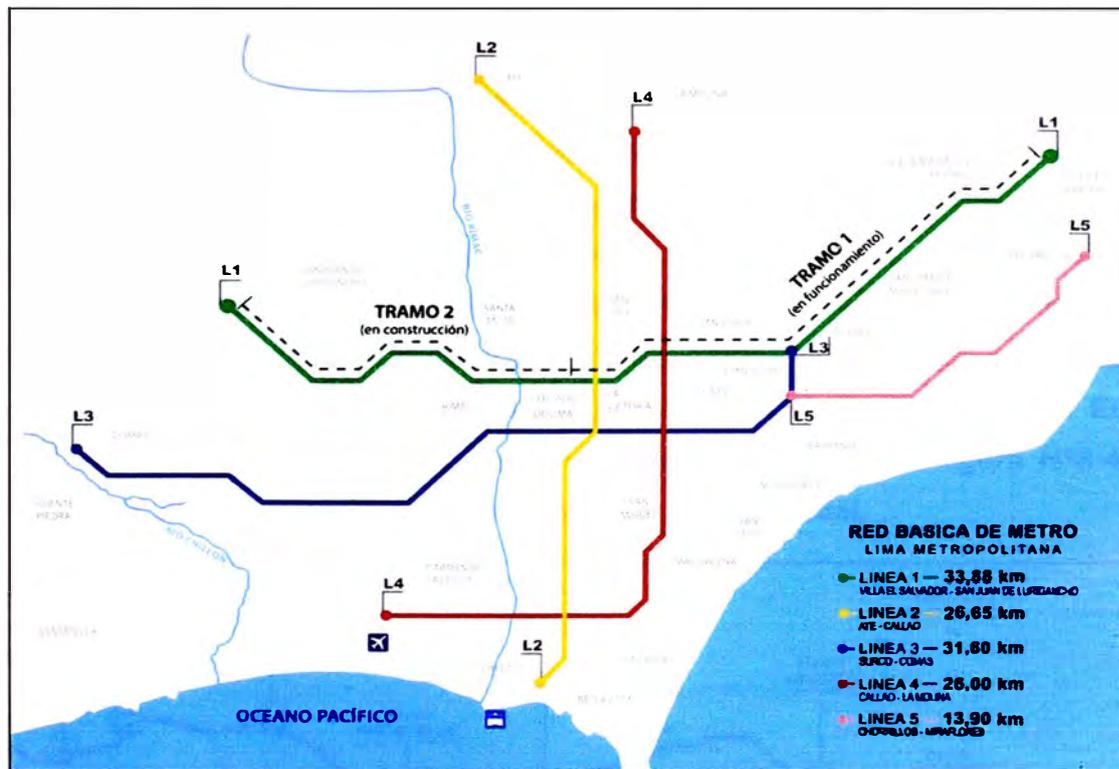


Figura N°3.1.- Red básica de Metro de Lima.  
Fuente: Consorcio Tren Eléctrico.

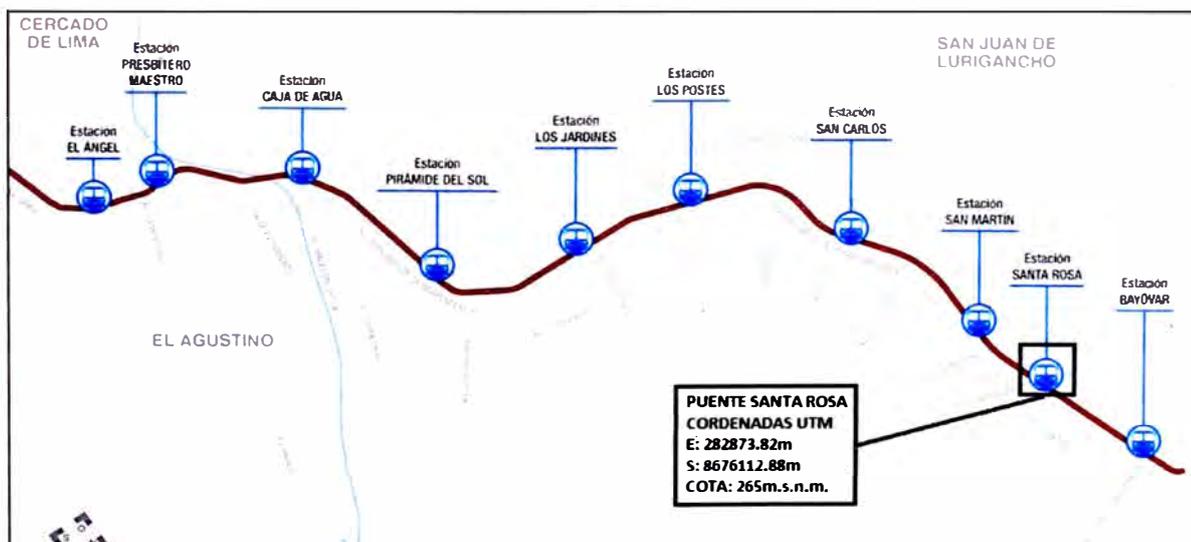
La Línea 1 del proyecto recorre desde el distrito de Villa el Salvador hasta San Juan de Lurigancho. La Línea 1 ha sido dividida en dos tramos, el primero de ellos ya se encuentra en funcionamiento y el segundo se encuentra en plena construcción, se espera su funcionamiento en el año 2014. La Línea 1 tiene una longitud total de 33.88 Km. en su mayor parte elevada, cuenta con un patio taller

para mantenimiento, un patio de maniobras, 26 estaciones de pasajeros, viaductos elevados, puentes en los cruces con avenidas principales y dos puentes especiales de 240 m. de longitud, uno sobre la Vía de Evitamiento y el otro sobre el río Rímac. Se espera que el recorrido total de la Línea 1 tenga una duración de 45 minutos.

En el distrito de San Juan de Lurigancho, todo el recorrido del tren es por la avenida Próceres de la Independencia, y en el cruce con la Avenida Santa Rosa se encuentra la estación Santa Rosa y el puente del mismo nombre. En la figura N°3.2 se indica la ubicación del puente y las estaciones conformantes del tramo II. El presente capítulo presentará el sistema de encofrado utilizado para la construcción de la superestructura del puente Santa Rosa, los planos y los cálculos justificatorios.

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE SANTA ROSA

De acuerdo a la clasificación de los tipos de puentes presentadas en el capítulo I, el puente Santa Rosa queda definido según el cuadro N°3.1. Es un puente de tres tramos de sección cajón variable apoyado sobre pilares de concreto armado, presentando luces de 25.30m el primer tramo, 42.00m el tramo central y 25.30m el tercer tramo, con una longitud total de 92.60m y un ancho de tablero de 8.36m para el paso de dos líneas de ferrocarril. La geometría, progresivas, ejes, cotas y los detalles se muestran en los planos presentados en el anexo N°05. En la figura N°3.3 se presenta una vista general del puente y en la figura N°3.4 se presenta la sección del mismo en el centro del tramo central.

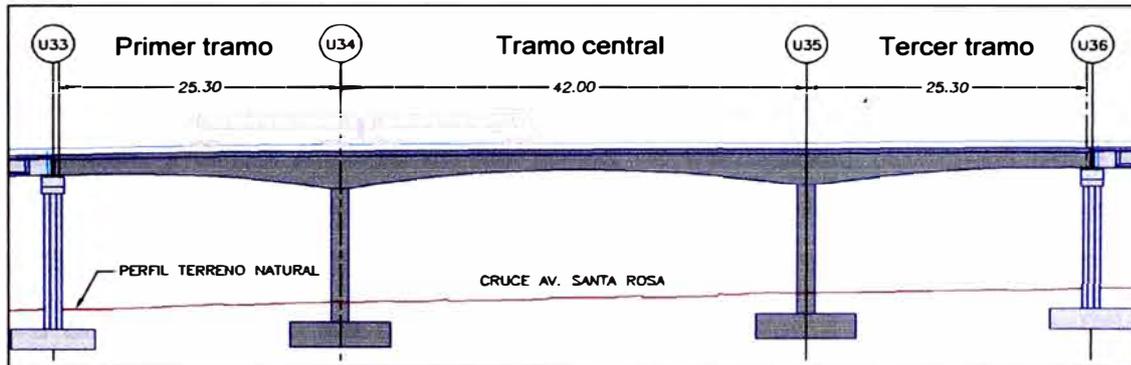


**Figura N°3.2.- Ubicación del puente Santa Rosa.**  
 Fuente: Consorcio Tren Eléctrico.

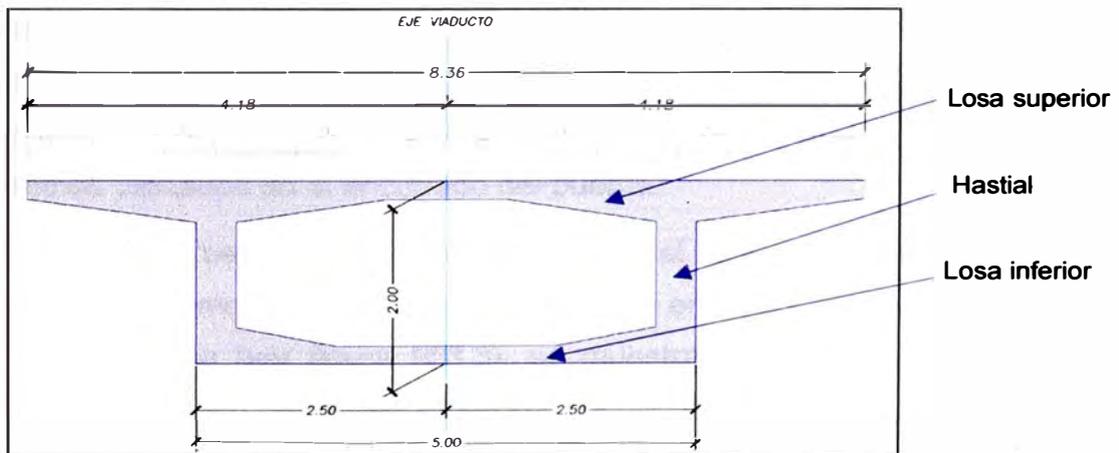
**Cuadro N°3.1.- Clasificación de Puente Santa Rosa.**

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	TIPO
Funcionalidad	Ferrovioario
Material de Superestructura	Concreto
Sistema Estructural	Vigas Cajón
Tipo de Apoyo	Continuo
Tiempo de Vida Útil	Definitivo
Proceso Constructivo	Vaciado en sitio
Trazo Geométrico	Recto

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°3.3.- Vista general del puente Santa Rosa.**



**Figura N°3.4.- Sección del puente en el centro del tramo central.**

### 3.2 ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADO

#### 3.2.1 PROBLEMÁTICA PRESENTADA PARA LA CONSTRUCCIÓN

El principal problema para la construcción del puente Santa Rosa era encofrar la superestructura del puente permitiendo en todo momento el tránsito por la avenida Santa Rosa, que es la que cruza el puente en su tramo central por el nivel de terreno (ver figura N°3.3), además de que se trataba de una luz importante de 42m a salvar, el primer y tercer tramo sí podían ser apuntalados desde el piso porque no requerían cruce de tránsito.

Se debería considerar también el vaciado de concreto en dos etapas, la primera en la cual se colocaría el concreto de la losa inferior y la segunda etapa en la cual se colocaría el concreto en los hastiales del cajón y la losa superior.

### 3.2.2 ESTRUCTURACIÓN

Por las características del puente Santa Rosa y en base a las recomendaciones planteadas en el cuadro N°2.7 del informe se optó por una solución combinada de sistemas. Para el tramo central debido a su luz de 42.00m y la necesidad de dejar pasar el tránsito se decidió utilizar un falso puente con estructuras MK (cimbras MK y cerchas MK, se tenía un gálibo de 12.65m,) sobre las vías transitables y torres Aluprop en las zonas no transitables (extremos del tramo central). En la parte superior de ambos, para acomodarse a la geometría del puente, se utilizó la cimbra Brío para dar soporte a la losa inferior y superior.

Para el encofrado de los hastiales se utilizó un sistema de paneles metálicos para encofrados verticales que no será desarrollado en el presente informe. Para el primer y tercer tramo del puente se utilizó el sistema de torres Aluprop y cimbras Brío para el soporte de la losa inferior y superior similar a la configuración en el tramo central. En el presente informe se presentan los planos y cálculos referidos al tramo central del puente de luz 42.00m puesto que abarca los tres sistemas utilizados en el encofrado del puente.

En la figura N°3.5 se presenta la vista general del encofrado de la superestructura del tramo central del puente ubicado entre los ejes U34 y U35 del puente Santa Rosa (ver figura N°3.3), se muestran las cimbras MK que soportan a las cerchas MK, las torres Aluprop y las cimbras Brío en contacto con la losa inferior y superior de la sección cajón.

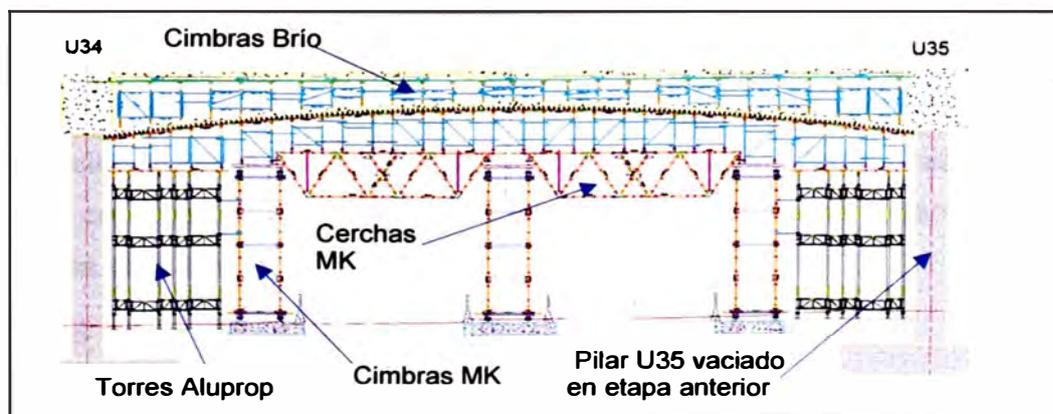


Figura N°3.5.- Vista general del encofrado del puente Santa Rosa.

En el anexo N°06 se presenta los planos del soporte y encofrado utilizados en la construcción del puente Santa Rosa.

Para conectar los diversos sistemas presentados (Brío, Aluprop y MK) y lograr una adecuada transferencia de cargas se utilizan entre dichos sistemas camas de vigas: de madera de sección "I" denominadas VM20, riostras MK (con perfiles del sistema MK) y vigas metálicas de sección "I". En el plano PU8-01-08 se puede observar los diversos niveles de camas de vigas utilizados y la sección transversal de la figura N°3.5.

### 3.3 CÁLCULOS JUSTIFICATORIOS

Para verificar cada uno de los elementos componentes de la estructura de encofrado y soporte se utilizará el criterio de los esfuerzos admisibles, en el cual la capacidad admisible del elemento debe ser mayor que la carga de servicio. Se calcularán las cargas actuantes en la parte superior de la superestructura y se seguirá un proceso de transmisión de cargas para ir revisando cada uno de los elementos componentes.

#### 3.3.1 CARGAS CONSIDERADAS

Las cargas consideradas en el análisis estructural son las siguientes:

**PESO PROPIO:** En el análisis se considera el peso propio de cada uno de los elementos evaluados (puntales, vigas de madera, metálicas, etc.)

**CONCRETO:** El peso específico considerado es de 25 kN/m<sup>3</sup>.

**SOBRECARGA:** Se ha considerado una sobrecarga debido a los trabajadores y equipos equivalente a 1.50 kN/m<sup>2</sup>.

#### 3.3.2 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Las capacidades admisibles de los elementos fueron presentadas en el capítulo II, además para el control de las deflexiones se tomará en cuenta una deformación máxima en vigas de madera y metálicas de 3mm (Pacheco, 2006), para las cerchas y cimbras MK los valores de deformaciones serán dados como referencia para el control del contratista.

a) **VIGAS VM20** (Plano PU8-01-04, Vigas secundarias "02" VM20)

Las vigas VM20 son vigas de madera utilizadas como primera tramada de vigas en contacto directo con los paneles de fondo para encofrados de losas. Según la

guía de usuario Estructura MK presentan una capacidad resistente de momento flector de 5 kN.m y de fuerza cortante de 11 kN.

Las vigas VM20 con más carga de trabajo son las que se encuentran en el fondo de la losa inferior y en la sección de mayor peralte (junto a los pilares, H=3.60m, ver figura N°3.13). En la figura N°3.6 se presenta dichas vigas.

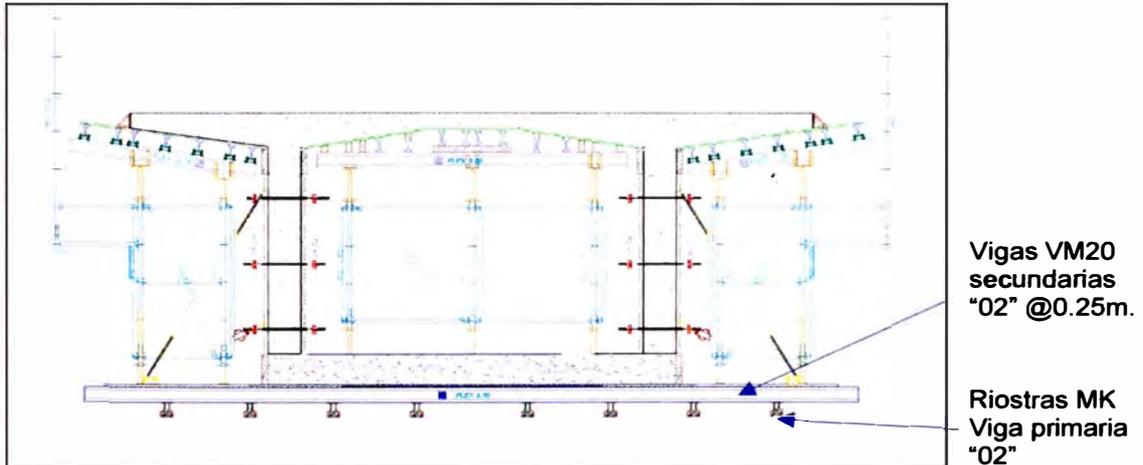


Figura N°3.6.- Ubicación de las vigas VM20 secundarias "02".

En el plano PU8-01-04 se aprecia la distribución en planta de estas vigas, encontrándose vigas VM20 de longitud 9.50m y 1.90m alternadas cada 0.25m.

En la figura N°3.7 se presenta el esquema de cargas actuantes sobre las vigas, tanto la VM20 de 9.50m como la VM20 de 1.90m. En el cuadro N°3.2 se presenta las cargas actuantes sobre las vigas con más carga de trabajo. En la figura N°3.8 se muestran las reacciones obtenidas.

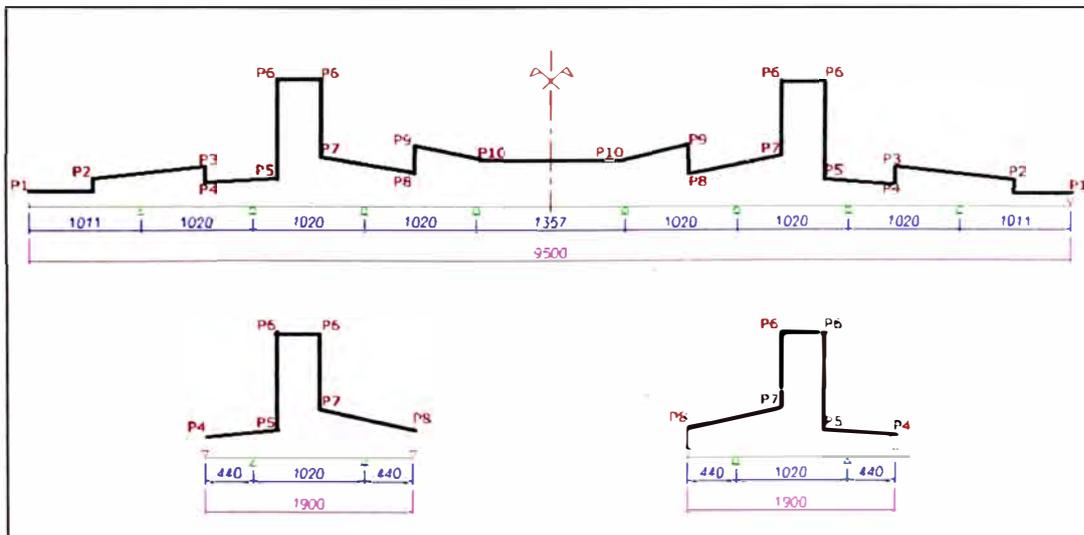


Figura N°3.7.- Esquema de cargas sobre vigas VM20 (mm).

Cuadro N°3.2.- Carga distribuida sobre vigas VM20.

$H_{sección}=3.60m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m3)	Tablero Fenólico (KN/m2)	Sobrecarga (KN/m2)	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	3.600	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	22.96
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.710	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	4.89
P9	0.710	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	9.73
P10	0.600	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	8.36

Fuente: Elaboración propia.

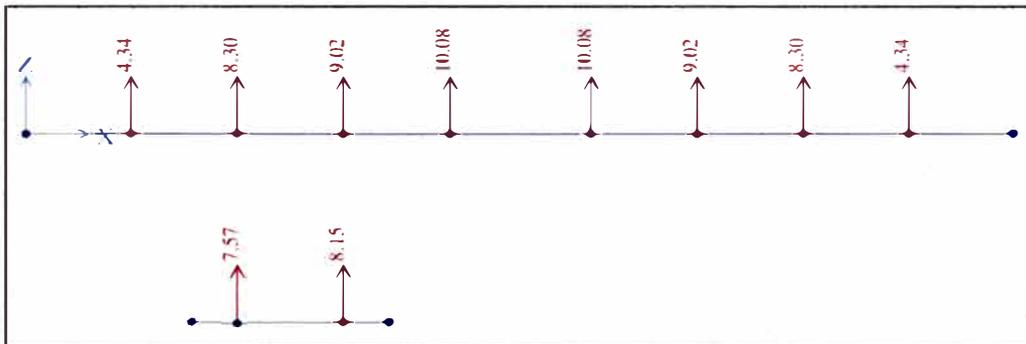


Figura N°3.8.- Reacciones sobre vigas VM20 (kN).

En la figura N°3.9, N°3.10 y N°3.11 se muestran los diagramas de momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones respectivamente de las vigas en estudio.

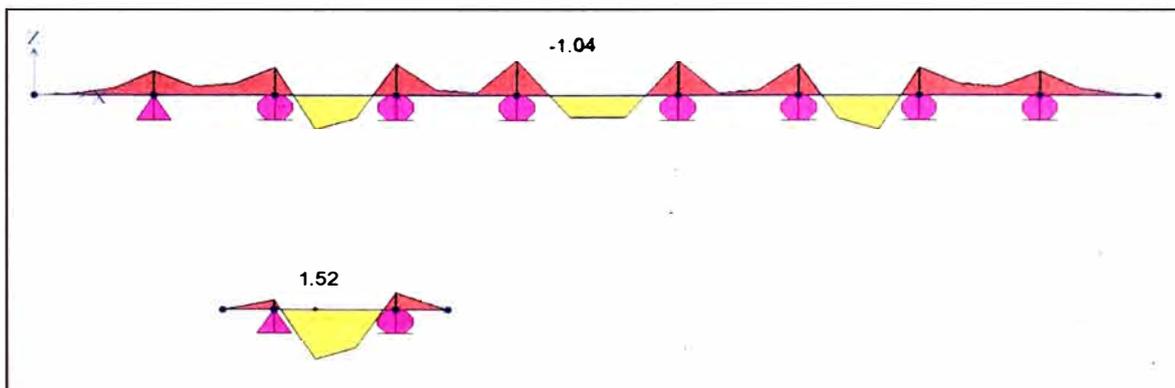


Figura N°3.9.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).

$$\rightarrow M_{m\acute{a}x} = 1.52 \text{ kN.m} < M_{adm} = 5 \text{ kN.m}$$

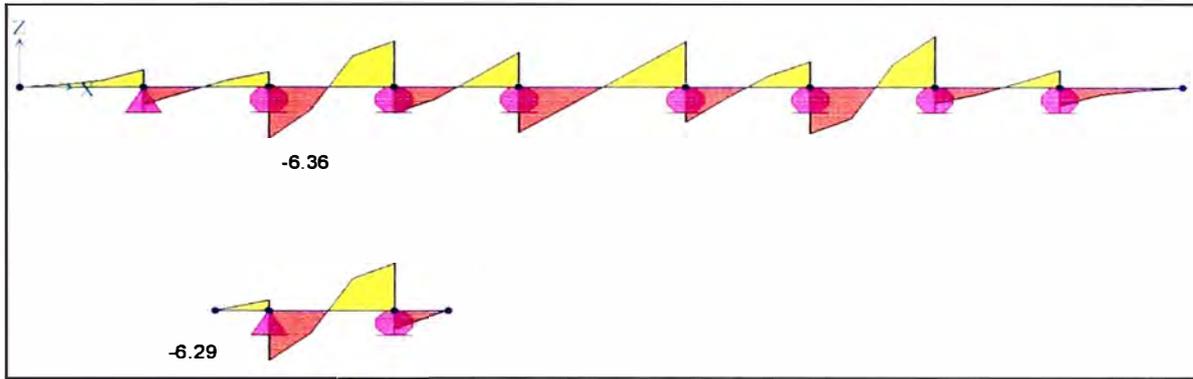


Figura N°3.10.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

$$\rightarrow V_{\text{máx}} = 6.36 \text{ kN} < V_{\text{adm}} = 11 \text{ kN}$$

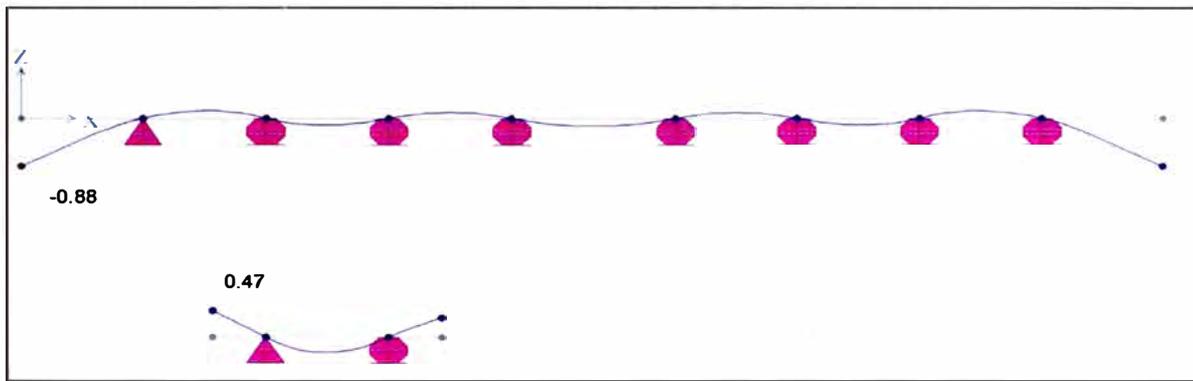


Figura N°3.11.- Deformaciones (mm).

$$\rightarrow \text{Máxima deformación} = 0.88 \text{ mm}$$

Como se puede apreciar las vigas VM20 más cargadas tanto para la de longitud 9.50m. como la de 1.90m presentan valores de momento flector, fuerza cortante y deformaciones menores a los admisibles.

b) RIOSTRAS MK-120 (Plano PU8-01-04, Vigas primarias "02" MK-120)

Se presenta el análisis de las riostras MK que soportan las vigas VM20 en el fondo de losa inferior de la superestructura como se aprecia en la figura N°3.12, dicha figura también muestra el sector más crítico de trabajo para estos elementos, que es el alineamiento "C".

Además en la figura N°3.13 se presentan las secciones con distintos peraltes con las cuales se realizarán los cálculos de las cargas actuantes sobre las riostras MK. (Ver plano PU8-01-01 elevación general).

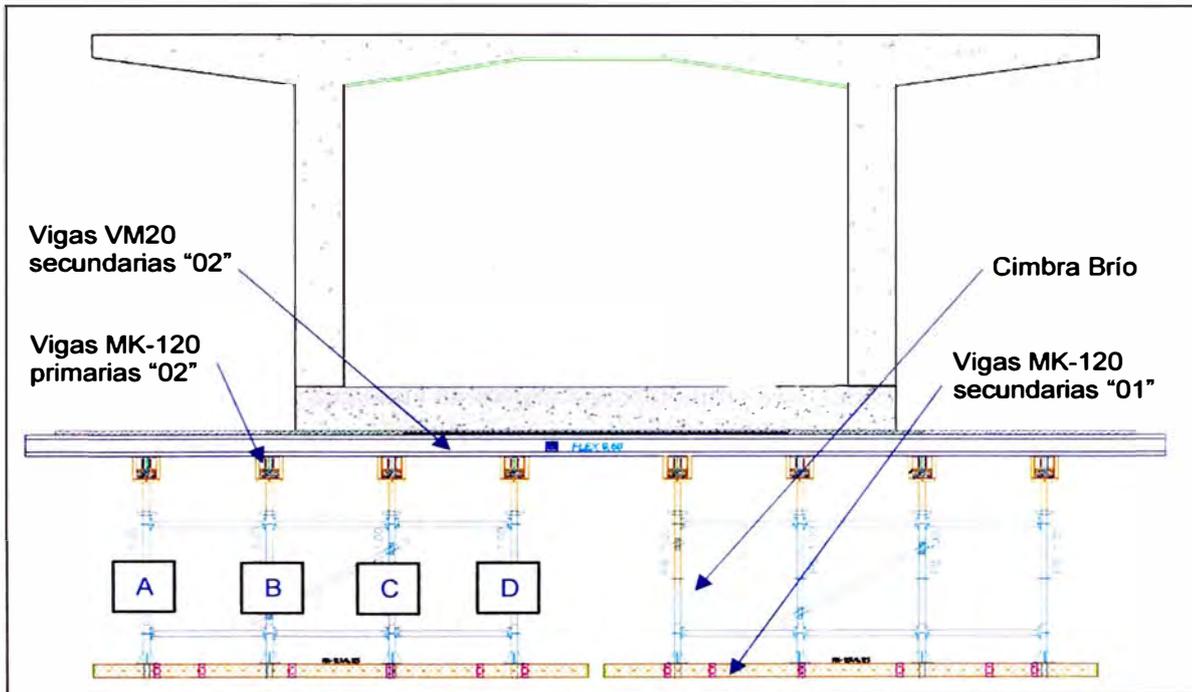


Figura N°3.12.- Sección típica – Riostra MK-120 primarias "02".

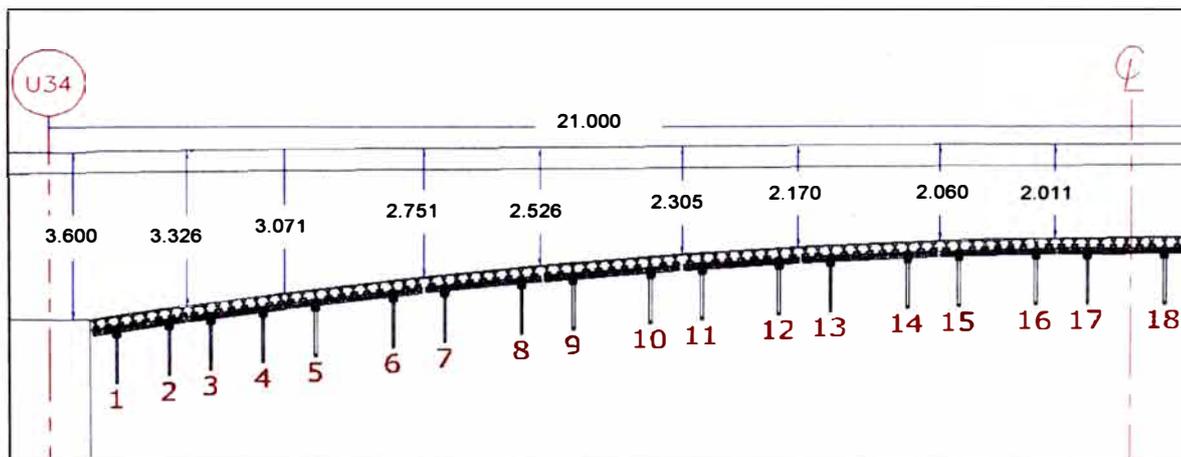


Figura N°3.13.- Elevación – Peraltes de la sección de la superestructura (m).

Para determinar las cargas actuantes sobre las riostras MK en el sector crítico descrito (alineamiento "C"), se calcularán las reacciones en las vigas VM20 en las secciones donde se indican los peraltes (figura N°3.13). Esto se presenta en el anexo N°07, de donde se tomarán los valores de las reacciones de las figuras N°01 hasta la N°08 que actúan en este alineamiento. En la figura N°3.14 se muestra el esquema de cargas actuantes sobre dichas riostras, para el cálculo de  $Q_1, Q_2, \dots, Q_9$  se utilizará los valores de reacciones mencionados.

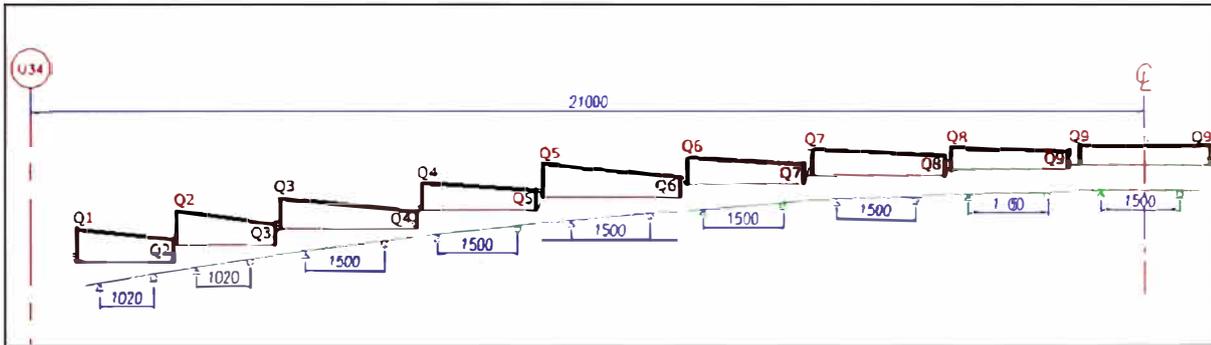


Figura N°3.14.- Esquema de cargas sobre riostras MK – primarias “02” (mm).

De la figura N°3.8:

$$\rightarrow Q_1 = \frac{9.02 \text{ kN} + 8.15 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_1 = 34.34 \text{ kN/m}$$

De la figura N°01 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_2 = \frac{8.59 \text{ kN} + 7.76 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_2 = 32.70 \text{ kN/m}$$

De la figura N°02 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_3 = \frac{8.15 \text{ kN} + 7.35 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_3 = 31.00 \text{ kN/m}$$

De la figura N°03 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_4 = \frac{7.55 \text{ kN} + 6.82 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_4 = 28.74 \text{ kN/m}$$

De la figura N°04 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_5 = \frac{7.14 \text{ kN} + 6.44 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_5 = 27.16 \text{ kN/m}$$

De la figura N°05 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_6 = \frac{6.88 \text{ kN} + 6.21 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_6 = 26.18 \text{ kN/m}$$

De la figura N°06 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_7 = \frac{6.72 \text{ kN} + 6.07 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_7 = 25.58 \text{ kN/m}$$

De la figura N°07 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q_8 = \frac{6.59 \text{ kN} + 5.96 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q_8 = 25.10 \text{ kN/m}$$

De la figura N°08 (anexo N°07):

$$\rightarrow Q9 = \frac{6.53 \text{ kN} + 5.91 \text{ kN}}{0.50 \text{ m}} \rightarrow Q9 = 24.88 \text{ kN/m}$$

En la figura N°3.15 se presentan las reacciones obtenidas en el análisis, además en la figura N°3.16, N°3.17 y N°3.18 se muestran los diagramas de momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones respectivamente.

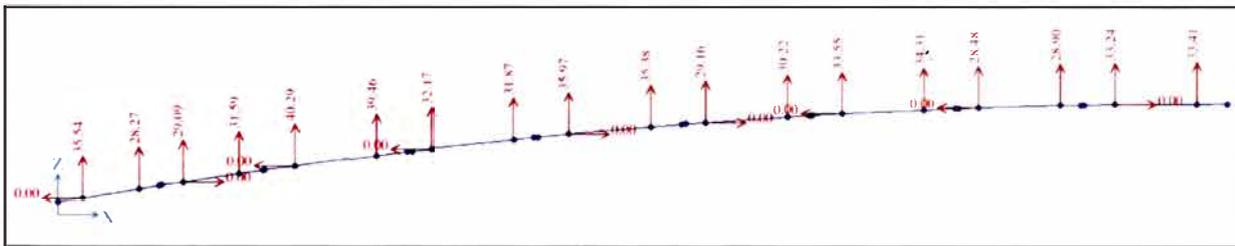


Figura N°3.15.- Reacciones en riostras MK-120 alineamiento "C" (kN).

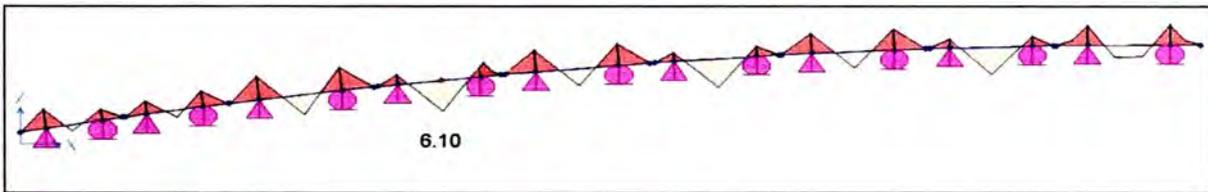


Figura N°3.16.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).

Riostra MK:  $\rightarrow M_{m\acute{a}x} = 6.10 \text{ kN.m} < M_{adm} = 18.9 \text{ kN.m}$

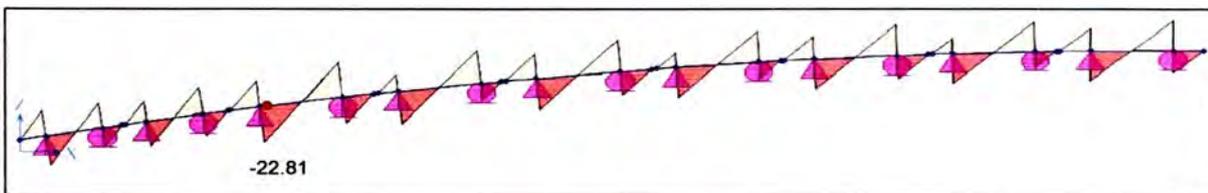


Figura N°3.17.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

Riostra MK:  $\rightarrow V_{m\acute{a}x} = 22.81 \text{ kN} < V_{adm} = 140 \text{ kN}$

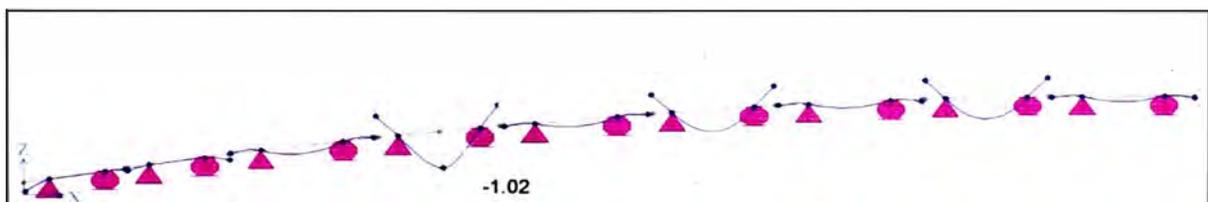


Figura N°3.18.- Deformaciones (mm).

$\rightarrow \text{M\acute{a}xima deformaci3n} = 1.02 \text{ mm}$

Como se puede apreciar las riostras MK más cargadas en el alineamiento "C" presentan valores de momento flector, fuerza cortante y deformaciones menores a los admisibles.

c) CIMBRA BRÍO (PU8-01-03, Soporte de losa inferior)

Las reacciones obtenidas en la figura N°3.15 son transmitidas directamente a los pies verticales Brío (ver figura N°3.12 y N°3.13), siendo el alineamiento "C" el que presenta los pies más cargados. En el cuadro N°3.3 se presenta las cargas actuantes sobre los pies Brío en el alineamiento "C" comparada con su capacidad admisible.

**Cuadro N°3.3.- Carga actuante en pies Brío (kN).**

Pie	Carga transmitida (KN)	Peso propio pie Brío (KN)	Carga actuante (KN)	Arriostre horizontal	Carga admisible (KN)	% Trabajo
C1	35.29	0.45	35.74	3 sentidos	43.00	83.12%
C2	28.06	0.45	28.51	3 sentidos	43.00	66.30%
C3	28.87	0.45	29.32	3 sentidos	43.00	68.19%
C4	31.34	0.45	31.79	3 sentidos	43.00	73.93%
C5	39.96	0.45	40.41	3 sentidos	43.00	93.98%
C6	39.13	0.45	39.58	3 sentidos	43.00	92.05%
C7	31.89	0.45	32.34	3 sentidos	43.00	75.21%
C8	31.59	0.45	32.04	3 sentidos	43.00	74.51%
C9	35.64	0.45	36.09	3 sentidos	43.00	83.93%
C10	35.06	0.45	35.51	3 sentidos	43.00	82.58%
C11	28.89	0.45	29.34	3 sentidos	43.00	68.23%
C12	29.93	0.45	30.38	3 sentidos	43.00	70.65%
C13	33.23	0.45	33.68	3 sentidos	43.00	78.33%
C14	33.98	0.45	34.43	3 sentidos	43.00	80.07%
C15	23.20	0.45	23.65	3 sentidos	43.00	55.00%
C16	28.62	0.45	29.07	3 sentidos	43.00	67.60%
C17	32.92	0.45	33.37	3 sentidos	43.00	77.60%
C18	33.08	0.45	33.53	3 sentidos	43.00	77.98%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro N°3.3 el pie vertical Brío más cargado se encuentra en la sección 5 (ver figura N°3.13) con una carga actuante de 40.41 kN menor a su capacidad admisible.

d) RIOSTRAS MK-120 (PU8-01-03, Vigas secundarias "01" MK-120)

Para realizar el análisis de estos elementos se considera dividirlos en dos grupos, las que se apoyan sobre otra tramada de riostras MK denominadas vigas primarias "01" (ver plano PU8-01-01/02 y figura N°3.19 sección 1-6) y las que apoyan sobre perfiles metálicos W8x31 y las cerchas MK (figura N°3.26 sección 7-18). En la figura N°3.13 se mostraron las 18 secciones consideradas.

**d1) Riostras MK (vigas secundarias "1") que se apoyan en una siguiente tramada de riostras MK (vigas primarias "1") – sección 1-6 (PU8-01-01)**

En la figura N°3.19 se muestran las seis secciones de este grupo. En la figura N°3.20 se presenta la sección típica para ellos.

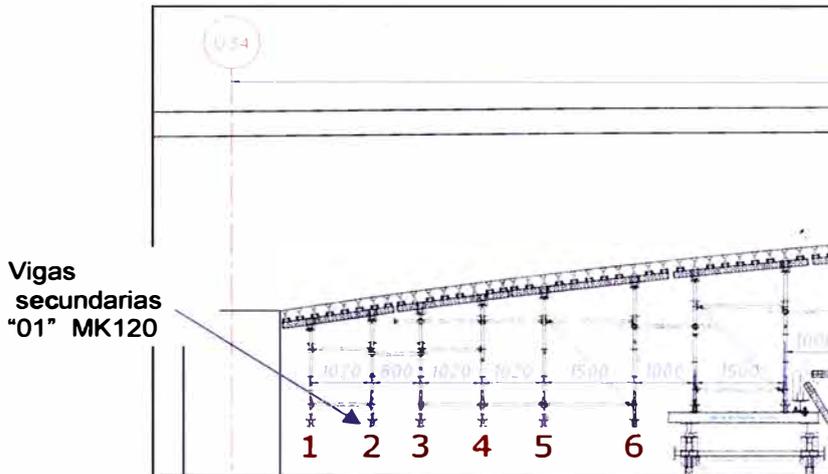


Figura N°3.19.- Elevación – vigas secundarias "01" sección 1-6 (mm).

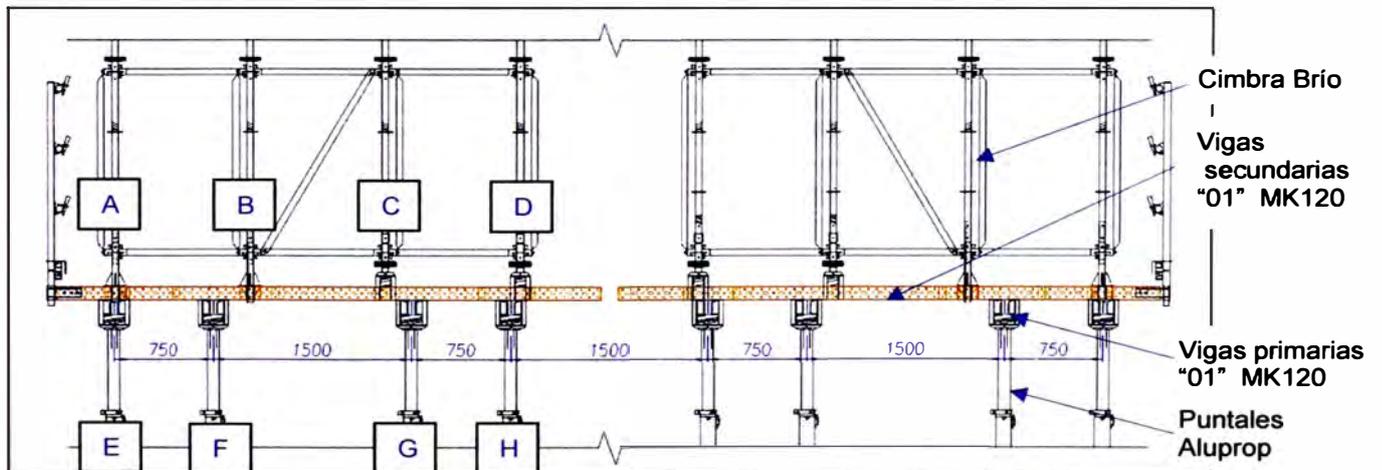


Figura N°3.20.- Sección típica – vigas secundarias "01" sección 1-6 (mm).

En la figura N°3.21 se presenta el esquema de cargas sobre las riostras MK.

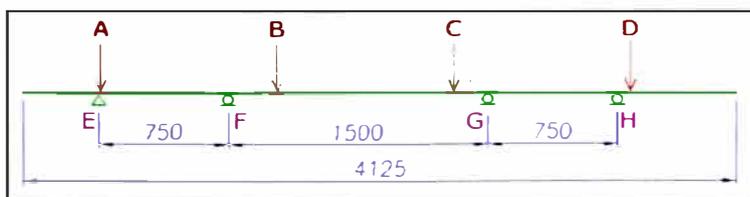


Figura N°3.21.- Esquema de cargas sobre riostra MK – secundarias "01" (mm).

Para poder determinar la riostra MK más cargada será necesario calcular las cargas transmitidas por los pies Brío en los alineamientos “A”, “B”, “C” y “D”, para ello se tendrá que calcular los valores de Q1,Q2,...Q9 en los alineamientos mencionados (ver figura N°3.14). Dichos valores se muestran en el cuadro N°3.4.

**Cuadro N°3.4.- Carga actuante en riostras MK – primarias “02” (kN/m).**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Q1</b>	8.68	31.74	34.34	20.16
<b>Q2</b>	8.78	30.06	32.70	19.16
<b>Q3</b>	8.88	28.52	31.00	17.58
<b>Q4</b>	8.98	26.58	28.74	15.74
<b>Q5</b>	9.06	25.24	27.16	14.34
<b>Q6</b>	9.14	23.86	26.18	14.42
<b>Q7</b>	9.20	23.00	25.58	14.46
<b>Q8</b>	9.24	22.30	25.10	14.50
<b>Q9</b>	9.26	21.98	24.88	14.52

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores de Q1, Q2,... Q9 calculados se presenta en el cuadro N°3.5 los valores de las cargas transmitidas por los pies Brío a las riostras MK en estudio (cálculo similar a cuadro N°3.3).

**Cuadro N°3.5.- Cargas transmitidas por cimbra Brío (kN).**

<b>Pie</b>	<b>Carga transmitida (KN)</b>						
<b>A1</b>	9.69	<b>B1</b>	33.05	<b>C1</b>	35.74	<b>D1</b>	21.27
<b>A2</b>	8.07	<b>B2</b>	26.28	<b>C2</b>	28.51	<b>D2</b>	16.99
<b>A3</b>	8.46	<b>B3</b>	27.01	<b>C3</b>	29.32	<b>D3</b>	17.37
<b>A4</b>	9.49	<b>B4</b>	29.30	<b>C4</b>	31.79	<b>D4</b>	18.47
<b>A5</b>	12.34	<b>B5</b>	37.28	<b>C5</b>	40.41	<b>D5</b>	23.11
<b>A6</b>	12.69	<b>B6</b>	36.63	<b>C6</b>	39.58	<b>D6</b>	22.21
<b>A7</b>	10.78	<b>B7</b>	30.00	<b>C7</b>	32.34	<b>D7</b>	17.90
<b>A8</b>	11.01	<b>B8</b>	29.79	<b>C8</b>	32.04	<b>D8</b>	17.43
<b>A9</b>	12.68	<b>B9</b>	33.47	<b>C9</b>	36.09	<b>D9</b>	19.59
<b>A10</b>	12.80	<b>B10</b>	32.56	<b>C10</b>	35.51	<b>D10</b>	19.74
<b>A11</b>	10.80	<b>B11</b>	26.72	<b>C11</b>	29.34	<b>D11</b>	16.59
<b>A12</b>	11.33	<b>B12</b>	27.49	<b>C12</b>	30.38	<b>D12</b>	17.39
<b>A13</b>	12.67	<b>B13</b>	30.29	<b>C13</b>	33.68	<b>D13</b>	19.46
<b>A14</b>	13.12	<b>B14</b>	30.76	<b>C14</b>	34.43	<b>D14</b>	20.14
<b>A15</b>	11.04	<b>B16</b>	25.50	<b>C16</b>	23.65	<b>D15</b>	16.91
<b>A16</b>	11.26	<b>B16</b>	25.80	<b>C16</b>	29.07	<b>D16</b>	17.23
<b>A17</b>	12.92	<b>B17</b>	29.57	<b>C17</b>	33.37	<b>D17</b>	19.80
<b>A18</b>	12.98	<b>B18</b>	29.72	<b>C18</b>	33.53	<b>D18</b>	19.90

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se aprecia que la sección “5” es la que presenta mayor demanda de carga. En la figura N°3.22 se aprecia las reacciones sobre la riostra MK en dicho alineamiento, en las figuras N°3.23, N°3.24 y N°3.25 se presentan

los diagramas de momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones respectivamente.



Figura N°3.22.- Reacciones sobre riostra MK (kN).

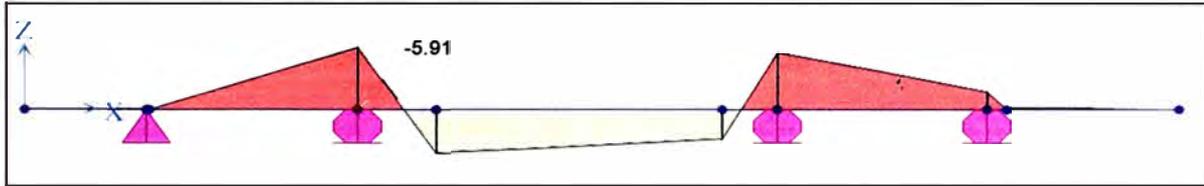


Figura N°3.23.- Diagramas de momentos flectores (kN.m).

Riostra MK:  $\rightarrow M_{m\acute{a}x} = 5.91 \text{ kN.m} < M_{adm} = 18.9 \text{ kN.m}$

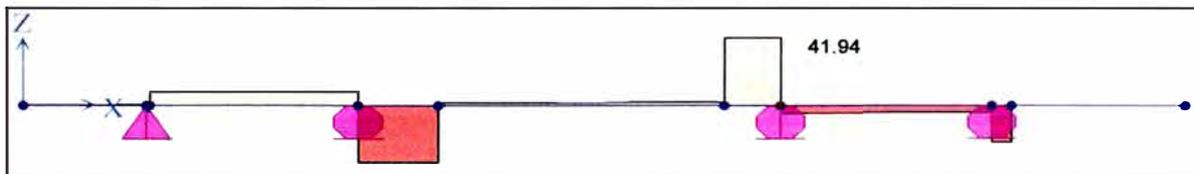


Figura N°3.24.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

Riostra MK:  $\rightarrow V_{m\acute{a}x} = 41.94 \text{ kN} < V_{adm} = 140 \text{ kN}$

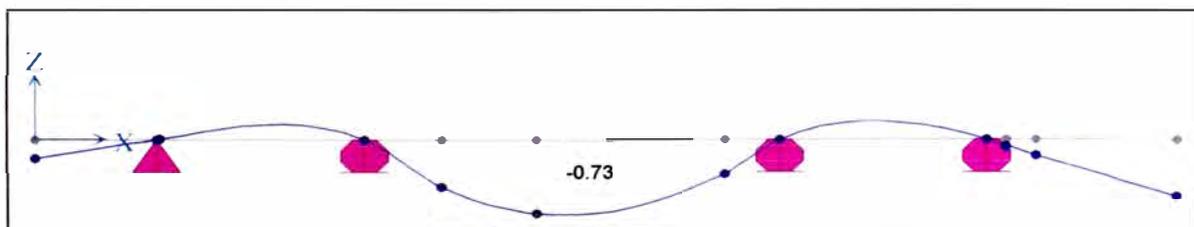


Figura N°3.25.- Deformaciones (mm).

$\rightarrow \text{M\acute{a}xima deformaci3n} = 0.73 \text{ mm}$

Como se puede apreciar la riostra MK m\acute{a}s cargada (secci3n "5") presenta valores de momento flector, fuerza cortante y deformaciones menores a los admisibles.

En el cuadro N°3.6 se presentan las reacciones transmitidas por las seis riostras MK pertenecientes a este grupo (secci3n 1-6) a las riostras MK primarias "01".

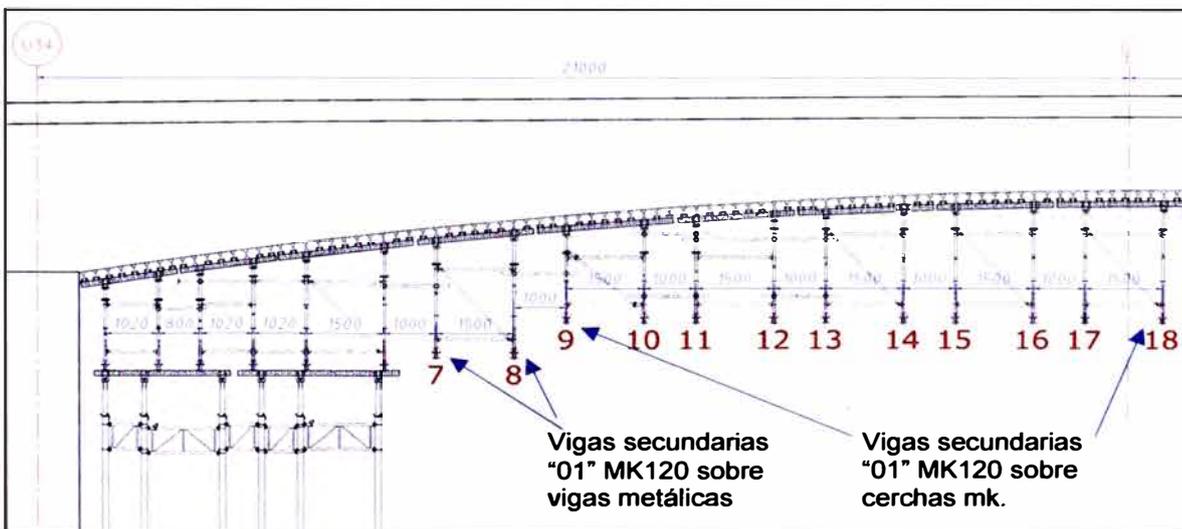
**Cuadro N°3.6.- Cargas transmitidas por riostras MK – secundarias “01” (d1) (kN).**

	Reacción (KN)		Reacción (KN)		Reacción (KN)		Reacción (KN)
E1	2.80	F1	39.27	G1	41.51	H1	17.25
E2	2.62	F2	31.31	G2	33.14	H2	13.86
E3	2.85	F3	32.18	G3	34.09	H3	14.13
E4	3.39	F4	34.87	G4	36.98	H4	14.89
E5	4.52	F5	44.28	G5	46.99	H5	18.43
E6	5.01	F6	43.50	G6	46.11	H6	17.58

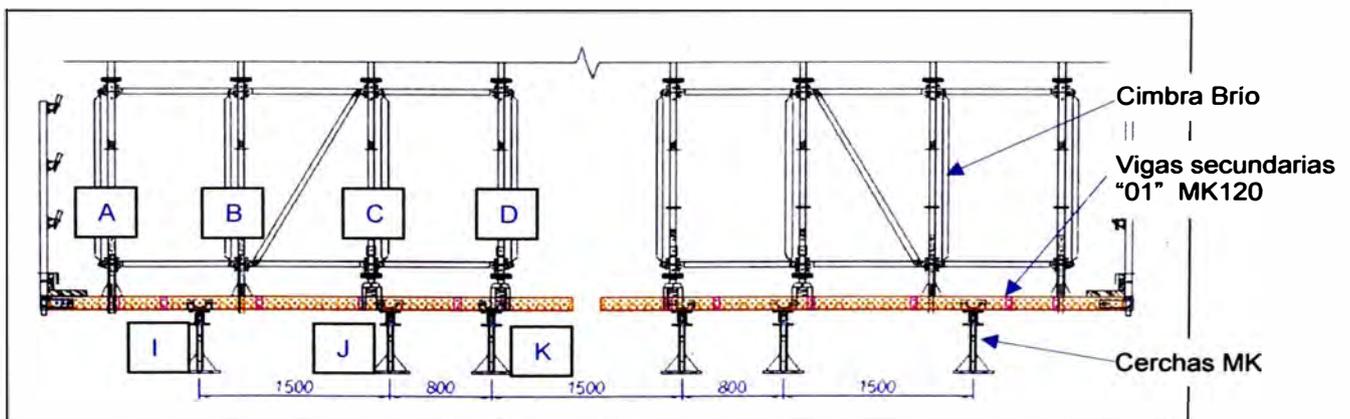
Fuente: Elaboración propia.

**d2) Riostras MK (vigas secundarias “1”) que se apoyan en perfiles metálicos W8x31 y cerchas MK - sección 7-18 (PU8-01-01)**

En la figura N°3.26 se muestran las secciones de este grupo y en la figura N°3.27 la sección típica para ellos.



**Figura N°3.26.- Elevación – vigas secundarias “01” – sección 7-18 (mm).**



**Figura N°3.27.- Sección típica – vigas secundarias “01” sección 7-18 (mm).**

En la figura N°3.28 se presenta el esquema de cargas sobre las riostras MK.

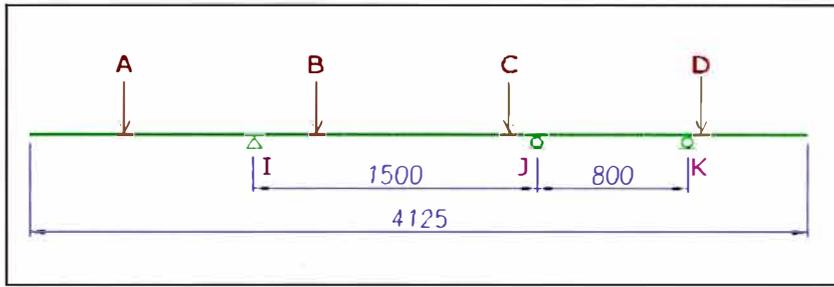


Figura N°3.28.- Esquema de cargas sobre riostra MK – secundarias “01” (mm).

En el cuadro N°3.5 se aprecia que la sección “9” es la que presenta mayor demanda de carga. En la figura N°3.29 se aprecia las reacciones sobre la riostra MK en dicha sección, en las figuras N°3.30, N°3.31 y N°3.32 se presentan los diagramas de momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones respectivamente.

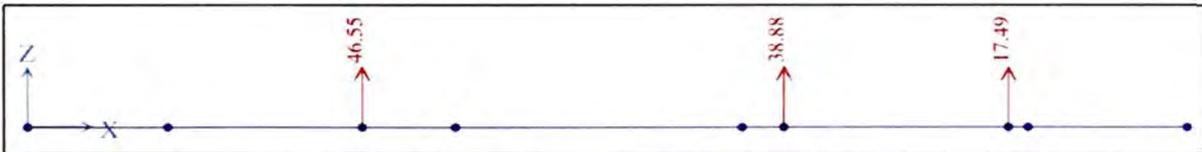


Figura N°3.29.- Reacciones sobre riostra MK (kN).

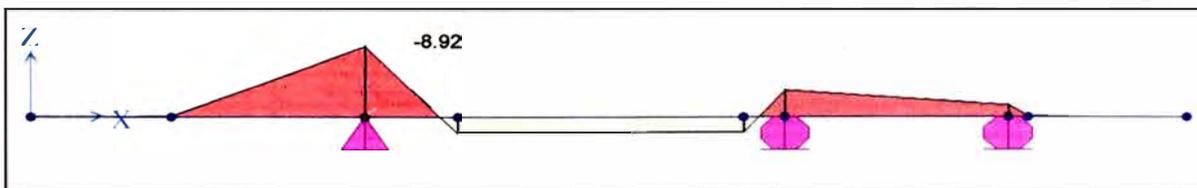


Figura N°3.30.- Diagramas de momentos flectores (kN.m).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 8.92 \text{ kN.m} < M_{\text{adm}} = 18.9 \text{ kN.m}$$

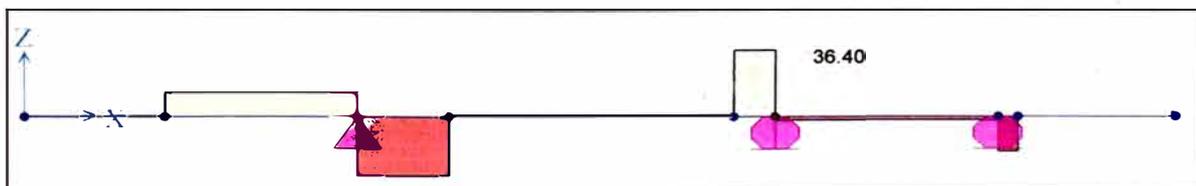


Figura N°3.31.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow V_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 36.40 \text{ kN} < V_{\text{adm}} = 140 \text{ kN}$$

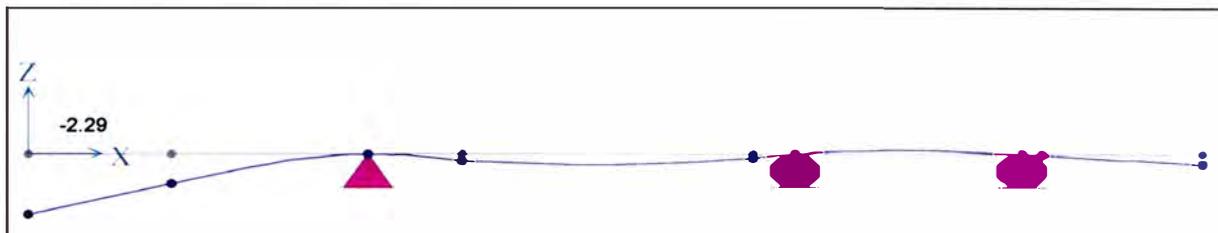


Figura N°3.32.- Deformaciones (mm).

→ *Máxima deformación = 2.29 mm*

Como se puede apreciar las riostra MK más cargada (sección "9") presenta valores de momento flector, fuerza cortante y deformaciones menores a los admisibles.

En el cuadro N°3.7 se presentan las reacciones transmitidas por las riostras MK pertenecientes a este grupo hacia las vigas metálicas (sección 7-8) y hacia las cerchas MK (sección 9-18).

Cuadro N°3.7.- Cargas transmitidas por riostras MK – secundarias "01" (d2) (kN).

	Reacción (kN)		Reacción (kN)		Reacción (kN)
I7	40.85	J7	35.31	K7	15.93
I8	41.06	J8	34.76	K8	15.53
I9	46.55	J9	38.88	K9	17.49
I10	46.07	J10	37.77	K10	17.86
I11	38.40	J11	30.92	K11	15.21
I12	39.85	J12	31.79	K12	16.03
I13	44.16	J13	35.05	K13	17.98
I14	45.25	J14	35.57	K14	18.72
I15	37.89	J15	29.45	K15	15.84
I16	38.48	J16	29.79	K16	16.18
I17	44.03	J17	34.17	K17	18.54
I18	44.03	J18	34.17	K18	18.54

Fuente: Elaboración propia.

#### e) RIOSTRAS MK-120 (PU8-01-02, Vigas primarias "01" MK-120)

Son las vigas que se encuentran en contacto directo con los puntales de la torre Aluprop. En la figura N°3.33 se presenta en elevación las riostras MK sobre las torres Aluprop.

En el cuadro N°3.6 se aprecia que las riostras MK sobre torres Aluprop más cargadas se encuentran en el alineamiento "G" (ver figura N°3.20). En la figura N°3.34 se presenta el esquema de cargas actuantes sobre estas riostras.

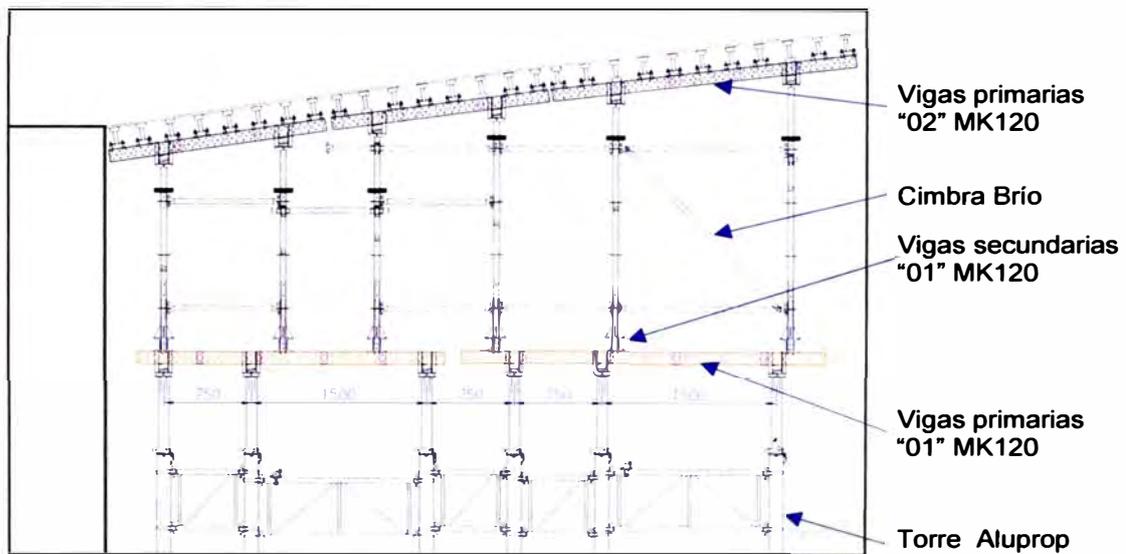


Figura N°3.33.- Elevación – vigas primarias "01" alineamiento "G" (mm).

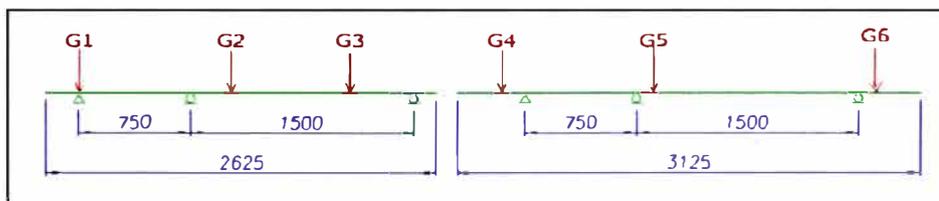


Figura N°3.34.- Esquema de cargas sobre riostras MK –primarias "01" (mm).

Con los valores de carga del cuadro N°3.6 se obtienen las figuras N°3.35, N°3.36, N°3.37 Y N°3.38 que representan las reacciones, momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones respectivamente para estos elementos.



Figura N°3.35.- Reacciones sobre riostra MK (kN).

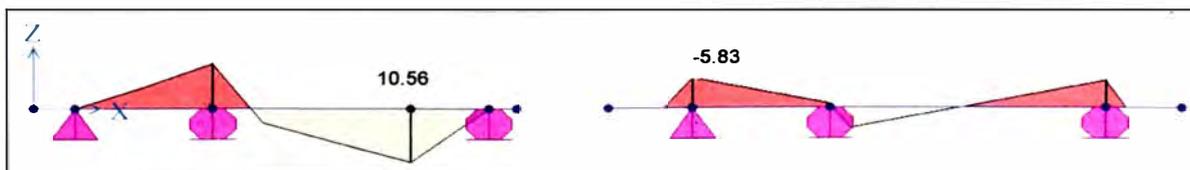


Figura N°3.36.- Diagramas de momentos flectores (kN.m).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow M_{\text{máx}} = 10.56 \text{ kN.m} < M_{\text{adm}} = 18.9 \text{ kN.m}$$

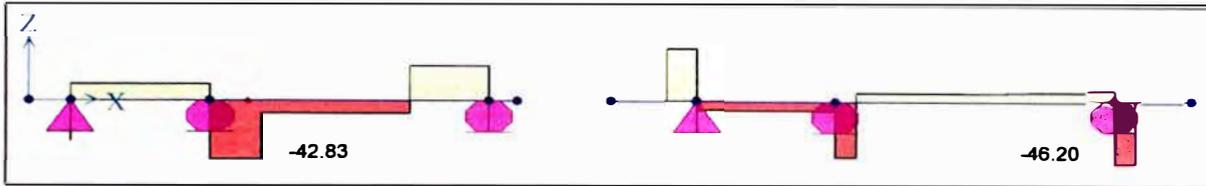


Figura N°3.37.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow V_{m\acute{a}x} = 46.20 \text{ kN} < V_{adm} = 140 \text{ kN}$$

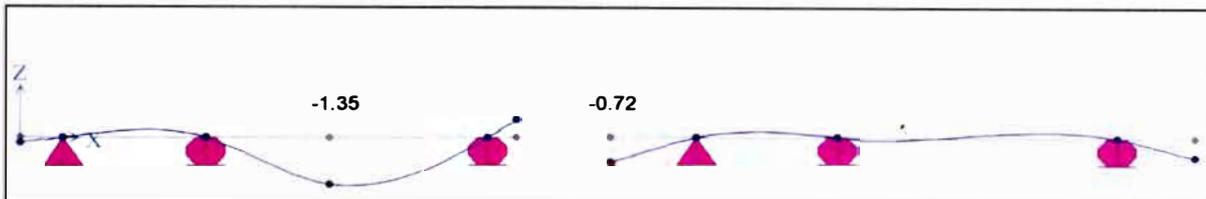


Figura N°3.38.- Deformaciones (mm).

$$\rightarrow \text{Máxima deformación} = 1.35 \text{ mm}$$

Como se puede apreciar las riostras MK más cargadas (alineamiento "G") presentan valores de momentos flectores, fuerzas cortantes y deformaciones menores a los valores admisibles.

#### f) TORRES ALUPROP (PU8-01-02, Torres Aluprop)

Las reacciones obtenidas en la figura N°3.35 son transmitidas directamente a los puntales de las torres Aluprop, estas torres presentan una altura máxima de 8.90m. Su capacidad por puntal para las condiciones de altura, distribución en planta y cantidad de marcos de arriostramiento es de 55.90 KN (ver anexo 02). En el cuadro N°3.8 se muestra las cargas actuantes sobre los puntales frente a su capacidad admisible.

Cuadro N°3.8.- Cargas en puntales de torre Aluprop – alineamiento "G". (kN).

RIOSTRA MK	Carga actuante (KN)	Carga admisible (KN)	% Trabajo
2.625m	29.86	55.90	53.42%
	54.74	55.90	97.92%
	24.83	55.90	44.42%
3.125m	44.11	55.90	78.91%
	33.78	55.90	60.43%
	53.01	55.90	94.83%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en el cuadro anterior que los puntales de la torre cumplen con las capacidades admisibles, siendo la máxima carga actuante de 54.74 kN en el segundo apoyo de la riostra MK de longitud 2.625m.

g) CERCHAS MK (PU8-01-02, Cerchas MK-120)

Las cerchas MK-120 junto con las cimbras MK son las estructuras conformantes del falso puente para el encofrado del puente Santa Rosa (ver plano PU8-01-01). Las cerchas reciben la carga directamente de las vigas secundarias "01". Sus características estructurales y la capacidad admisible de los elementos que la conforman fueron descritas en el capítulo II. En el cuadro N°3.7 se aprecia que la cercha MK más cargada se encuentra en el alineamiento "I" (ver figura N°3.27).

En la figura N°3.39 se presenta en elevación la cercha MK-120. En la figura N°3.40 se presenta el esquema de cargas actuantes sobre dicha cercha.

En las figuras N°3.41, N°3.42, N°3.43 y N°3.44 se muestran las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, momentos flectores y fuerzas cortantes respectivamente de la cercha en estudio.

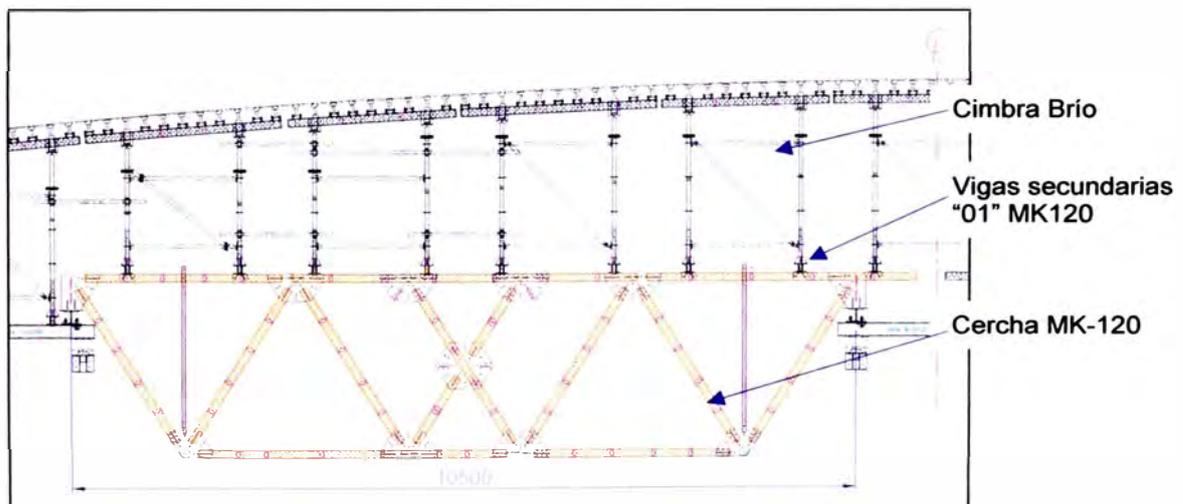


Figura N°3.39.- Elevación – cercha MK (mm).

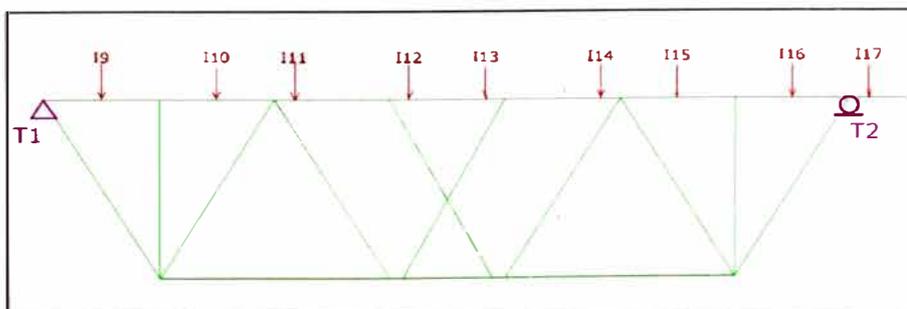


Figura N°3.40.- Esquema de cargas sobre cercha MK (mm).

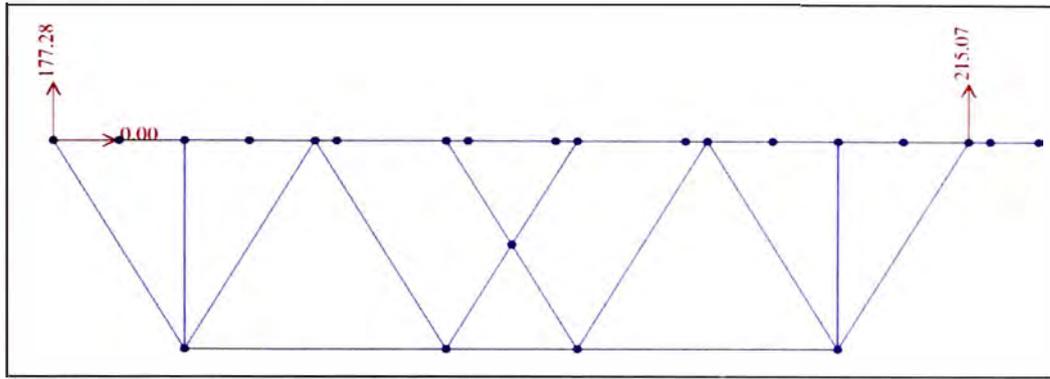


Figura N°3.41.- Reacciones sobre cercha MK (kN).

$$T1 = 177.28 \text{ kN}$$

$$T2 = 215.07 \text{ kN}$$

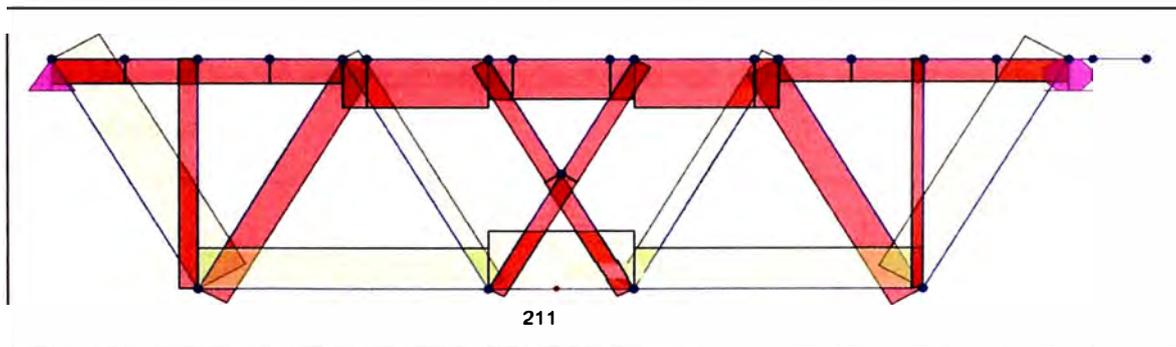


Figura N°3.42.- Diagrama de fuerzas axiales (kN).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow N_{m\acute{a}x} = 211 \text{ kN} < N_{adm} = 240 \text{ kN}$$

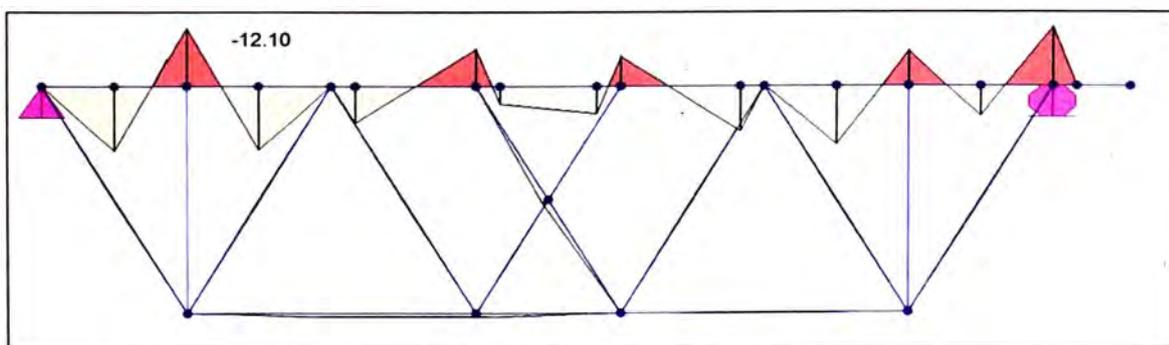


Figura N°3.43.- Diagramas de momentos flectores (kN.m).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow M_{m\acute{a}x} = 12.1 \text{ kN.m} < M_{adm} = 18.9 \text{ kN.m}$$

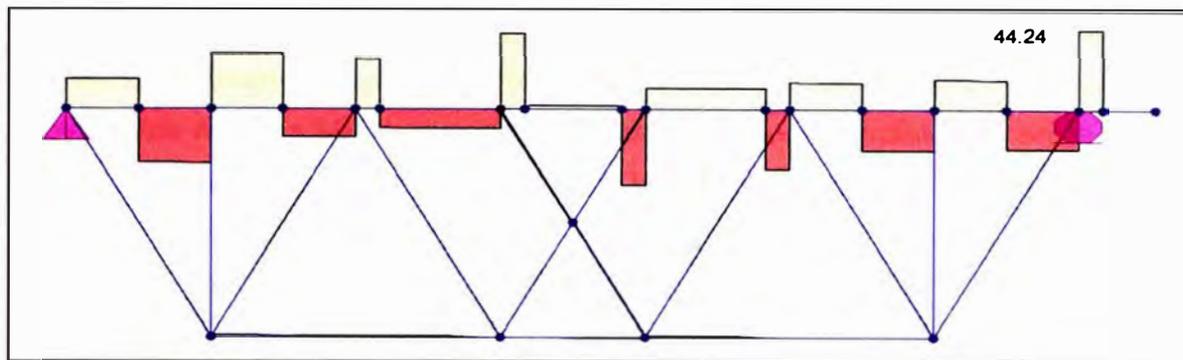


Figura N°3.44.- Diagrama de fuerzas cortantes (kN).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow V_{\text{máx}} = 44.24 \text{ kN} < V_{\text{adm}} = 140 \text{ kN}$$

Como se puede apreciar las cerchas MK más cargadas (alineamiento "I") presentan valores de fuerzas axiales, momentos flectores y fuerzas cortantes menores a los valores admisibles. En la figura N°3.45 se presentan el diagrama de deformaciones en la cercha MK, se deberán considerar dichas deformaciones para realizar los ajustes correspondientes a los demás elementos del encofrado encima de ella.

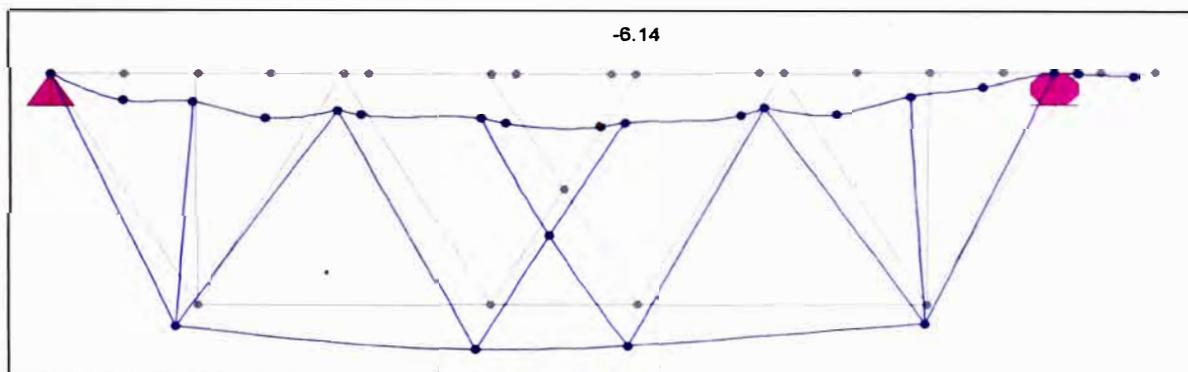


Figura N°3.45.- Deformaciones (mm).

$$\rightarrow \text{Máxima deformación} = 6.14 \text{ mm}$$

#### h) CIMBRAS MK (PU8-01-02, Cimbras MK-120)

Las cimbras MK son las encargadas de transmitir al piso las cargas provenientes de la superestructura a través de las cerchas MK. En el plano PU8-01-01 se puede apreciar las cimbras MK.

Sus características estructurales y la capacidad admisible de los elementos que la conforman fueron descritas en el capítulo II. En el cuadro N°3.7 se aprecia que las cimbras MK más cargadas se encuentran en el alineamiento "I" (ver figura N°3.27).

En la figura N°3.46 se presenta en elevación las cimbras MK con el esquema de cargas que actúan sobre ellas. En la parte superior de la cimbra izquierda se apoyan dos riostras MK que soportan pies Brío y una cercha MK, en la cimbra central se apoya una cercha MK por cada lado (ver plano PU8-01-01).

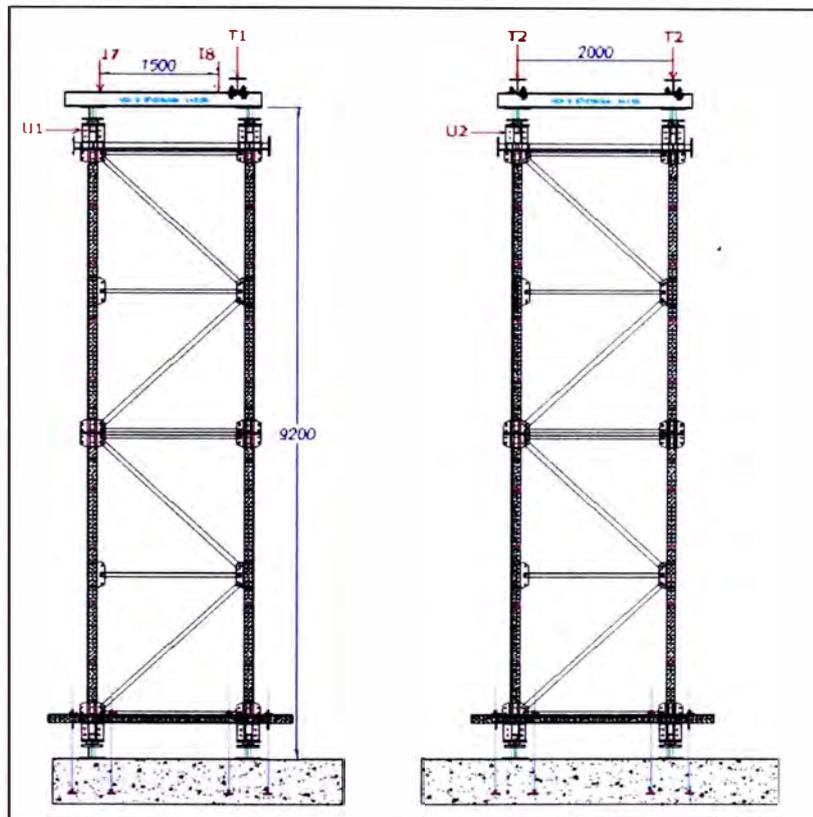


Figura N°3.46.- Esquema de cargas sobre cimbra MK izquierda y central (mm).

De la figura anterior, los valores de I7 e I8 son obtenidos del cuadro N°3.7, T1 y T2 son las reacciones producidas en los apoyos de la cercha MK los cuales se desprenden de la figura N°3.41. Para determinar las fuerzas laterales U1 y U2 se tendrá en consideración asignarle un porcentaje de la carga vertical actuante total, de acuerdo al departamento técnico de Ulma encofrados Perú el porcentaje utilizado es del 6%, luego:

$$\rightarrow U1 = 6\% (I7 + I8 + T1) \rightarrow U1 = 15.55 \text{ kN}$$

$$\rightarrow U2 = 6\% (T2 + T2) \rightarrow U2 = 25.81 \text{ kN}$$

En las figuras N°3.47, N°3.48, N°3.49 y N°3.50 se muestran las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, momentos flectores y deformaciones respectivamente de los elementos más críticos de las cimbras MK en estudio.

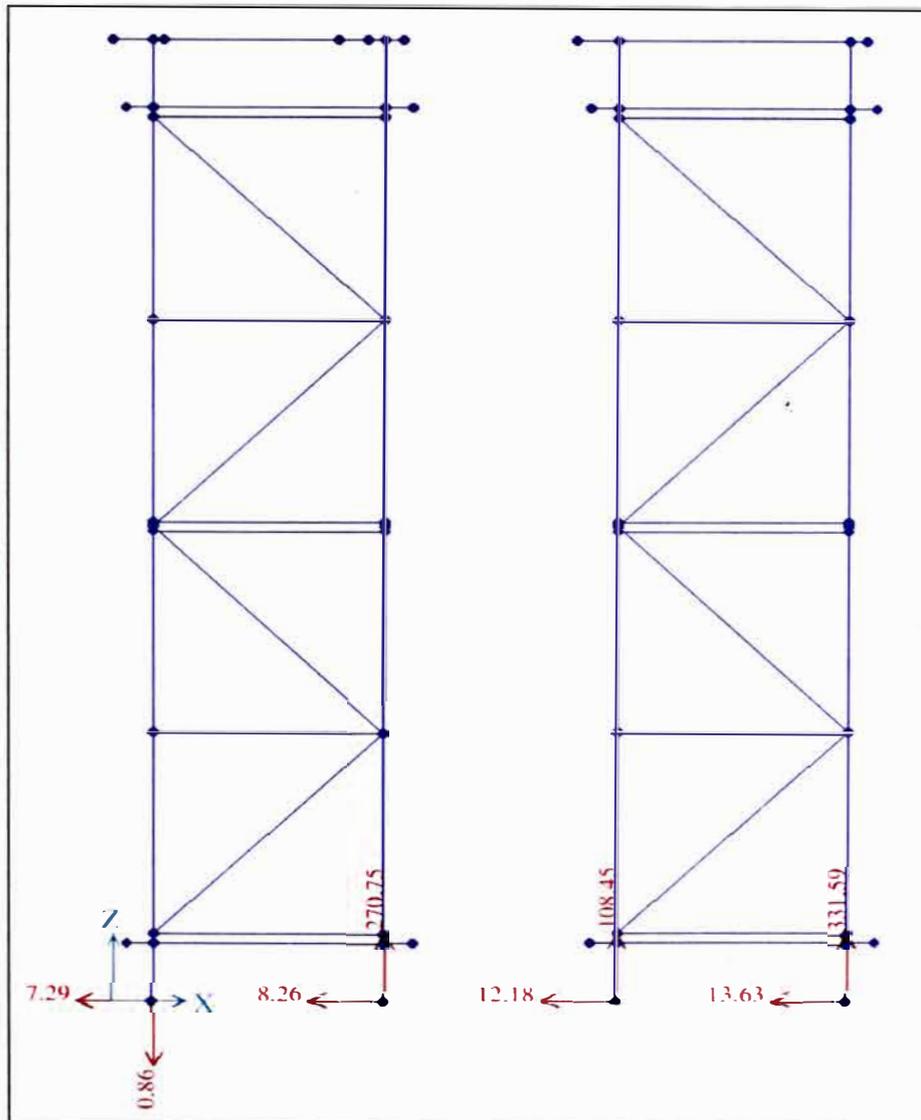


Figura N°3.47.- Reacciones en apoyos de cimbras MK - alineamiento "I" (kN).

En las figuras N°3.47 se observa una reacción vertical negativa de 0.86 kN, dicha reacción será soportada por las barras roscadas DW15 ancladas en la base de la torre (ver plano PU8-01-01 Elevación general y PU8-01-08 Secciones).

La máxima reacción que cae sobre el husillo base 360 es de 331.59 kN, valor que es menor a su capacidad admisible de 360kN.

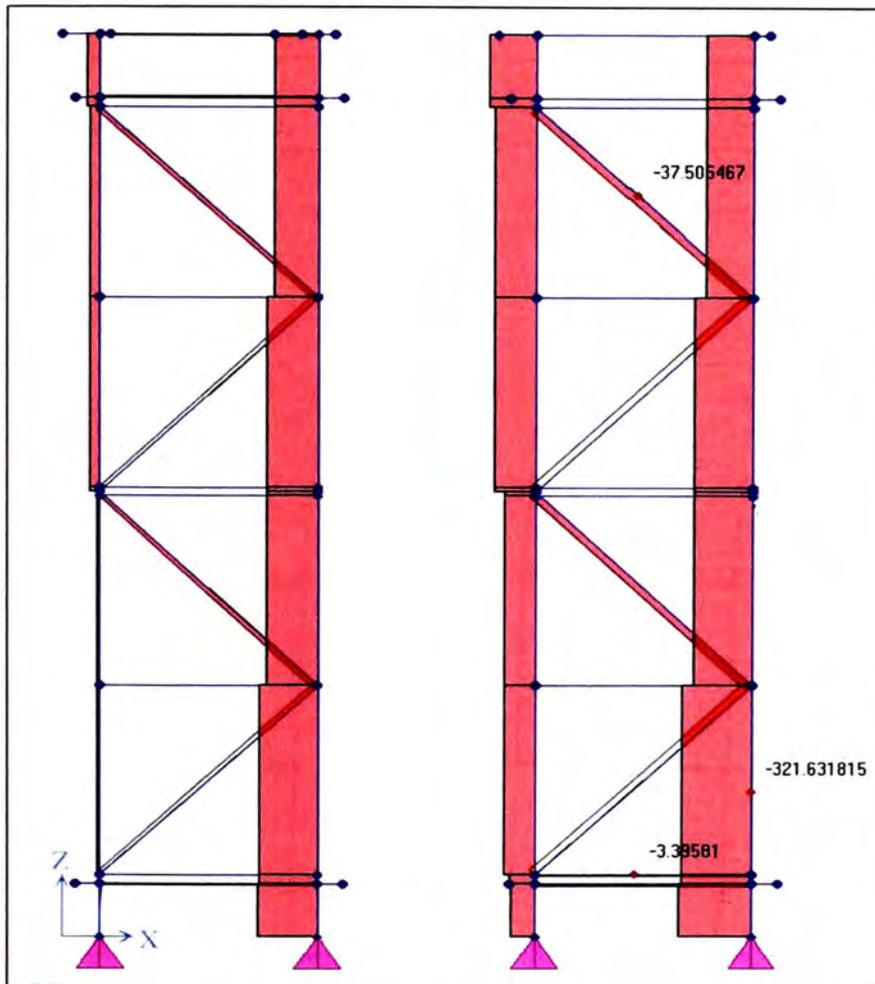


Figura N°3.48.- Diagrama de fuerzas axiales cimbra MK - alineamiento "I" (kN).

$$\text{Riostra MK: } \rightarrow N_{m\acute{a}x} = 321.63 \text{ kN} < N_{adm} = 360 \text{ kN}$$

$$\text{Diagonal MK } 70 \times 50 \times 4: \rightarrow N_{m\acute{a}x} = 37.51 \text{ kN} < N_{adm} = 40 \text{ kN}$$

$$\text{Montante MK: } \rightarrow N_{m\acute{a}x} = 3.40 \text{ kN} < N_{adm} = 24 \text{ kN}$$

En la figura N°3.49 se presenta el diagrama de momentos flectores en la viga metálica W8x31 sobre la cimbra izquierda y la central, el máximo momento flector se da en la viga sobre la cimbra izquierda.

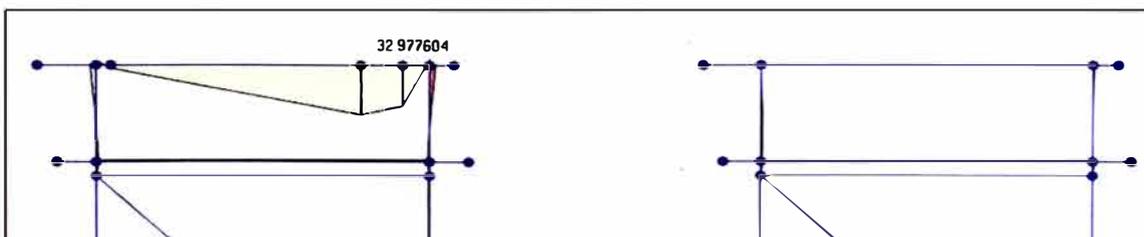


Figura N°3.49.- Diagrama de momentos flectores (kN.m).

$$\text{Viga W8x31: } \rightarrow M_{m\acute{a}x} = 32.98 \text{ kN.m} < M_{adm} = 111.35 \text{ kN.m}$$

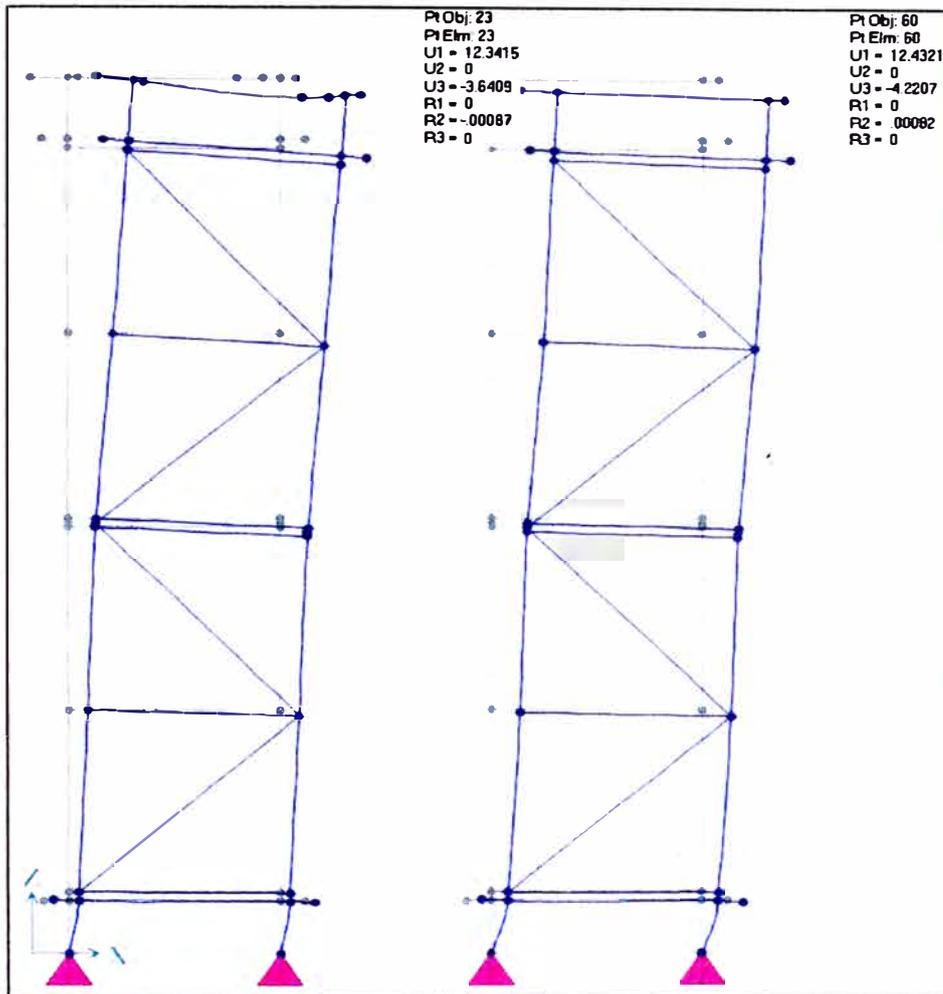


Figura N°3.50.- Deformaciones en cimbras MK - alineamiento "I" (mm).

→ Máxima deformación  $X = 12.43 \text{ mm}$

→ Máxima deformación  $Z = 4.22 \text{ mm}$

Como se puede apreciar los distintos elementos de las cimbras MK más cargadas (alineamiento "I") presentan valores de fuerzas axiales, momentos flectores y fuerzas cortantes menores a los valores admisibles. Se presenta también el desplazamiento lateral para consideración del contratista.

### 3.4 MONTAJE

Se presenta a continuación la descripción general del proceso de armado y montaje de las estructuras básicas de los sistemas desarrollados: una cimbra Brío, una torre Aluprop, una cercha MK y una cimbra MK. En el anexo N°08 Panel fotográfico se presenta imágenes del montaje de estas estructuras en el puente Santa Rosa.

### 3.4.1 CIMBRA BRÍO

A continuación se describen los pasos para el armado de una cimbra Brío rectangular de dos niveles en altura:

#### 1<sup>er</sup> Nivel de elementos horizontales

Sobre los husillos con placa base se deben colocar los tubos con disco, estos tubos cuentan con un disco que permite enganchar los brazos horizontales del 1<sup>er</sup> nivel. En la figura N°3.51 izquierda se aprecia el 1<sup>o</sup> nivel de elementos horizontales montados.

#### 2<sup>do</sup> nivel de elementos horizontales.

Se debe introducir los pies verticales en los tubos con disco, luego se deben montar las plataformas de trabajo sobre los brazos ya colocados. Después se procede a colocar el 2<sup>do</sup> nivel de brazos en los discos de los pies y se enganchan las diagonales. En la figura N°3.51 derecha se presenta el 2<sup>do</sup> nivel de brazos colocado.

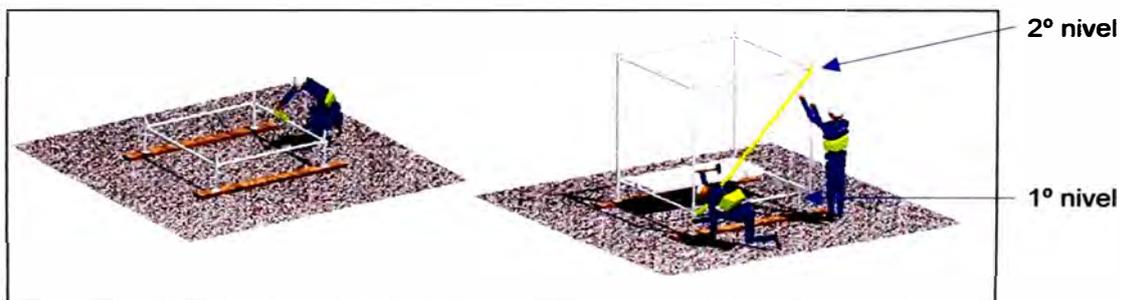


Figura N°3.51.- Montaje de 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> nivel de elementos horizontales.

#### 3<sup>er</sup> nivel de elementos horizontales.

Se deben colocar las plataformas sobre los brazos montados, y mediante la escalerilla que presentan se puede subir al 2<sup>do</sup> nivel. Luego se deben colocar los pies verticales sobre los anteriores con ayuda de un enchufe perteneciente al sistema Brío, y proceder a montar los brazos del 3<sup>er</sup> nivel de elementos horizontales y las diagonales. En la figura N°3.52 izquierda se presenta los 2 niveles de cimbra colocados.

#### Colocación de cabezales.

Finalmente proceder a la colocación de los cabezales (sencillos o con husillo regulador). Posteriormente se procederá a colocar las vigas de soporte del

encofrado horizontal sobre los cabezales y retirar los elementos de seguridad y plataformas. En la figura N°3.52 derecha se muestra la cimbra Brío montada.

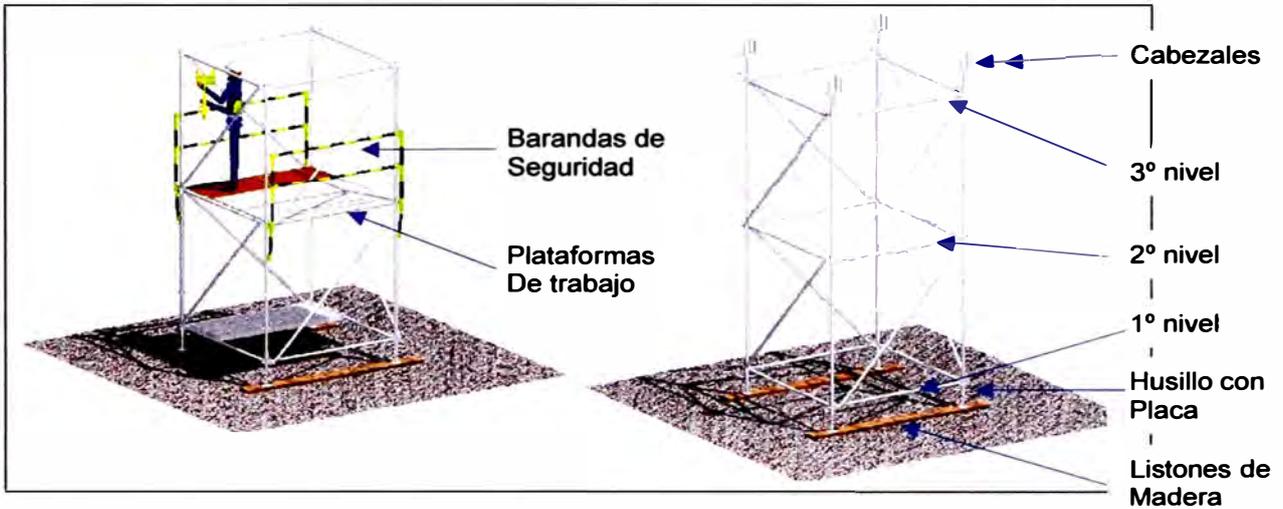


Figura N°3.52.- Montaje de 3<sup>er</sup> nivel de elementos horizontales y cabezales.

### 3.4.2 TORRE ALUPROP

Se presenta el proceso de armado e izado de una torre Aluprop de altura menor a 6 metros (1 puntal en altura) con 2 niveles de marcos de arriostramiento, sin embargo el criterio es el mismo para torres de alturas mayores, siempre menores a 12 metros (que tienen 2 puntales en altura).

#### Armado de la torre Aluprop

Se debe colocar listones de madera en el piso para el apoyo de los marcos de arriostramiento, luego se procede a conectarlos con los puntales ya regulados a la altura requerida. Posteriormente se colocan los marcos de arriostramiento laterales (figura N°3.53 izquierda) y se procede con la colocación de los siguientes dos puntales. Finalmente se debe cerrar la torre con los marcos de arriostramiento faltantes (figura N°3.53 derecha).

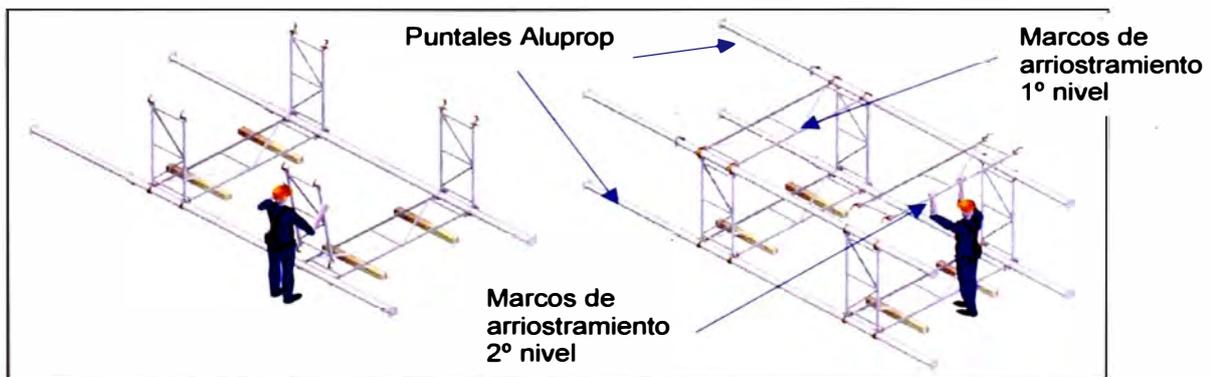


Figura N°3.53.- Armado de torre Aluprop.

### Izado y colocación de la torre Aluprop

Con la torre en el suelo, se debe atar 4 eslingas a los marcos de arriostramiento del 1º nivel (figura N°3.54 izquierda) para que luego puedan ser retiradas desde el suelo, luego se procede con el izaje y desplazamiento hasta su posición final (figura N°3.54 derecha). Una vez en su posición final, se colocan en la parte superior de la torre los cabezales para recibir las vigas del encofrado horizontal a soportar.

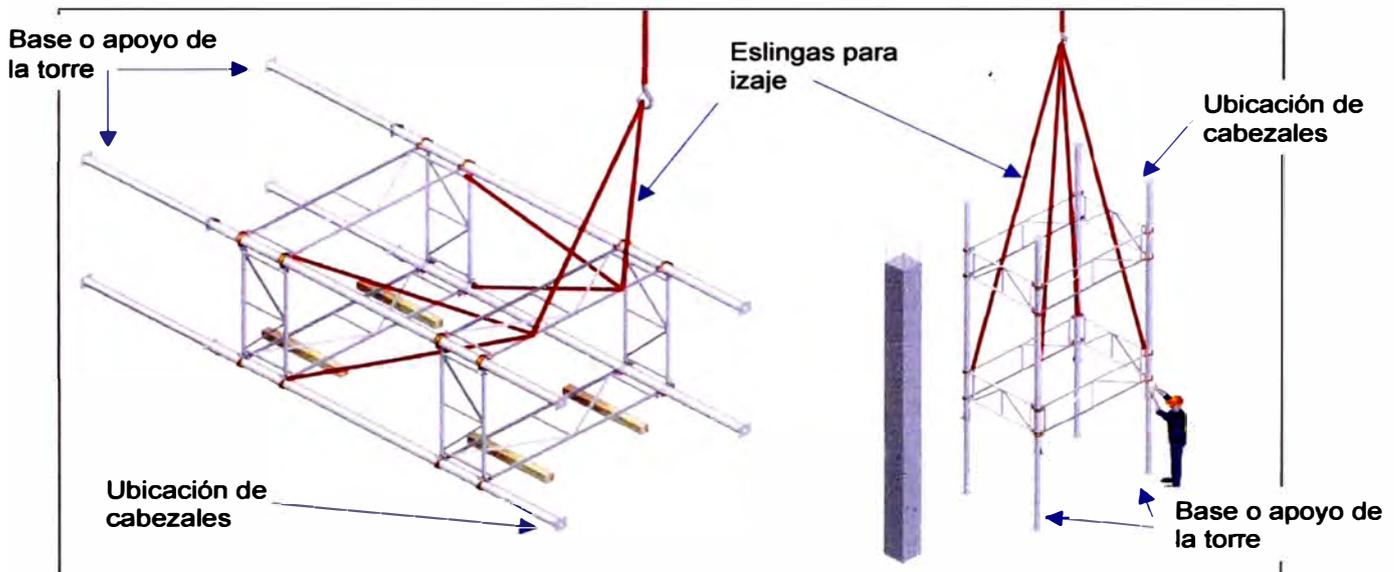


Figura N°3.54.- Izado de torre Aluprop.

### 3.4.3 CERCHAS MK

Se describe a continuación el proceso de armado y montaje de un cuerpo de cerchas MK, el cual incluye dos cerchas MK y los elementos que las arriostran lateralmente. Las cerchas MK son armadas en piso para posteriormente ser izadas con grúa, siempre se deben montar en pares para mantener su estabilidad.

#### Armado de cercha MK

Se debe colocar listones de madera sobre los cuales se coloca la riostra MK exterior de la cercha, luego se procede a colocar el nudo exterior que servirá de apoyo de la cercha sobre las cimbras MK u otra estructura de soporte (figura N°3.55 izquierda), con el primer nudo colocado se procede a colocar el resto de riostras y nudos con sus respectivos tornillos (figura N°3.55 derecha).

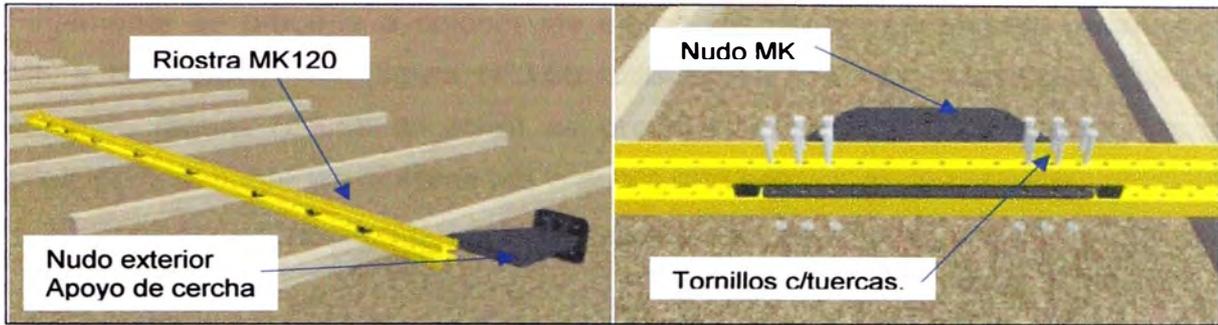


Figura N°3.55.- Colocación de riostras MK y nudos MK.

Una vez terminado este proceso (figura N°3.56 izquierda) se colocan las uniones de eje secundario y uniones de eje secundario terminal (ver anexo N°03) que servirán para conectar el arriostamiento lateral entre cerchas (figura N°3.56 derecha).



Figura N°3.56.- Colocación de elementos de unión.

Izado y armado de cuerpo de cerchas MK

Posteriormente se procede con el izado de la cercha (figura N°3.57 izquierda). De forma similar se arma otra cercha MK y se coloca junto a su par (figura N°3.57 derecha).

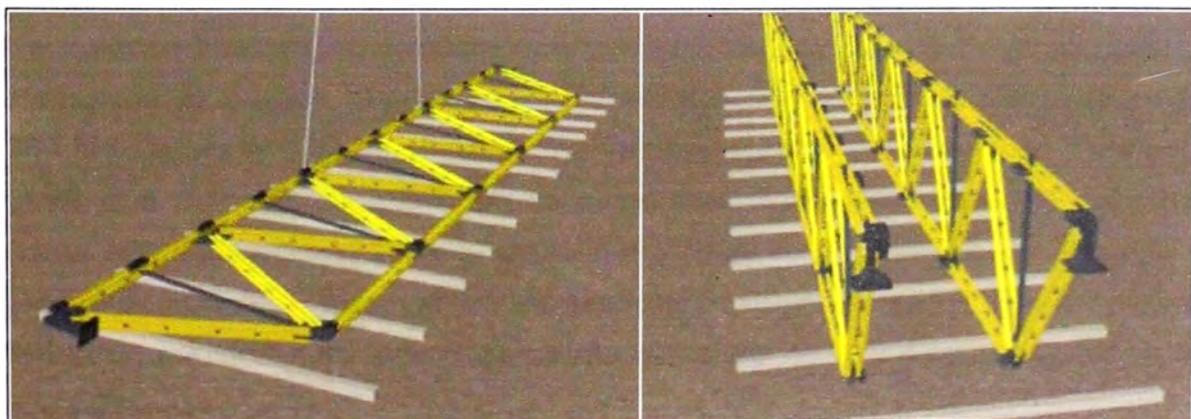


Figura N°3.57.- Izado de cerchas MK.

Finalmente se procede a colocar los elementos de arriostramiento: montantes MK y diagonales MK (figura N°3.58 izquierda). Una vez completado todo el conjunto (figura N°3.58 derecha) se procede a su izado y colocación en la posición final sobre las cimbras MK o sobre otra estructura de soporte.

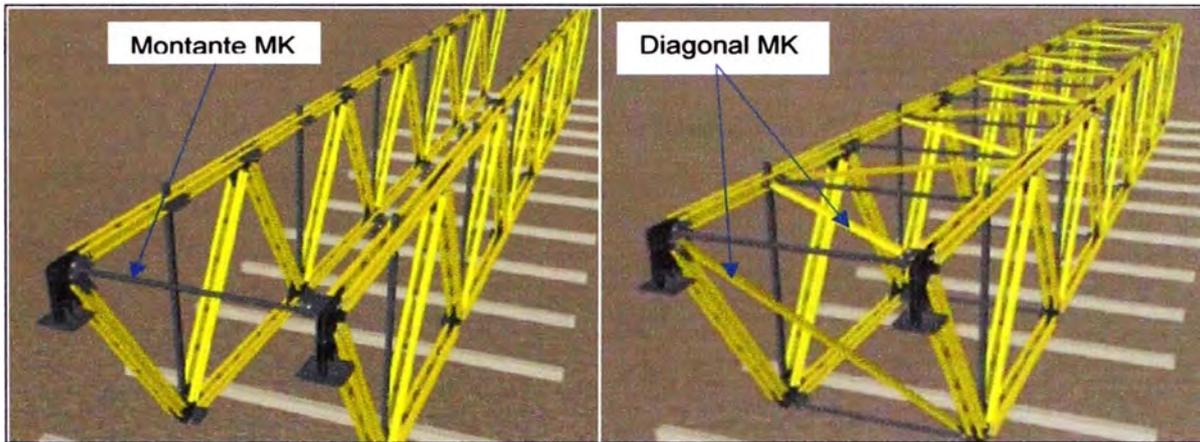


Figura N°3.58.- Par de cerchas MK.

#### 3.4.4 CIMBRAS MK

Se describe a continuación el proceso de armado y montaje de una cimbra MK. La cimbra MK está conformada por una base, el cuerpo y la cabeza de la torre, son armadas en el piso para posteriormente ser izadas con ayuda de una grúa.

##### Construcción de la Base

La cimbra MK deberá descansar sobre un bloque de concreto para poder anclar en él barras roscadas que impidan el volteo de la torre, dicho bloque tendrá condición de temporal (ver figura N°3.59 derecha).

##### Armado de la base de la cimbra

Se colocan listones de madera sobre los cuales se coloca y ensamblan los elementos de la base: el perfil de arriostramiento, el perfil husillo y el husillo base 360 MK (figura N°3.59 izquierda). Una vez armada, la base es izada y volteada (dado que el husillo base 360 MK es quien debe estar en contacto con el suelo, figura N°3.59 derecha) para luego ser colocada en su posición final sobre el bloque de concreto (figura N°3.60 izquierda). Posteriormente se colocan riostras MK para que sirvan de tope a las barras roscadas ancladas en el bloque (figura N°3.60 derecha).

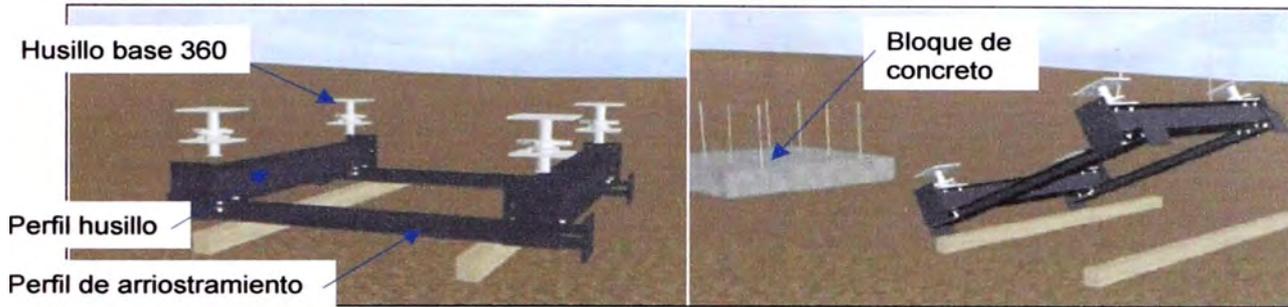


Figura N°3.59.- Armado de la base de la cimbra MK.

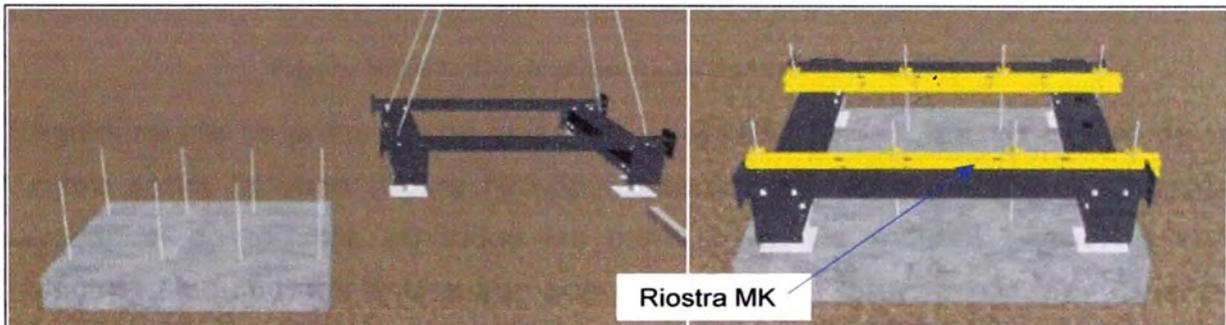


Figura N°3.60.- Montaje de la base de la cimbra MK.

#### Armado del cuerpo de la cimbra

Se colocan listones de madera sobre los cuales se coloca la riostra MK que conforma una de las patas de la cimbra, posteriormente se colocan los elementos de conexión tanto con la base como con el siguiente cuerpo de cimbra (figura N°3.61 izquierda). De manera similar preparar otra pata para luego juntarlas y colocar los elementos de arriostamiento lateral (Montante y diagonal MK, figura N°3.61 derecha).

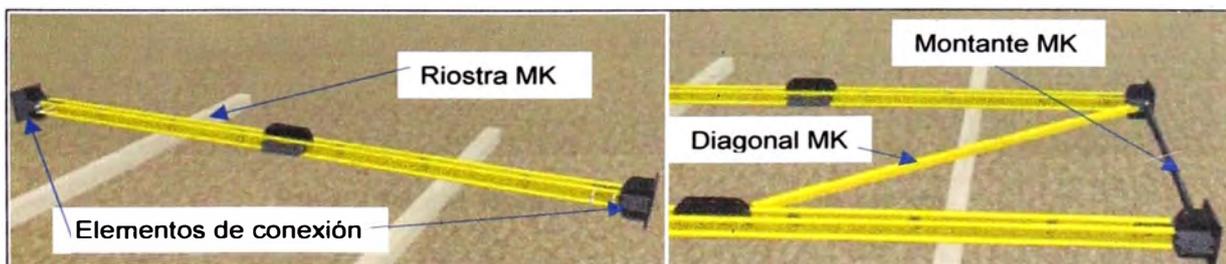
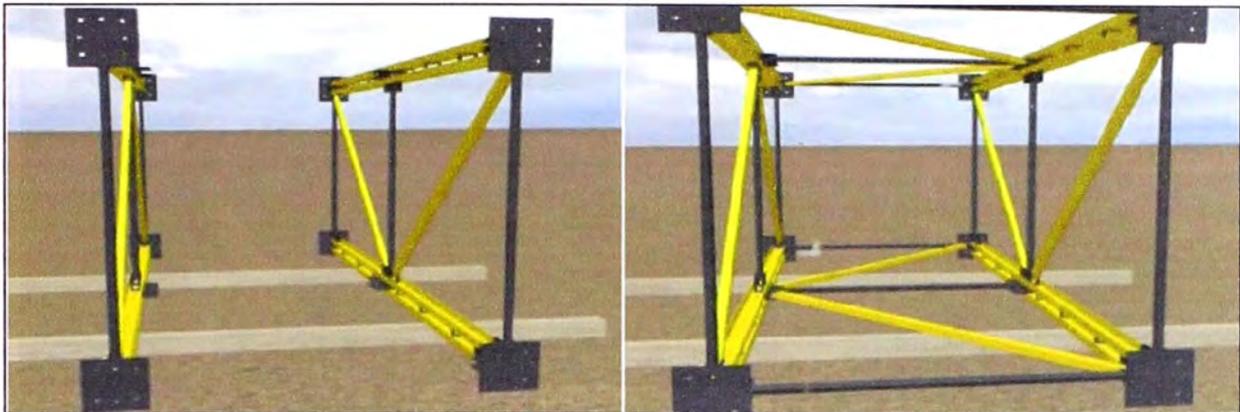


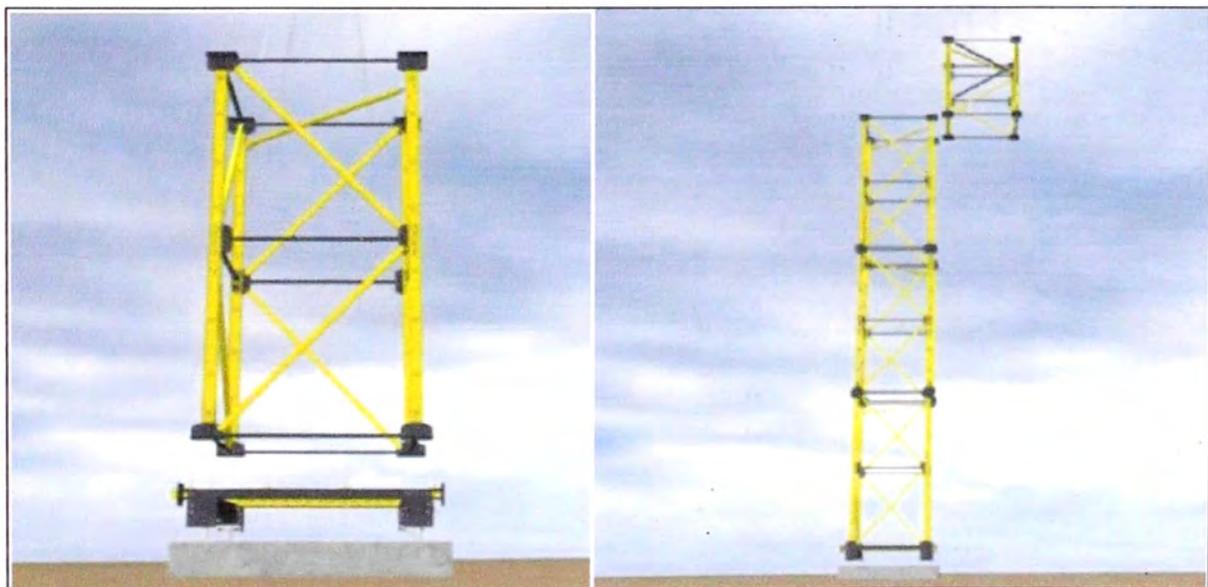
Figura N°3.61.- Armado de cuerpo de la cimbra MK.

Posteriormente se procede con el izaje para luego ser enfrentado con otra estructura igual (figura N°3.62 izquierda), luego se debe colocar los elementos de arriostamiento que completen el cuerpo de la cimbra (figura N°3.62 derecha).



**Figura N°3.62.- Colocación de arriostramiento lateral.**

Seguidamente se procede con el izaje y colocación de este primer cuerpo de la cimbra sobre la base (figura N°3.63 izquierda), se debe verificar la correcta colocación de tornillos en todas las conexiones. De manera similar se van colocando los cuerpos típicos que sean necesarios. Para cubrir la altura exacta generalmente se coloca en la parte superior un cuerpo no típico de ajuste (figura N°3.63 derecha).



**Figura N°3.63.- Montaje del cuerpo de la cimbra MK.**

#### Armado de la cabeza de la cimbra

De forma similar a la base, se coloca el perfil de arriostramiento, perfil husillo y husillo base 360 MK (figura N°3.64 izquierda), los cuales son izados y colocados en su posición final en la cima de la cimbra (figura N°3.64 derecha).

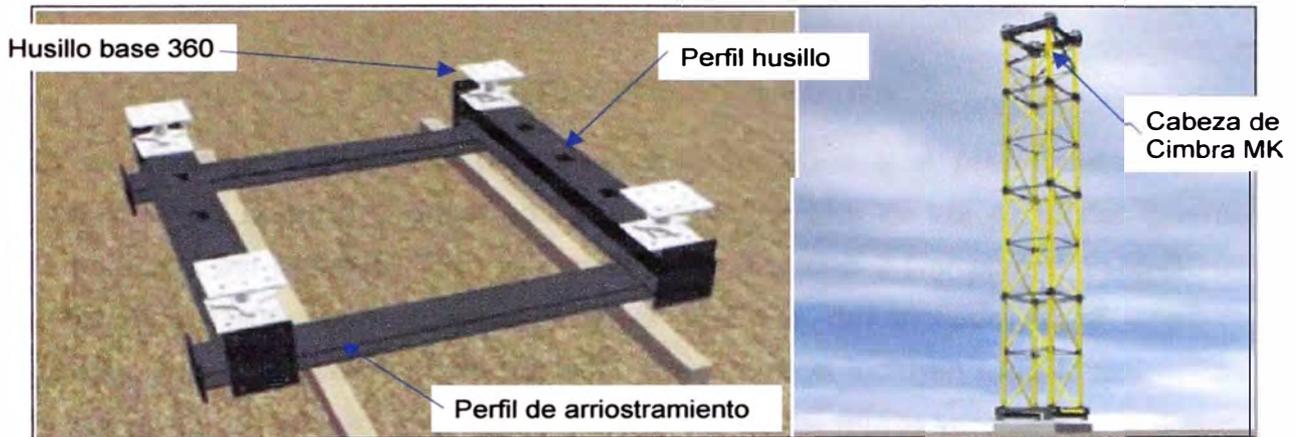


Figura N°3.64.- Montaje de la cabeza de la cimbra MK.

## **CAPÍTULO IV**

### **METRADOS Y PRESUPUESTOS**

En el presente capítulo se presentan los metrados y el presupuesto de la estructura de soporte y encofrado del tramo central de luz 42m. del puente Santa Rosa del proyecto Tren Eléctrico Línea 1 tramo 2 (ver planos PU8-01-01 hasta PU8-01-08 en el anexo N°06), el cual fue desarrollado en el capítulo anterior. Los metrados y el presupuesto presentados incluyen toda la estructura de soporte y apuntalamientos, los encofrados de los muros verticales (hastiales, plano PU8-01-06/07) de la sección cajón y no incluye el encofrado de los pilares, escaleras de acceso, elementos y accesorios de seguridad.

#### **4.1 METRADOS**

Para un mejor control de los equipos suministrados se ha dividido el metrado en cuatro partes: las cerchas y las cimbras MK (sistema MK), las torres Aluprop (sistema Aluprop), el soporte de la losa inferior (riostras MK, vigas VM20, vigas metálicas y cimbra Brío) y el soporte de la losa superior (riostras MK, vigas VM20 y cimbra Brío).

Los metrados incluyen todas las piezas necesarias para la ejecución de los planos presentados en el anexo N°06. La planilla de metrados completa se presenta en el anexo N°09.

#### **4.2 PRESUPUESTO**

Para la realización del presupuesto se ha tomado en consideración las planillas de metrados presentadas en el anexo N°09.

Generalmente los sistemas de encofrados son entregados a los contratistas en alquiler por mes y en algunos casos como venta de los equipos, en el anexo N°10 se presentan los presupuestos detallados de cada parte del sistema de soporte y encofrado (según desagregado realizado en anexo N°09 planilla de metrados). Además se presentan los costos tanto de alquiler como de venta, los valores presentados corresponden a precios de lista los cuales podrían estar sujetos a descuentos dependiendo la magnitud y el tipo de proyecto y no incluyen en el monto del Impuesto General a las Ventas (I.G.V.).

En el cuadro N°4.1 se presenta un resumen final del presupuesto del sistema de soporte y encofrado además de las condiciones comerciales generados entre el proveedor de los equipos y el contratista utilizadas comúnmente.

Cuadro N°4.1.-Resumen del presupuesto total puente Santa Rosa.

ITEM	DESCRIPCION	JGOS	MES	UNID.	METRADO	PRECIO ALQUILER		PRECIO VENTA		Peso Aprox. (Kg.)
						UNITARIO (Soles)/mes	PARCIAL (Soles)	UNITARIO (Soles)/und	Monto (Soles)	
01.00	<b>SUPERESTRUCTURA EJES U34-U35 PUENTE SANTA ROSA U8 L<sub>tramo</sub>=42.00m.</b>									
01.01	FALSO PUENTE MK. Se considera las cimbras MK (9) y cerchas MK (12).	1.00	2.00	jgo.	1.00	38,843.22	77,686.44	1,291,917.72	1,291,917.72	51,112.68
01.02	TORRES ALUPROP. Se considera el total de torres Aluprop.	1.00	2.00	jgo.	1.00	16,350.60	32,701.20	529,535.04	529,535.04	11,794.80
01.03	CIMBRA BRÍO. Se considera las riostras MK, Vigas VM20 y Sistema Brío para encofrado de losa inferior.	1.00	2.00	jgo.	1.00	24,596.72	49,193.44	679,396.06	679,396.06	43,173.78
01.04	CIMBRA BRÍO. Se considera las Vigas VM20 y Sistema Brío para encofrado de losa superior en el tramo central y en los volados.	1.00	2.00	jgo.	1.00	14,411.58	28,823.16	298,014.52	298,014.52	17,181.36
01.05	Encofrado de elementos verticales (Hastiales del cajón) con sistema de encofrado Comain.	1.00	0.50	m2	330.08	56.00	9,242.24	1,676.00	553,214.08	16,504.00
<b>TOTALES</b>							<b>Si. 197,646.48</b>		<b>Si. 3,352,077.42</b>	<b>139,766.62</b>
<b>COSTO/mi de puente</b>							<b>Si. 4,705.87</b>		<b>Si. 79,811.37</b>	
<p><b>CONDICIONES COMERCIALES</b>                      Los precios no incluyen I.G.V                      No incluye transportes, equipos ubicados en almacén.                      Se destinará un supervisor de campo (no permanente) para apoyar en la capacitación y durante la ejecución de la obra.                      No se incluye soluciones de madera.                      No incluye plataformas de trabajo ni escaleras de acceso.</p>										

Fuente: Elaboración propia.

Para la presentación del cuadro N°4.1 se ha tenido en cuenta lo siguiente:

Se consideró en el presupuesto el costo por metro cuadrado del encofrado vertical utilizado para poder establecer un monto final total exacto.

Además se tomó en cuenta el tiempo que el equipo permaneció en alquiler, tanto el falso puente, las torres Aluprop y la cimbra Brío para la losa inferior y superior estuvieron en alquiler por dos meses (25 días de armado de cerchas MK, cimbras MK, torres Aluprop, cimbras Brío y su montaje; 5 días de vaciados, 21 días adicionales para que el concreto alcance la resistencia requerida y 9 días para el desmontaje y desencofrados hasta devolver todos al almacén). Los encofrados verticales estuvieron en obra quince días, dado que estos pueden retirarse al día siguiente de ser vaciados.

El cuadro presenta el monto total que significó al proyecto el alquiler de equipos de encofrado en el tiempo que estuvo en la obra (S/.197,646.48), además presenta el costo que hubiera significado la venta de los mismos (S/.3,352,077.42).

Dada la longitud total del tramo central del puente de 42m, se presenta el costo del alquiler por metro lineal del encofrado del puente (S/.4,705.87), así como el costo por metro lineal de la venta (S/.79,811.37), los cuales pueden tomarse como ratios de referencia para obras de características similares.

El cuadro también presenta el peso total del equipo (139,766.62 Kg.) para que se tome en cuenta en la cantidad de viajes y el tipo de vehículo a emplear para su transporte.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

En la actualidad la técnica de encofrados más utilizada en nuestro país para la construcción de puentes es la de encofrados metálicos, sin embargo ya se están empezando a desarrollar proyectos con sistema de carros de avance teniendo como pioneros los puentes sobre la Vía de Evitamiento y sobre el Río Rímac en el proyecto Tren Eléctrico Línea 1 Tramo 2 actualmente en construcción.

Para el diseño y construcción de falsos puentes y estructuras de soporte de encofrados deberá tenerse en cuenta todas las cargas actuando en conjunto y considerando las diversas etapas de la construcción. Todos los elementos deberán ser verificados mediante algún método confiable, siendo utilizado de forma amplia en nuestro medio el método de los esfuerzos admisibles.

En puentes sobre ríos y quebradas es indispensable contar con el estudio de hidrología e hidráulica, debiendo programarse los trabajos de encofrado de la superestructura en época de estiaje, en la cual se pueda encauzar fácilmente el río y se pueda trabajar apoyándose sobre el terreno con algún sistema de apuntalamiento metálico, pudiendo ser la cimbra Brío o las torres Aluprop.

En la actualidad los encofrados de madera en la construcción de puentes tienen un rol básicamente de complemento, sin embargo en puentes pequeños o donde las diversas circunstancias así lo exigen se sigue ejecutando encofrados íntegramente de madera. En cualquiera de los dos casos se deben verificar todas las piezas de madera a utilizar.

El uso de los encofrados metálicos presenta la gran ventaja de que están formados por piezas modulares estandarizadas, las cuales permiten solucionar distintas configuraciones geométricas. Además presenta la posibilidad de darle un alto número de usos en comparación con las piezas de madera y presentan mayor capacidad resistente. Además por su fácil armado y montaje contribuyen directamente con el control de la seguridad en obra.

Mediante la recopilación de experiencias previas se puede establecer criterios para la elección de un sistema de encofrados para la construcción de puentes, sin embargo se requiere estudiar minuciosamente las diversas variables involucradas que cada puente pudiera presentar, como son la luz del tramo, el gálibo, el tipo de puente y el obstáculo a salvar; con ello se podrá establecer la mejor solución desde el punto de vista técnico y económico. Además se debe conocer al detalle las diversas virtudes y limitaciones del sistema de encofrado a utilizar.

Los puentes generalmente usados en nuestro país para el cruce de grandes avenidas y ríos presentan luces entre 30 y 50 metros, para estos el sistema de encofrados metálico más recomendable es el de las torres Aluprop, Sistema MK o en muchos casos una combinación de ellos con el complemento de las cimbras Brío y remates de madera.

Se ha verificado que todos los elementos utilizados en el soporte y encofrado del puente Santa Rosa presentan cargas de servicio menores a sus capacidades admisibles, además las flechas obtenidas de los cálculos resultan menores que las máximas tolerables.

La viga VM20 crítica (vigas secundarias "02") presenta un momento flector de 1.52 kN.m y una fuerza cortante de 6.36 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 30.4% debido al momento y un 57.82% debido a la fuerza cortante.

La riostra MK-120 crítica (Vigas primarias "01") presenta un momento flector de 10.56 kN.m y una fuerza cortante de 46.20 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 55.87% debido al momento y un 33% debido a la fuerza cortante.

El pie Brío (en cimbra Brío soporte de losa inferior) crítico presenta una carga vertical de 40.41 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 93.98% de su capacidad a carga axial.

El puntal Aluprop (en torres Aluprop) crítico presenta una carga vertical de 54.74 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 97.92% de su capacidad a carga axial.

La riostra MK-120 crítica en las cerchas MK presenta una carga axial actuante de 211 kN, un momento flector de 12.1 kN.m y una fuerza cortante de 44.24 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 87.92% de su capacidad axial, un 64.02% debido al momento y un 31.60% debido a la fuerza cortante.

La riostra MK-120 crítica en las cimbras MK presenta una carga axial actuante de 321.63 kN. Teniendo en cuenta su capacidad resistente se encuentra trabajando en un 89.34% de su capacidad axial.

Se estableció para el alquiler de la estructura de soporte y encofrado de la superestructura del puente Santa Rosa un costo por metro lineal de S/4,705.87, el cual no incluye el I.G.V. ni tampoco descuentos, se puede tomar este valor como ratio para poder calcular de forma preliminar el costo de soporte y encofrados de superestructuras de puentes de similares características.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se requiere una adecuada difusión de las nuevas tecnologías en encofrados en puentes que puedan ser impartidas desde la universidad mediante ferias, tesis, boletines, etc. dada su importancia en el desarrollo de los proyectos de puentes y que permita a los futuros ingenieros su dominio y adecuada aplicación.

Generalmente es recomendable subcontratar el diseño de los falsos puentes y encofrados de estructuras complejas a empresas especialistas que cuenten con sistemas de encofrados capaces de dar soluciones seguras y eficientes.

Es responsabilidad de la empresa especialista de encofrados facilitar un personal en la obra para supervisar y colaborar en el armado y montaje de los diversos sistemas, previo a esto el departamento técnico de la empresa especialista de encofrados deberá sustentar todos los planos que haya entregado al contratista con memorias de cálculo, guías de usuario, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, EEUU, 2005.
- Aceros Arequipa, Manual del Maestro Constructor, 1º Edición, Lima-Perú 2010.
- Aranís García-Rossell César, Análisis y Diseño de Puentes de Concreto Armado, ACI UNI 1º Edición, Lima-Perú, 2006.
- Consorcio Tren Eléctrico, 20 de Enero 2013, 16:30 h, <http://www.consorciotrenelectrico.com.pe/>
- Copias de clase del curso de puentes FIC-UNI.
- Ferrovial Agroman Constructora, Curso de Encofrados, España.
- García Mendoza Miguel Ángel, "Sistema de Encofrados ULMA en Edificaciones y Obras Civiles", Informe de Suficiencia para la Titulación Profesional FIC-UNI, 2005.
- Junta del Acuerdo de Cartagena, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, 3º Edición, Lima-Perú, 2000.
- MTC, Manual de Diseño de Puentes, Lima-Perú, 2003.
- Pacheco Zuñiga Julio, El maestro de obra, Sencio 2º Edición, Lima-Perú, 2006.
- Pastor G. Luis, Puentes y Obras de Arte, Ed. Ciencias, Lima-Perú, 2000.
- Regal Alberto, Los Puentes del Antiguo Perú, FIC-UNI, 1965.
- Ramírez Goicochea Luis Enrique, "Procesos Constructivos del Puente Tsejtsi en Arco de Concreto Postensado de 80 m.", Titulación por Examen Profesional FIC-UNI, 1995.
- Ulma Construcción, Catalogo General de Productos, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario ESTRUCTURA MK, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario CIMBRA MK, España.
- Ulma Construcción, Guía de Usuario BRIO, España.
- Ulma Construcción, Torres Aluprop, España.

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1: ELEMENTOS DEL SISTEMA ALUPROP.**

**ANEXO 2: CARGAS ADMISIBLES EN PUNTALES Y TORRES ALUPROP.**

**ANEXO 3: ELEMENTOS DEL SISTEMA MK.**

**ANEXO 4: CARGAS ADMISIBLES DE CERCHAS Y CIMBRAS MK.**

**ANEXO 5: PLANOS DE CONCRETO DEL PUENTE SANTA ROSA.**

**ANEXO 6: PLANOS DE ESTRUCTURA DE SOPORTE Y ENCOFRADOS  
PUENTE SANTA ROSA.**

**ANEXO 7: CÁLCULOS EN VIGAS VM20.**

**ANEXO 8: PANEL FOTOGRÁFICO.**

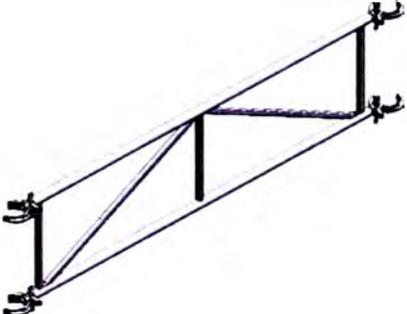
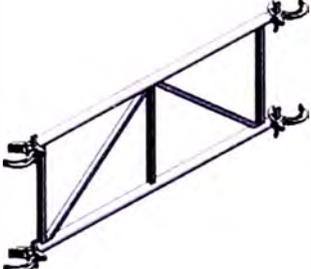
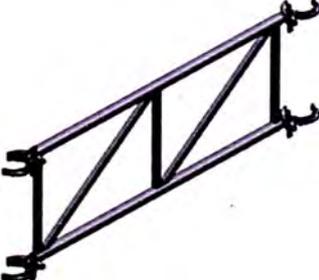
**ANEXO 9: PLANILLA DE METRADOS.**

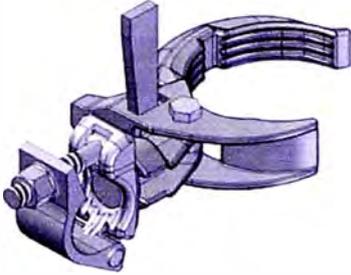
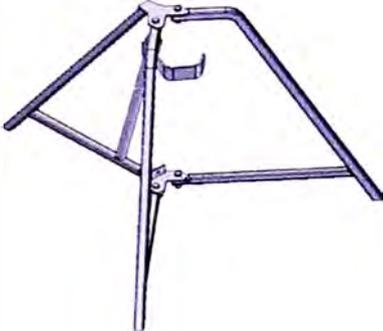
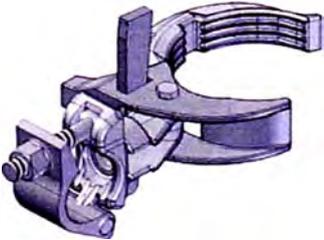
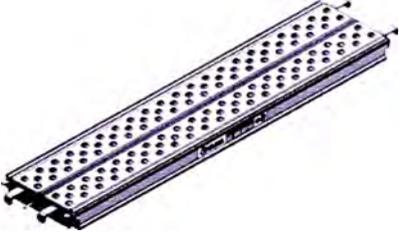
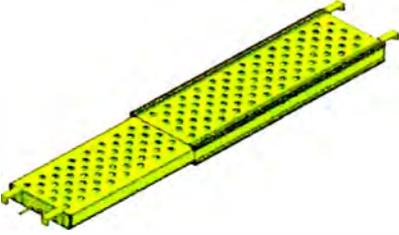
**ANEXO 10: PRESUPUESTOS DETALLADOS.**

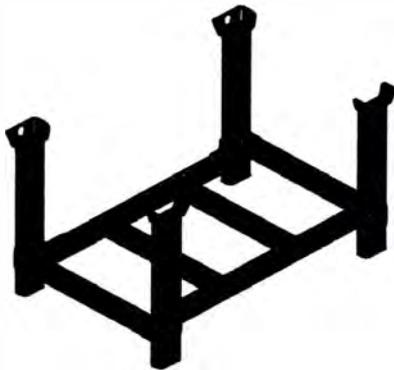
## **ANEXO 1: ELEMENTOS DEL SISTEMA ALUPROP.**

## 2. Componentes y accesorios

### 2.1. DESCRIPCIÓN GRÁFICA

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
<b>PUNTALES</b>					
2220010	17	ALUPROP 1,65-2,8	2220055	4,5	SUPLEMENTO 1m
2220020	21	ALUPROP 2,2-3,7	 <p>Aluminio</p>		
2220030	24,8	ALUPROP 3,3-4,8			
2220040	29,2	ALUPROP 4,5-6			
<b>MARCOS ARRIOSTRAMIENTO</b>					
2220120	18,7	MARCO ARRIOSTRAMIENTO 2,32 m.	2220145	18	MARCO ARRIOSTRAMIENTO 2,075
 <p>Acero galvanizado</p>			 <p>Acero pintado amarillo</p>		
2220125	14,2	MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,5 m.	2220130	14,7	MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,57
 <p>Acero galvanizado</p>			 <p>Acero pintado negro</p>		

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
2220140	9,5	MARCO ARRIOSTRAMIENTO 0,75 m.	2220100	2,2	GARRA ABRAZADERA GIRATORIA
					
		Acero galvanizado SIGMA KARLSRUHE 			Acero bicromatado
2220080	1,1	UNION RAPIDA	9521592	0,044	TORNILLO M10x50 DIN 933 8.8
			0241000	0,01	TUÉRCA M10 DIN 934-5.6
		Acero galvanizado SIGMA KARLSRUHE 	9000001	0,001	ARANDELA MUELLE B10 DIN 127
2220090	11,2	TRIPODE UNIVERSAL			
		Acero galvanizado			
2220075	1,8	GARRA ABRAZADERA FIJA			Acero cincado
			2127716	12,4	PLATAFORMA 1,5
		Acero galvanizado			
			2067035	12,5	PLATAFORMA EXTENSIBLE 1-1,5
			2067048	17,3	PLATAFORMA EXTENSIBLE 1,5-2,35
			2067043	20,5	PLATAFORMA EXTENSIBLE 2-2,7
					
					Acero pintado amarillo

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
2128152	17,5	PLATAFORMA C/TRAMP. DE 1,5	2125148	1,2	ABRAZADERA FIJA 48/48
 <p>Aluminio y madera</p>			 <p>Acero galvanizado</p>		
2125649	13,1	TUBO 48/ 4100 C/ENCHUFE	2135352	2,2	ESCALERA ALUM P/PLAT C/TRAMP
2125290	5,5	TUBO 48/ 1,6	 <p>Aluminio</p>		
2125291	7	TUBO 48/ 2,1	2220070	45,5	PALET PUNTALES ALUPROP
2125647	6,7	TUBO 48/ 2,6	 <p>Acero pintado negro</p>		
2125249	11,4	TUBO 48/ 3,1			
2125648	12,1	TUBO 48/ 3,6			
2125250	14,6	TUBO 48/ 4,1			
2125251	18	TUBO 48/ 5			
 <p>Acero galvanizado</p>					
2125147	1,3	ABRAZADERA GIRATORIA 48/48			
 <p>Acero galvanizado</p>					

## 2.2. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS

### 2.2.1. Puntal ALUPROP

El puntal ALUPROP soporta grandes cargas, está fabricado en aluminio y está diseñado para apuntalar encofrados horizontales o para su uso como otro tipo de cimbra, teniendo siempre en cuenta las cargas máximas y las instrucciones de montaje.

Las principales características del puntal de aluminio ALUPROP son:

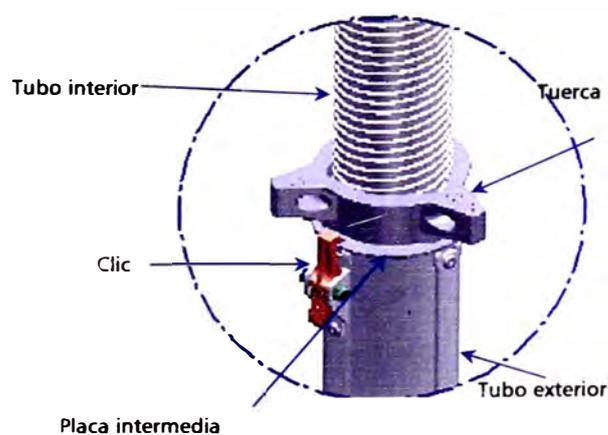
- Ligereza al estar fabricado en aluminio.
- Sencillez de manejo para el operario tanto de los puntales como de la cimbra.
- El tubo interior se halla roscado en toda su longitud con rosca de múltiples entradas.
- El tubo interior está protegido contra el desenganche para evitar su salida del tubo exterior.
- Rosca auto-limpiable: El diseño de la rosca facilita la limpieza del hormigón adherido a la misma.
- Facilidad para arriostrar el puntal mediante el marco de arriostramiento o la garra de arriostramiento y tubos, debido a la especial forma del tubo exterior.
- Posibilidad de formar torres con el marco de arriostramiento.
- Los puntales ALUPROP están diseñados para ser usados uno sobre otro siempre cuando se usen los elementos de unión adecuados.

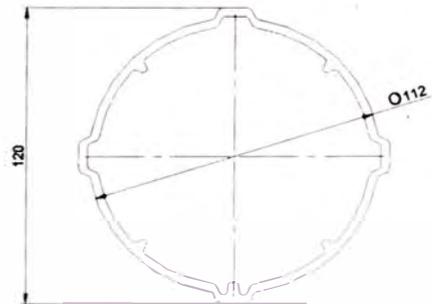
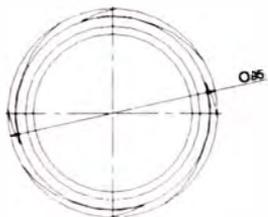
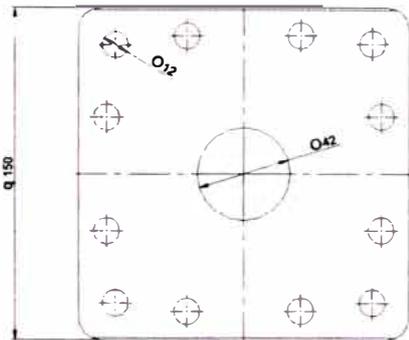
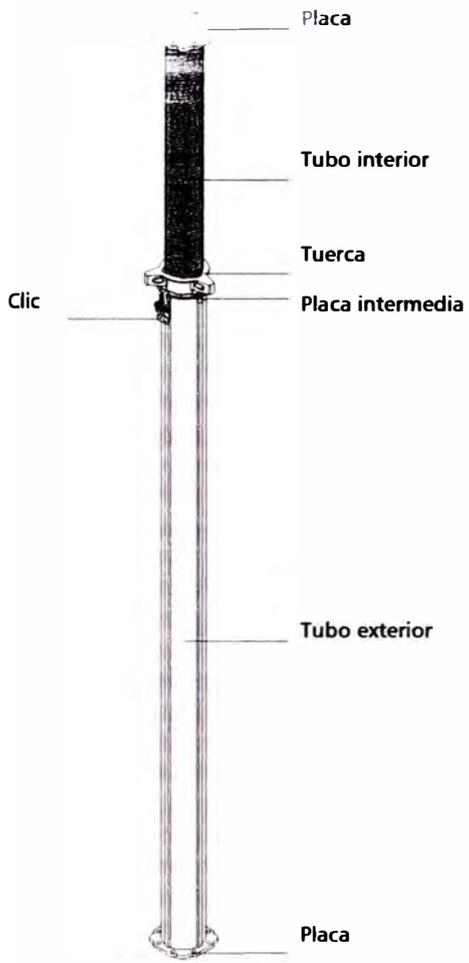
- Tuerca con orificios para facilitar el desmontaje del puntal.
- El puntal tiene un pasador o gancho para evitar movimientos accidentales del tubo interior.

NOMBRE DEL PUNTAL	Longitud mínima (mm.)	Longitud máxima (mm.)
ALUPROP 1,65-2,8	1650	2800
ALUPROP 2,2-3,7	2200	3700
ALUPROP 3,3-4,8	3300	4800
ALUPROP 4,5-6,0	4500	6000

El puntal ALUPROP está formado por:

- Tubo exterior
- Tubo interior
- Tuerca
- Placas inferior y superior
- Placa intermedia
- Clic





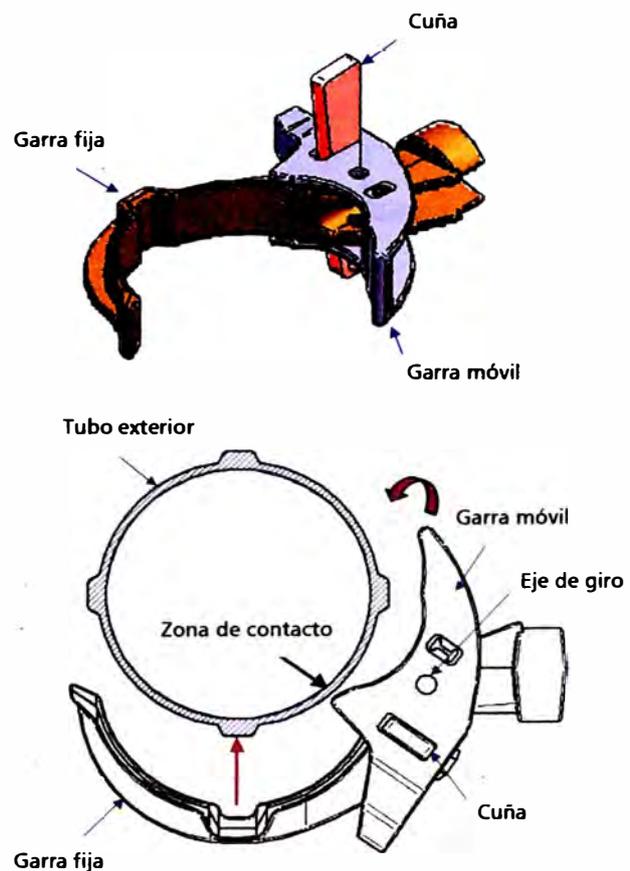
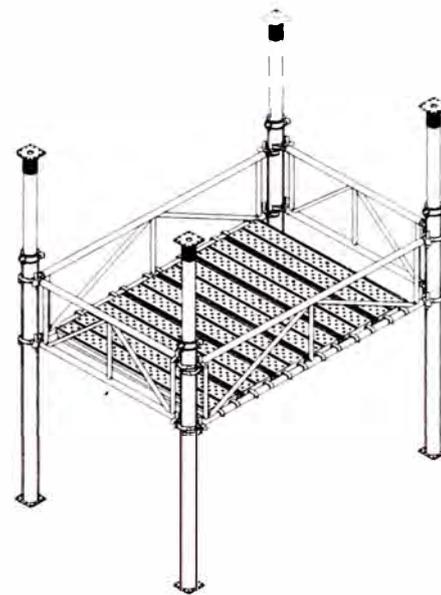
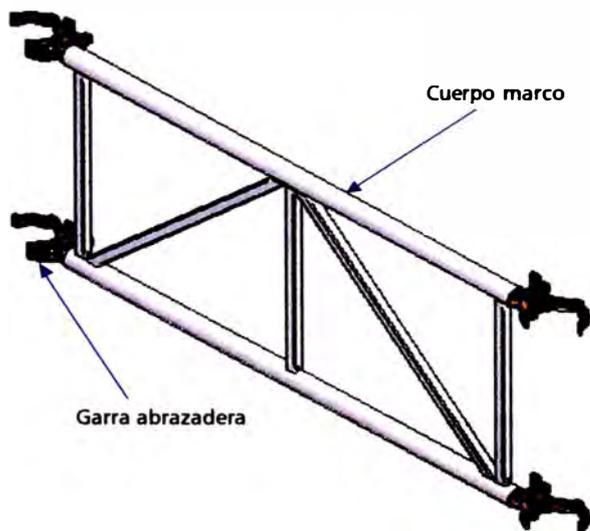
### 2.2.2. MARCO DE ARRIOSTRAMIENTO

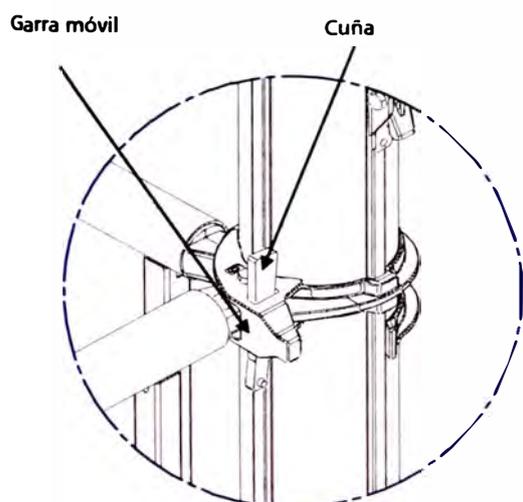
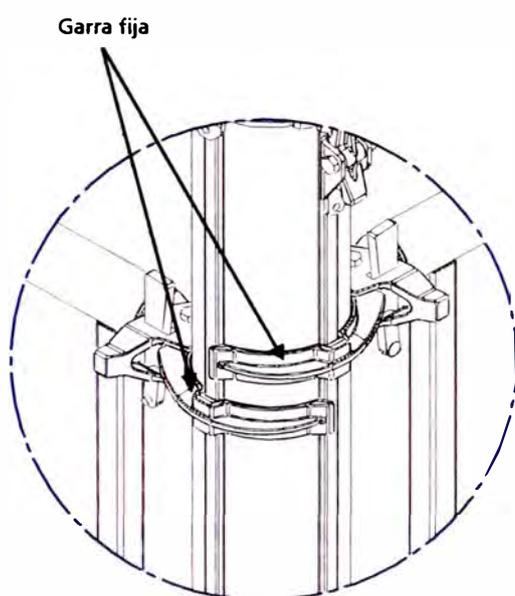
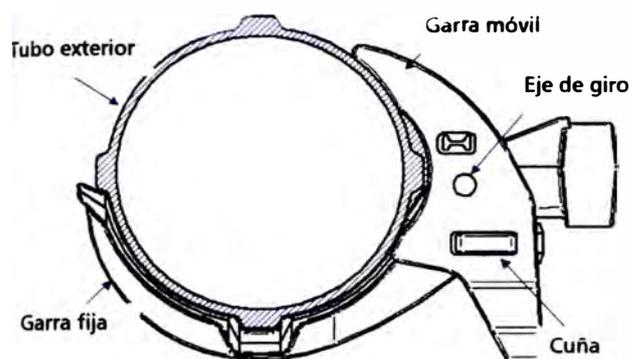
El marco de arriostramiento está formado por tubos de acero e incluye cuatro garras con cuña para abrazar el tubo exterior. Existen cinco medidas de marcos de arriostramiento: 2,32 m., 2,075 m., 1,57 m., 1,5 m., y 0,75 m.

Los marcos de arriostramiento pueden unir puntales para formar cuadrículas montadas verticalmente para formar torres de apuntalamiento.

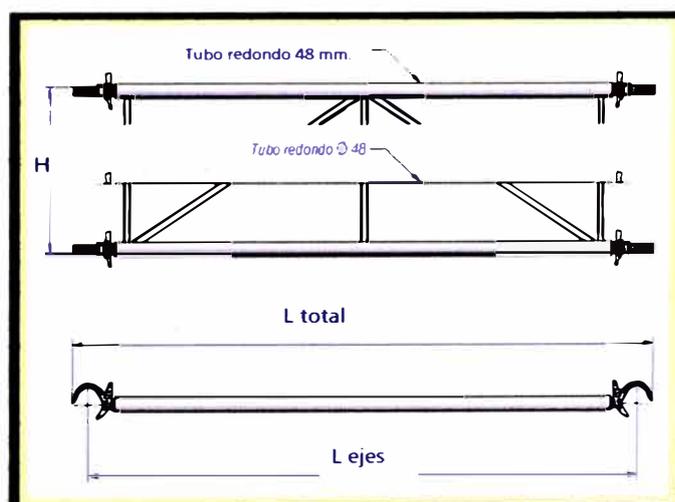
El cuerpo tubular del marco es de acero y está formado por dos tubos horizontales de 48mm. de diámetro. Esos tubos horizontales (los ejes están distanciados 530mm.) permiten arriostar las torres con tubos y abrazaderas de 48mm y usar las plataformas del Andamio BRIO de 1,5 m. como plataforma de trabajo.

La forma de la garra fija es la misma que la del tubo exterior mientras que la garra móvil, abraza el tubo exterior desde el otro lado, ajustándose mediante la cuña.





HOJA TÉCNICA					
	Código	Peso (Kg.)	Lejes (mm.)	Ltotal (mm.)	H (mm.)
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 2,32 m	2220120	17,7	2320	2451	558
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 2,075 m	2220145	18,1	2075	2212	558
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,5 m	2220125	13,6	1500	1631	558
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,57 m	2220130	13,8	1570	1701	558
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 0,75 m	2220140	8,7	750	881	558

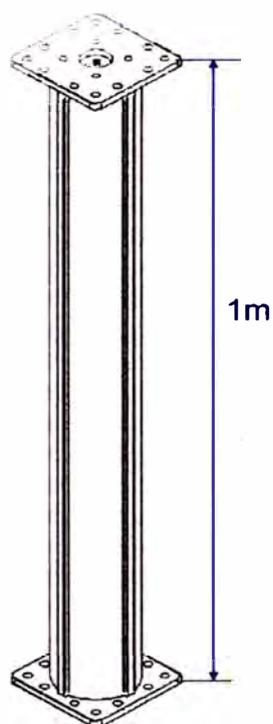


### 2.2.3. SUPLEMENTO 1 m.

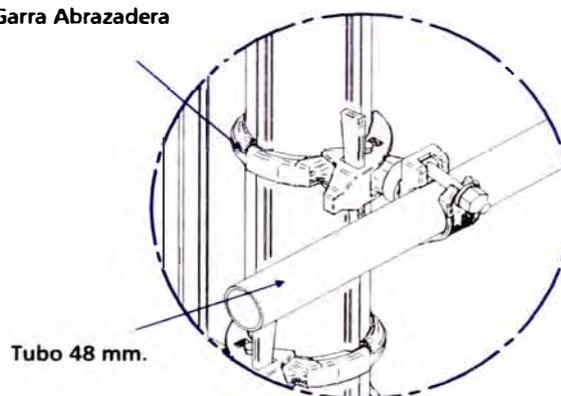
El suplemento de 1m está diseñado para aumentar el rango de medidas del puntal ALUPROP.

El suplemento de 1m. se fija al tubo exterior del puntal ALUPROP mediante 4 tornillos, tuercas y arandelas correspondientes.

El suplemento de 1m. también se puede fijar al tubo exterior del puntal ALUPROP mediante dos Uniones Rápidas.



Garra Abrazadera

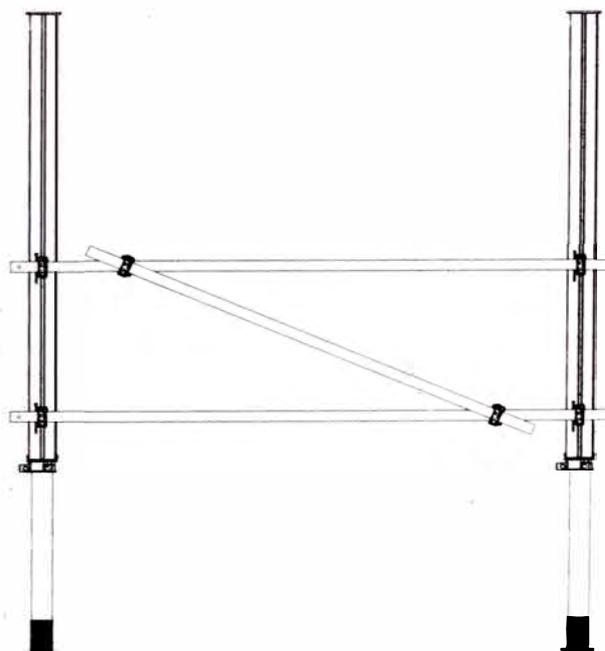


#### 2.2.4. GARRA ABRAZADERA FIJA

Este elemento se usa para conectar el tubo exterior del puntal ALUPROP con un tubo de 48mm., usando la garra y la abrazadera de 48mm.

Este elemento une dos puntales de diferentes torres incrementando su resistencia y estabilidad. Se usa cuando no es posible arriostrar los puntales con los marcos de arriostamiento (2,32/ 2,075/ 1,57/ 1,5/ 0,75). El puntal de una torre se conecta con el puntal de otra mediante la garra abrazadera fija, que va conectado al tubo exterior del puntal y a la abrazadera unida a un tubo de 48mm. Por ejemplo, en remates y en otros tipos de encofrado (RAPID, RECUB, Mesas VR).

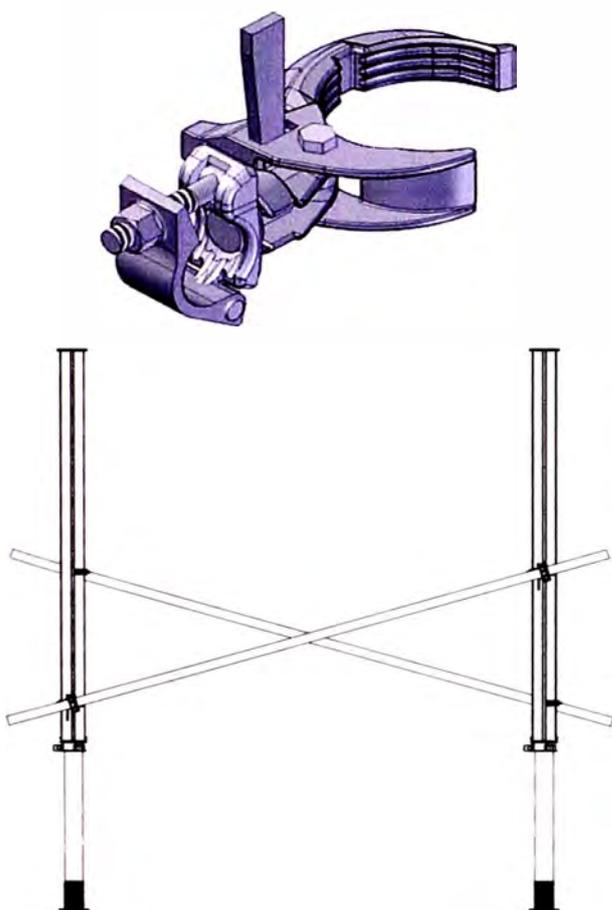
También se usa para instalar las barandillas de seguridad en las torres.



### 2.2.5. GARRA ABRAZADERA GIRATORIA

La garrabradora giratoria se usa para conectar el tubo exterior del ALUPROP con un tubo de 48mm., formando cualquier ángulo entre la garrabradora y la abrazadera giratoria de 48mm. usando la garrabradora y la abrazadera giratoria de 48mm.

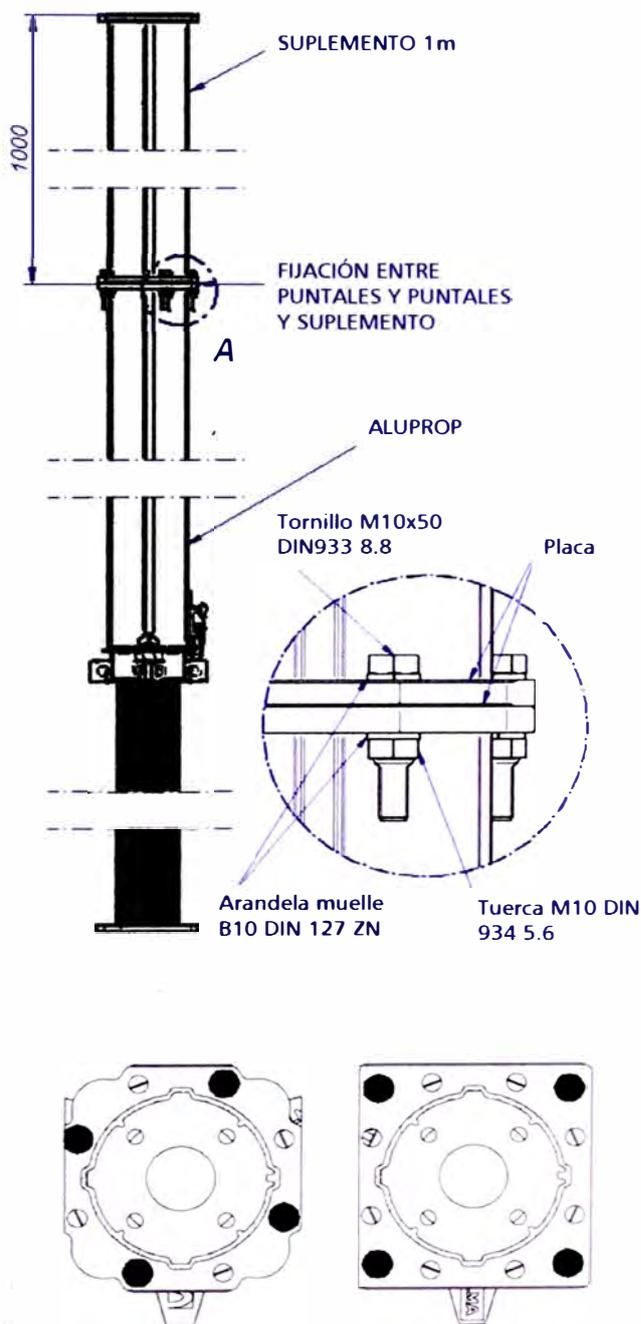
Se usa para arriostrar (en vertical u horizontal) las torres ALUPROP y para instalar las barandillas de seguridad en las torres.



### 2.2.6. TORNILLOS Y TUERCAS

Estos son los elementos de unión entre puntales ALUPROP y también entre puntales ALUPROP y Suplementos de 1m.:

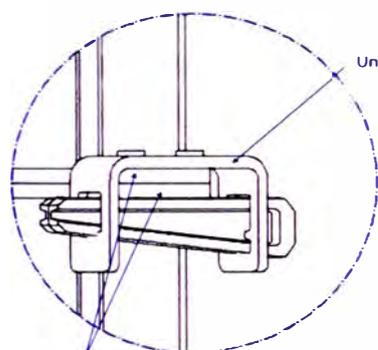
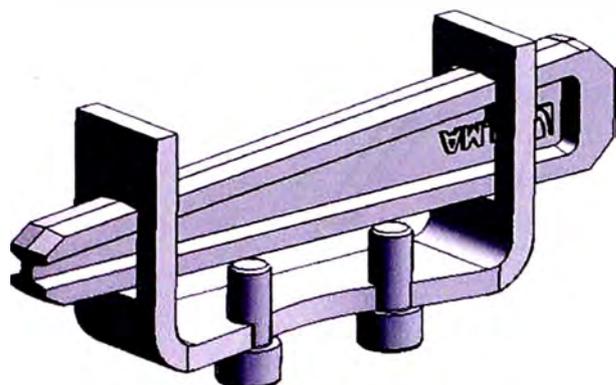
- Tornillo hexagonal M10X50 DIN 933 8.8
- Tuerca M10 DIN 934 5.6
- Arandela muelle B10 DIN 127



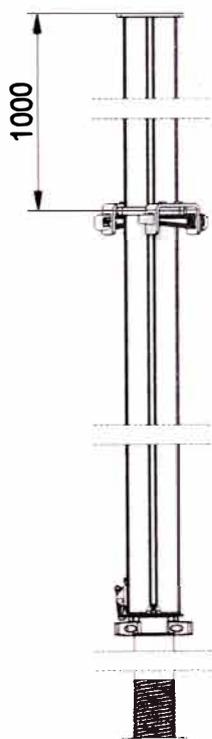
### 2.2.7. UNION RAPIDA

La unión rápida está diseñada para añadir el suplemento de 1m. al puntal ALUPROP o para fijar los tubos exteriores de los puntales ALUPROP. La fijación se hará usando dos uniones rápidas.

La unión rápida tiene dos tornillos como guía en la placa del puntal ALUPROP y una cuña para unir correctamente los puntales.



Placa



## 2.2.8. TRIPODE UNIVERSAL

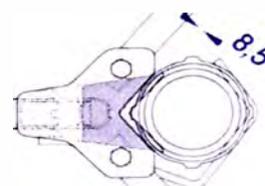
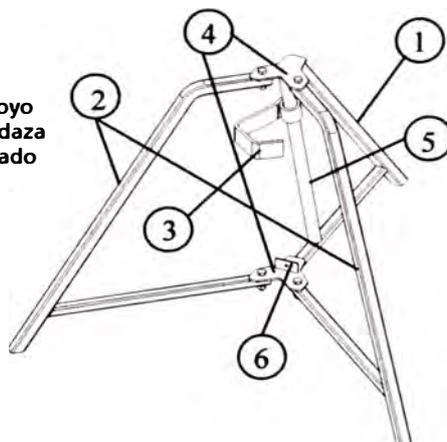
El trípode universal está diseñado para facilitar el correcto montaje de todos los puntales ULMA y dar estabilidad a los diferentes montajes. Este trípode se puede usar con todos los puntales fabricados con tubos entre 40 y 112 mm.

El trípode universal tiene dos patas móviles que permiten su correcto posicionamiento, una pata fija que incluye placas para aguantar el puntal y una placa que desliza en un tubo inclinado que permite fijar los puntales ULMA.

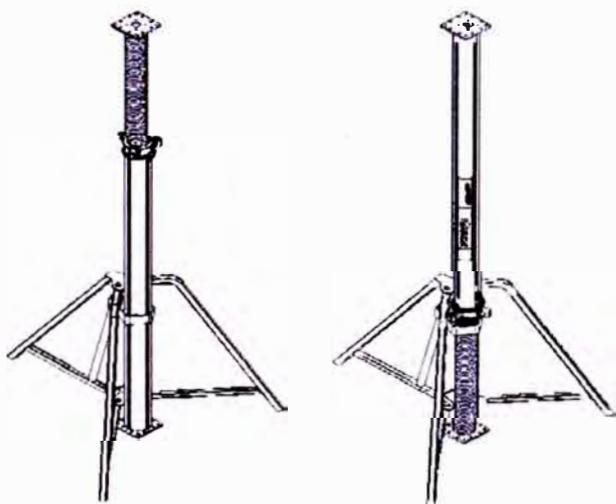
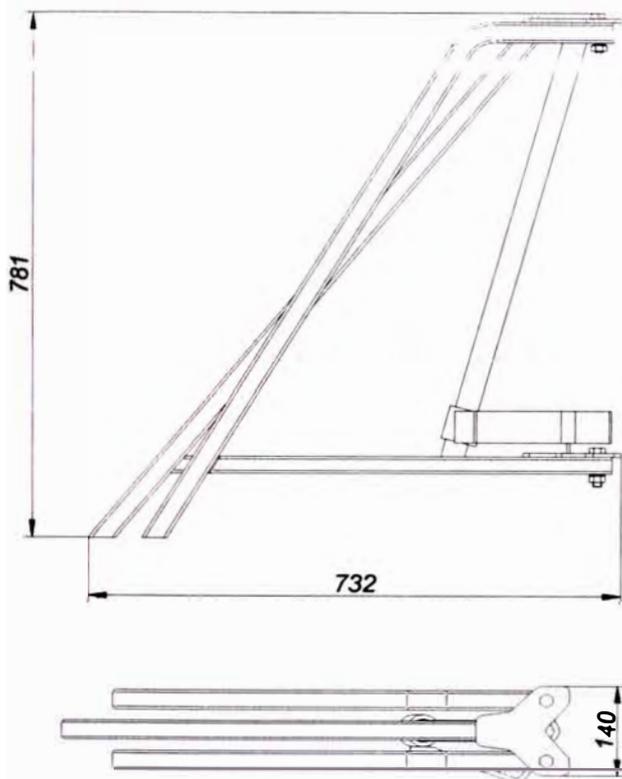
La placa inferior tiene una placa para clavar una pieza de madera para compensar la diferencia de diámetro en los casos en los que el trípode sujeta el tubo interior y el tubo exterior.

### Componentes

- 1- Pie fijo
- 2- Pie giratorio
- 3- Mordaza
- 4- Placas de apoyo
- 5- Guía de mordaza
- 6- Tope de clavado



Dimensiones del trípode con las patas plegadas:

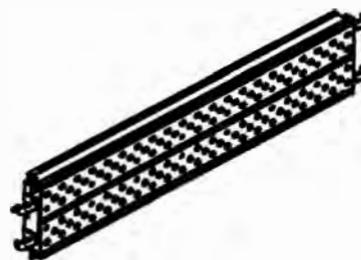
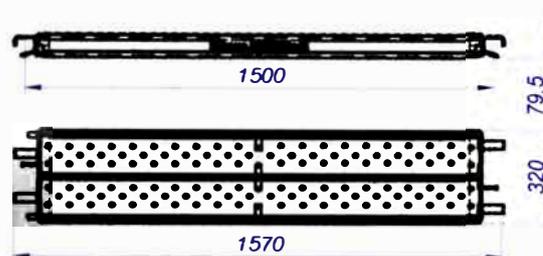


### 2.2.9. PLATAFORMA 1,5

Este elemento de acero se usa para formar una plataforma de trabajo allí donde trabajan los operarios o dónde se apila el material. Soporta cargas puntuales y repartidas y transfiere esas cargas a los

tramos horizontales de los marcos de arriostramiento únicamente en la medida de 1,5 (anchura de la torre).

Está fabricada con una lámina de acero agujereada anti deslizante. Está equipada con un pasador de seguridad para asegurar que no se desplaza accidentalmente. Sus dimensiones son: ancho=320 mm. y largo=1,5 m.



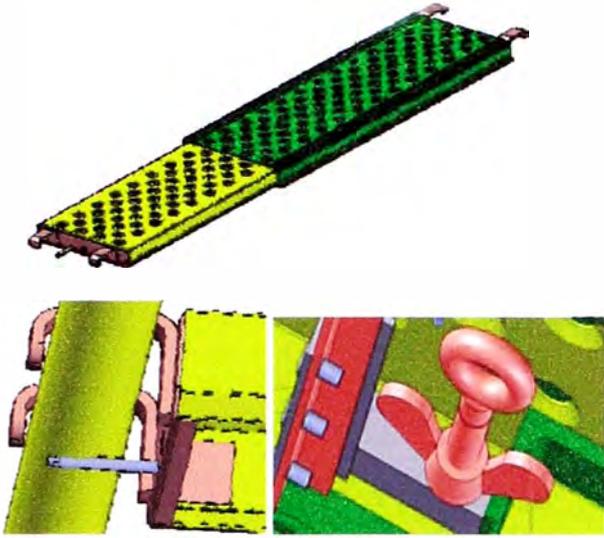
La plataforma 1,5 es de clase 6 (600 daN/m<sup>2</sup>) según EN 12811-1.

### 2.2.10. PLATAFORMA EXTENSIBLE

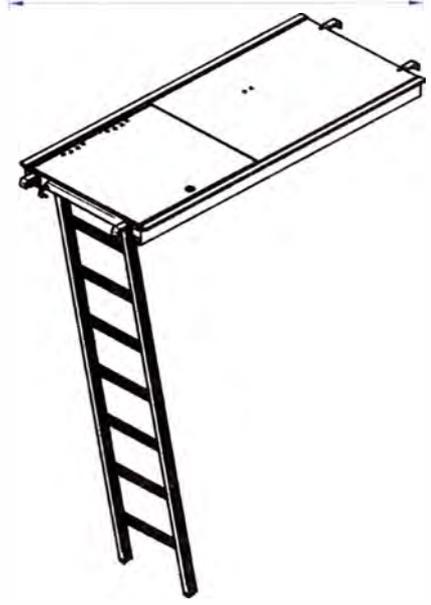
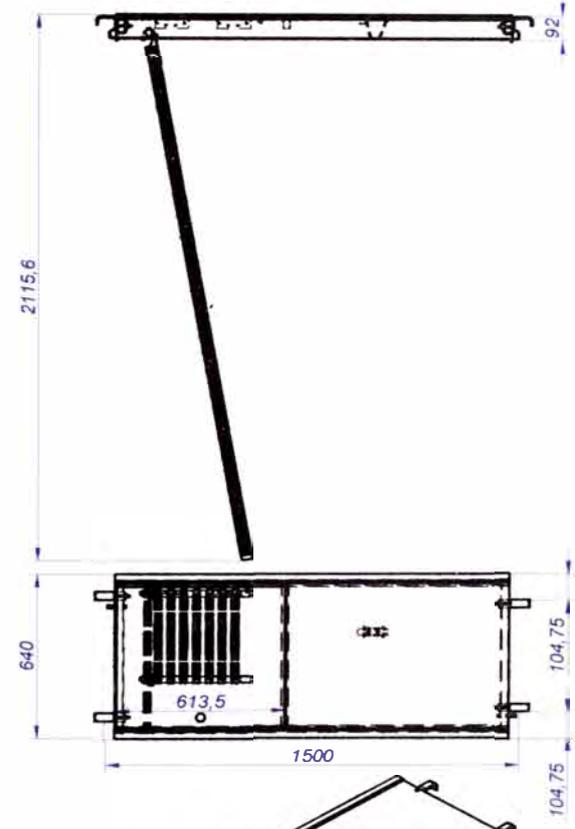
La plataforma extensible está fabricada en acero y diseñada como plataforma de trabajo. No se deben de aplicar cargas de más de 2 kN.

Existen tres dimensiones que se pueden regular de la siguiente forma:

- Plataforma extensible 1-1,5 m.
- Plataforma extensible 1,5-2,35 m.
- Plataforma extensible 2-2,7 m.



Denominación	Extensión mínima	Extensión máxima	Peso	Carga de utilización
Plataforma extensible 1-1,6m (2067035)	1m.	1,6m	12,5 kg	2kN
Plataforma extensible 1,5-2,35m. (2067048)	1,5m	2,35m	17,3 kg	
Plataforma extensible 2-2,7m.(2067043)	2m	2,7m	20,5 kg	
Ancho para todas las plataformas 300 mm.				



Usando la plataforma extensible, se pueden resolver prácticamente todos los tipos de torre.

### .2.11. PLATAFORMA CON TRAMPILLA 1,5

Esta es una plataforma de aluminio y madera con una escalera incorporada. Además de usarse como plataforma de trabajo para los operarios, su trampilla permite el acceso vertical a la estructura.

El marco y la escalera están fabricados en aluminio mientras que la superficie es de tablero antideslizante machado de 640 mm. de ancho y 1,5 m. de largo. madera usada es de clase 3 resistente al fuego.

La plataforma con trampilla 1,5 es clase 6 (600 aN/m<sup>2</sup>) según EN 12811-1.

La escalera normalmente se sirve separada del cuerpo e la plataforma (ver siguiente punto).

**ANEXO 2: CARGAS ADMISIBLES EN PUNTALES Y TORRES ALUPROP.**

## 5.1. PUNTAL ALUPROP (CRITERIO EUROPEO)

Altura total (m)	CARGAS DE USO (kN) - PUNTAL SIMPLE							
	ALUPROP 1,65-2,8		ALUPROP 2,2-3,7		ALUPROP 3,3-4,8		ALUPROP 4,5-6,0	
	TI arriba	TI abajo	TI arriba	TI abajo	TI arriba	TI abajo	TI arriba	TI abajo
1,65	151,2	106,9						
1,7	148,6	106,9						
1,8	143,4	106,9						
1,9	138,2	106,6						
2	132,8	105,7						
2,1	127,3	104,4						
2,20	121,7	102,7	132,4	115,5				
2,30	116,1	100,5	126,7	110,8				
2,40	110,3	97,9	121,0	106,3				
2,50	104,4	94,8	115,5	101,9				
2,60	98,5	91,4	110,1	97,7				
2,70	92,4	87,4	104,7	93,6				
2,80	86,3	83,1	99,4	89,7				
2,90			94,2	86,0				
3,00			89,1	82,4				
3,10			84,1	79,0				
3,20			79,1	75,7				
3,30			74,3	72,6	89,6	75,7		
3,40			69,5	69,7	85,2	73,4		
3,50			64,8	66,9	80,9	71,2		
3,60			60,2	64,3	76,8	68,9		
3,70			55,7	61,8	72,8	66,7		
3,80					69	64,4		
3,9					65,3	62,2		
4					61,8	59,9		
4,1					58,4	57,6		
4,2					55,2	55,3		
4,3					52,1	53,0		
4,40					49,2	50,7		
4,50					46,4	48,4	51,9	47,1
4,60					43,8	46,1	50,1	45,7
4,70					41,3	43,7	48,4	44,2
4,80					38,9	41,4	46,6	42,8
4,90							44,8	41,4
5,00							42,9	40,0
5,10							41,1	38,6
5,20							39,2	37,2
5,30							37,4	35,8
5,40							35,5	34,4
5,50							33,6	33,0
5,60							31,7	31,6
5,70							29,8	30,2
5,80							27,8	28,8
5,90							25,9	27,5
6,00							23,9	26,1

TI: Tubo Interior

En las siguientes páginas se muestran las cargas de uso de las configuraciones más habituales de las Torres Aluprop con viento según Criterio Europeo. Para otras configuraciones contactar con ULMA.

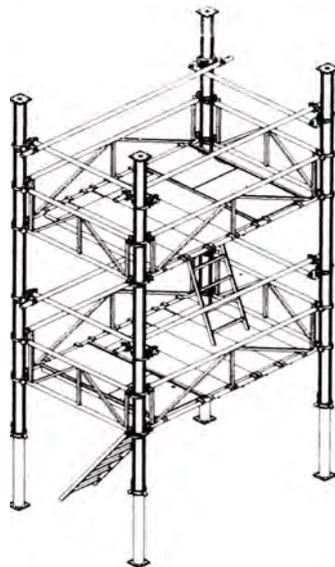
Salvo casos excepcionales, al unir dos puntales Aluprop hay que arriostrar dichos puntales.

Las cargas de uso son válidas tanto si se utilizan tornillos como si se utiliza la Unión Rápida para unir dos puntales Aluprop en altura y formar la torre Aluprop.

Al utilizar el marco de 0,75m hay que colocar dos marcos de 0,75m consecutivos y utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

Se recomienda montar las torres en horizontal, con posterior izado y posicionamiento. En caso contrario, se recomienda utilizar la plataforma elevadora.

Para el montaje de la torre, y sobre todo del encofrado, se deberán colocar plataformas y escaleras de acceso. Se podrá utilizar la garra-abrazadera para realizar la barandilla de seguridad.



La distancia recomendada entre marcos es de 2m para montar una torre con plataformas.

Al utilizar las tablas 4.2 ó 5.2 ó 6.2 ó 7.2, se recomienda montar una torre con marcos de arriostramiento con distancia entre ellos 2m para facilitar el acceso seguro.

Se muestra el resumen de arriostramientos entre torres y diagonales horizontales que hay que utilizar dependiendo de la altura de la torre (Resumen 1).

Se muestran plantas tipo para ver cómo hay que colocar los arriostramientos entre torres (Resumen 2).

Las cargas son para condiciones **con viento** de:

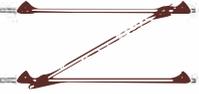
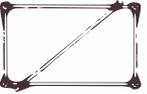
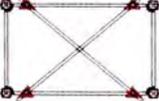
- 0 kN/m<sup>2</sup> (sin viento).
- 0,2 kN/m<sup>2</sup> (64,4 Km/h).
- 0,5 kN/m<sup>2</sup>. (101,8 Km/h).
- 0,8 kN/m<sup>2</sup>. (128,8 Km/h).
- 1,1 kN/m<sup>2</sup>. (151 Km/h).

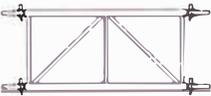
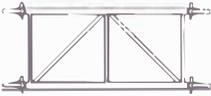
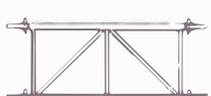
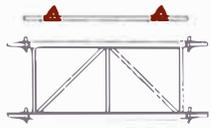
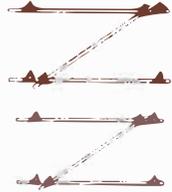
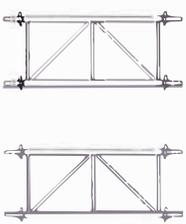
La denominación de las torres Aluprop vienen definidas por (WxL), siendo W el ancho de la torre y siendo L la longitud de la torre. Además la carga de las torres (kN/puntal) están tabuladas para distintas alturas (H).

En las tablas de cargas de las torres calculadas con viento, se considera que el viento actúa por la cara más desfavorable de la torre. Por lo tanto, las cargas de uso dadas para las torres WxL son las mínimas de los dos casos calculados con viento: WxL y LxW.

Las cargas son para torres sueltas, sin embargo, puede ser necesario arriostrar las torres por estabilidad (teniendo en cuenta el criterio general de que la altura de la torre dividida entre la base menor de la torre sea menor o igual a 3) o cuando las condiciones de viento así lo requieran.

Simbología:

<u>DIBUJO</u>	<u>EXPLICACIÓN</u>
	Diagonal horizontal
	Abrazadera giratoria $\varnothing 48$ o Garra-Abrazadera
	Tubo $\varnothing 48$
	*Abrazadera giratoria $\varnothing 48$ con Tubo $\varnothing 48$ *Garra-abrazadera con Tubo $\varnothing 48$ Llamado BRAZO en el documento
	Dos BRAZOS y una diagonal de brazo a brazo
	Vista planta de la Torre. Torre formada con marcos de arriostramiento
	Vista planta de la Torre con una diagonal horizontal
	Vista planta de la Torre con dos diagonales horizontales
	Vista planta: dos torre con dos diagonales horizontales por torre arriostradas con marco de arriostramiento
	Vista planta: dos torre con dos diagonales horizontales por torre arriostradas con abrazadera y tubo (BRAZO).

ALTURA	ARRIOSTRAMIENTO entre Torres (con BRAZOS o Marcos de arriostramiento)		DIAGONALES HORIZONTALES
h ≤ 6 m (1 puntal)	NO		nº diag. horizontales: 1
h ≤ 6 m (2 puntal)	 1 BRAZO  1 marco de arriostramiento		nº diag. horizontales: 1
6m < h ≤ 7m	 2 BRAZO + 1 diagonal  1 marco de arriostramiento		nº diag. horizontales: 1
7m < h ≤ 8m	 2 BRAZO + 1 diagonal  1 marco de arriostramiento		nº diag. horizontales: 2
8m < h ≤ 10m	 3 BRAZO + 1 diagonal  1 marco de arriostramiento + 1 brazo		nº diag. horizontales: 2
10m < h ≤ 12m	 4 BRAZO + 2 diagonal  2 marco de arriostramiento		nº diag. horizontales: 3

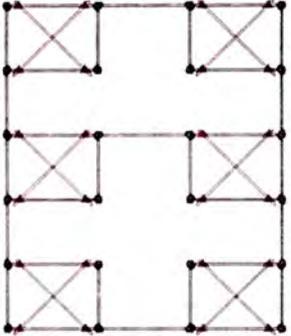
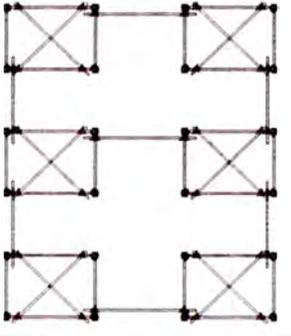
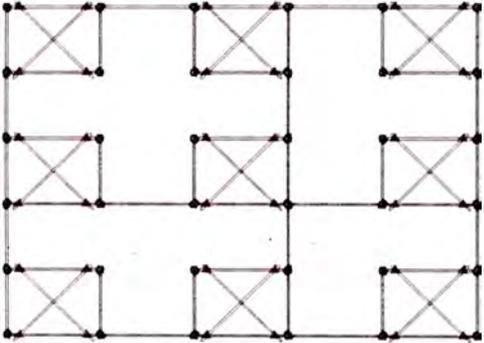
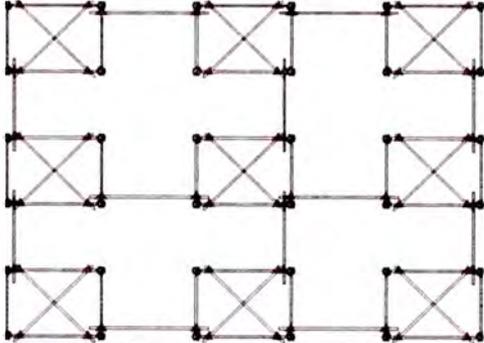
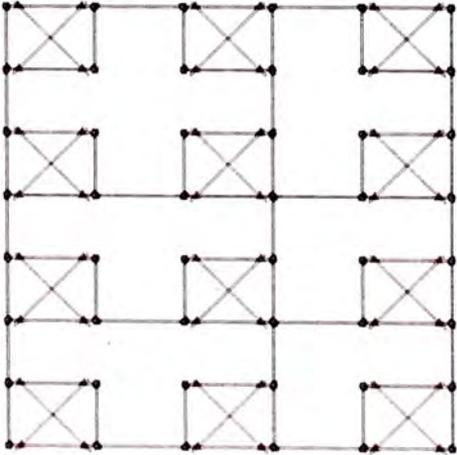
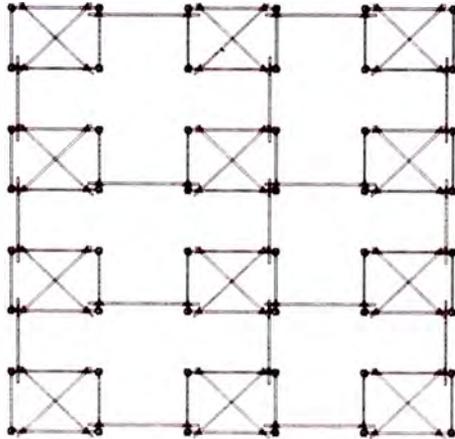
 = Diagonal horizontal

**Modo:**

Con tubo y abrazadera

**Colocación:**

- Torre montada en el suelo, obligatorio.
- Mesas: obligatorio.
- CC-4: recomendado (medir previamente las diagonales).

<b>ARRIOSTRAMIENTO entre Torres con MARCO de ARRIOSTRAMIENTO</b>	<b>ARRIOSTRAMIENTO CON TUBO Y ABRAZADERA</b>
 <p>A diagram showing a 3x2 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by a horizontal frame of bracing at the top and bottom, and vertical bracing members between the towers.</p>	 <p>A diagram showing a 3x2 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by horizontal tubes and vertical brackets between the towers.</p>
 <p>A diagram showing a 3x3 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by a horizontal frame of bracing at the top and bottom, and vertical bracing members between the towers.</p>	 <p>A diagram showing a 3x3 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by horizontal tubes and vertical brackets between the towers.</p>
 <p>A diagram showing a 4x3 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by a horizontal frame of bracing at the top and bottom, and vertical bracing members between the towers.</p>	 <p>A diagram showing a 4x3 grid of truss towers. Each tower is a square with two diagonal bracing members forming an 'X'. The towers are connected by horizontal tubes and vertical brackets between the towers.</p>

**Tabla 6.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 2,2-3,7 con cuatro Marcos de Arriostramiento en altura.**

- Hay que colocar dos diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostramiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

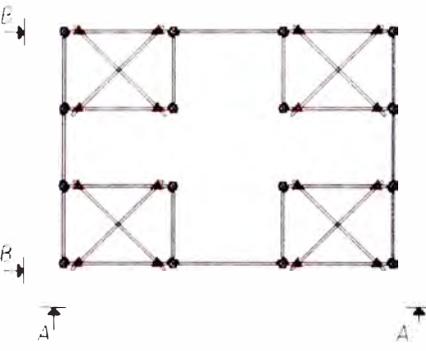
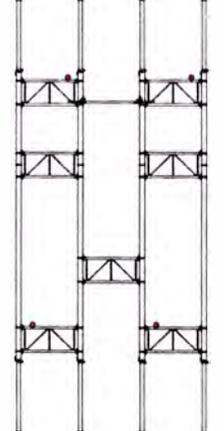
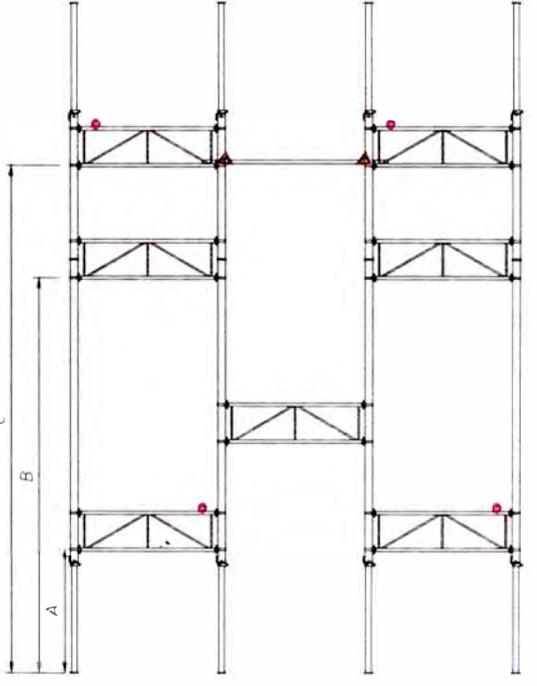
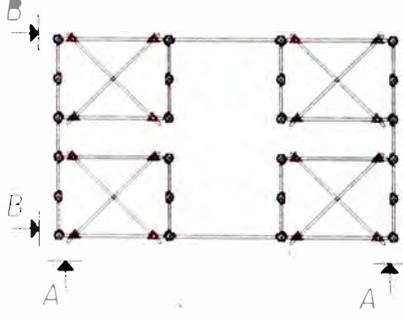
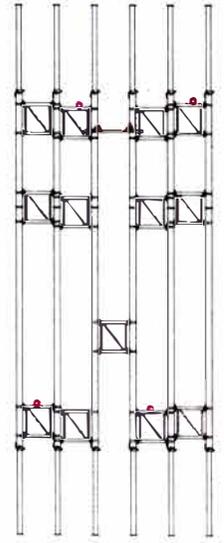
	PLANTA	SECCION TRANSVERSAL B-B	SECCION LONGITUDINAL A-A
			<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos:  A=1820mm; B=3650mm  C=5520mm; D=7360mm</p>
Para torres con marco 0,75			

**CARGAS DE USO 6.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 2,2-3,7 con cuatro Marcos de Arriostamiento en altura.  
VALORES EN kN/Puntal.**

H (m)	Viento=0 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,2 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,5 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,8 kN/m <sup>2</sup>						Viento=1,1 kN/m <sup>2</sup>					
	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.
6,70	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
6,80	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
6,90	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
7,00	65,0	70,0	70,0	70,0	70,0	65,2	64,5	70,0	70,0	70,0	70,0	65,0	64,0	70,0	70,0	70,0	64,8	63,5	70,0	70,0	70,0	70,0	64,6	83,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	64,4
7,10	62,2	70,0	67,1	70,0	67,1	62,4	61,7	70,0	67,0	70,0	66,9	62,2	61,2	70,0	66,8	70,0	66,8	61,9	60,7	70,0	66,3	70,0	68,3	61,5	60,2	70,0	66,0	70,0	66,0	61,1
7,20	57,0	68,0	63,6	68,0	63,8	57,0	56,5	67,5	63,3	67,5	63,3	56,5	56,0	87,0	62,9	87,0	82,8	56,0	55,5	66,5	62,6	66,5	82,8	55,5	55,0	66,0	62,2	88,0	62,1	55,0
7,30	52,4	64,0	63,3	64,0	63,3	52,6	51,9	63,5	62,6	63,5	62,5	52,1	51,4	63,3	61,5	63,1	61,4	51,6	50,9	62,4	60,4	62,3	60,4	51,1	50,4	61,9	59,4	61,9	59,2	50,6
7,40	51,0	62,3	54,8	62,3	54,8	51,2	50,5	81,5	54,3	81,4	54,3	50,7	50,0	59,2	53,8	58,9	53,8	50,2	49,5	57,2	53,3	56,9	53,3	49,7	49,0	56,4	52,8	56,4	52,8	49,2
7,50	50,9	62,2	52,4	62,2	52,4	51,1	50,4	61,3	52,0	61,2	52,0	50,6	49,9	59,0	51,5	58,6	51,5	50,1	49,4	56,0	51,0	55,5	51,0	49,6	48,9	53,6	50,5	53,1	50,5	49,1
7,60	50,8	62,0	51,4	62,0	51,4	51,0	50,3	81,0	51,0	60,9	51,0	50,5	49,8	58,8	50,5	56,2	50,5	50,0	49,3	55,8	50,0	55,1	50,0	49,5	48,8	53,0	49,5	52,7	49,5	49,0
7,70	50,7	61,7	51,3	61,7	51,3	50,9	50,2	60,7	50,8	60,6	50,8	50,4	49,7	58,0	50,3	57,6	50,3	49,9	49,2	55,0	49,6	54,5	49,6	49,4	48,7	52,4	49,0	52,4	49,0	48,9
7,80	50,8	60,9	51,2	60,9	51,2	50,9	50,1	60,2	50,7	60,2	50,7	50,4	49,8	57,4	50,0	57,4	50,0	49,6	49,1	54,3	49,3	53,8	49,3	49,1	48,6	51,8	48,5	51,2	48,5	48,6
7,90	50,5	57,8	51,1	57,8	51,1	50,8	50,0	57,3	50,5	57,3	50,5	50,3	49,5	56,5	49,8	56,1	49,8	49,3	49,0	53,4	48,9	52,9	48,9	48,8	48,5	50,8	48,0	50,2	48,0	48,3
8,00	50,3	56,2	51,0	56,2	51,0	50,7	49,8	55,7	50,4	55,7	50,4	50,2	49,3	55,5	49,5	55,1	49,5	49,0	48,8	52,4	48,8	51,9	48,8	48,5	48,3	49,7	47,5	48,1	47,5	48,0
8,10	50,1	55,6	50,9	55,6	50,9	50,7	49,6	55,1	50,2	55,1	50,2	50,2	49,1	54,4	49,3	54,0	49,3	48,6	48,6	51,3	48,2	50,7	48,2	48,1	48,1	47,3	47,0	47,3	47,0	47,6
8,20	49,9	55,2	50,8	55,2	50,8	50,8	49,4	54,7	50,1	54,7	50,1	49,8	48,9	53,3	49,0	52,9	49,0	48,1	48,4	48,9	47,8	48,3	47,8	47,8	47,9	47,0	46,5	47,0	48,5	47,1
8,30	49,7	54,9	50,7	54,9	50,7	50,5	49,2	54,4	49,9	54,4	49,9	48,3	48,7	52,1	48,8	51,7	48,8	47,7	48,2	48,7	47,5	48,2	47,5	47,2	46,1	46,6	46,0	46,6	46,7	
8,40	49,5	54,5	50,8	54,5	50,8	50,4	49,0	54,0	49,8	54,0	49,8	48,2	48,5	49,7	48,5	49,2	48,5	47,6	48,0	48,5	47,1	48,0	47,1	47,1	45,3	46,3	45,5	46,3	45,5	48,8
8,50	49,3	54,1	50,5	54,1	50,5	50,4	48,8	53,5	49,6	53,3	49,6	48,1	48,3	49,5	48,3	48,7	48,3	47,6	47,5	48,3	46,8	47,8	46,8	47,1	44,7	45,9	45,0	45,3	45,0	46,6
8,60	48,6	53,7	50,4	53,7	50,4	50,3	46,1	52,0	49,5	51,8	49,5	48,0	45,6	49,3	48,0	48,3	48,0	47,5	45,1	48,9	46,4	48,4	48,4	47,0	43,8	44,3	44,5	43,5	44,5	46,5
8,70	46,1	51,3	50,3	51,3	50,3	50,3	45,6	50,7	49,3	50,6	49,3	47,9	45,1	48,2	47,8	47,8	47,8	47,4	44,6	45,3	46,0	44,8	46,0	46,9	42,3	42,5	44,0	41,2	44,0	46,4
8,80	45,8	51,0	50,2	51,0	50,2	50,3	45,1	48,8	49,2	48,5	49,2	47,8	44,8	48,8	47,5	48,2	47,5	47,3	43,1	43,7	45,7	43,2	45,7	48,8	40,5	40,8	43,5	39,0	43,5	45,4
8,90	44,2	48,6	50,1	48,6	50,1	50,2	43,7	48,0	49,0	48,0	48,9	47,7	43,2	45,0	47,3	44,7	47,1	47,2	41,4	42,0	45,3	41,4	44,9	45,8	39,4	38,7	43,0	37,1	42,4	44,3
9,00	44,0	48,1	48,2	48,1	48,2	47,6	43,5	46,8	47,3	46,5	47,2	47,3	42,4	43,5	45,6	43,0	45,4	44,7	39,7	40,3	43,4	39,6	43,1	43,1	36,4	36,3	41,3	34,6	40,8	41,8
9,10	42,1	46,5	46,6	46,5	46,6	45,6	41,2	45,6	45,8	45,6	45,7	45,5	39,9	42,9	43,8	42,7	43,5	42,6	37,8	38,8	41,7	38,1	41,3	40,8	36,8	36,0	39,5	33,7	38,9	39,5
9,20	38,3	44,2	44,8	44,2	44,8	43,7	37,4	43,5	43,6	43,4	43,5	43,3	38,7	42,3	42,0	42,1	41,8	40,5	35,1	38,5	40,2	37,1	39,8	38,8	34,5	33,8	37,8	33,1	37,1	37,1
9,30	36,3	41,9	42,4	41,9	42,4	42,6	34,7	41,2	41,0	41,1	40,9	42,1	33,4	39,8	39,4	39,7	39,2	38,2	32,9	36,9	37,8	35,3	37,5	36,5	32,3	31,9	36,3	30,9	35,7	35,0
9,40	35,7	41,2	42,1	41,2	42,1	41,8	34,1	40,3	40,4	40,3	40,3	39,8	31,8	38,4	39,1	38,1	39,1	37,9	30,6	34,1	38,7	33,4	36,7	35,9	29,9	30,4	33,9	29,1	33,5	34,2
9,50	34,9	39,7	40,6	39,7	40,6	40,3	33,5	39,5	38,8	39,3	38,8	38,4	30,2	36,4	38,8	36,0	37,9	37,8	28,0	32,1	35,6	31,3	35,1	35,6	28,6	28,9	33,1	28,0	32,6	33,7
9,60	34,1	38,1	39,1	38,1	39,1	39,0	31,5	36,8	37,2	36,5	37,1	37,1	28,1	33,8	37,2	33,4	34,6	34,8	25,8	29,5	32,6	29,2	32,3	32,8	28,0	28,8	30,4	26,4	29,9	31,1
9,70	31,6	35,2	37,8	35,2	37,8	38,1	29,2	32,9	35,4	32,7	35,3	36,6	26,0	29,8	35,4	29,5	32,2	33,7	23,1	25,6	30,0	25,3	29,6	31,1	22,6	24,6	24,3	27,4	29,0	29,0

**Tabla 6.2: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 2,2-3,7 con tres Marcos de Arriostramiento en altura.**

- Hay que colocar dos diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostramiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

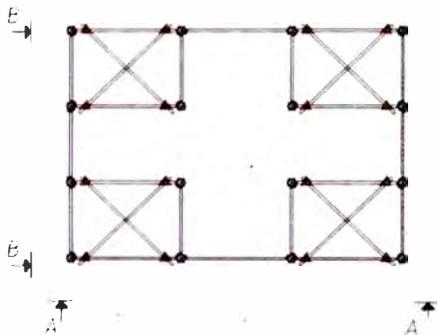
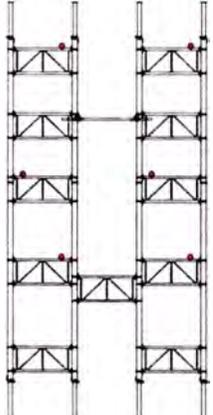
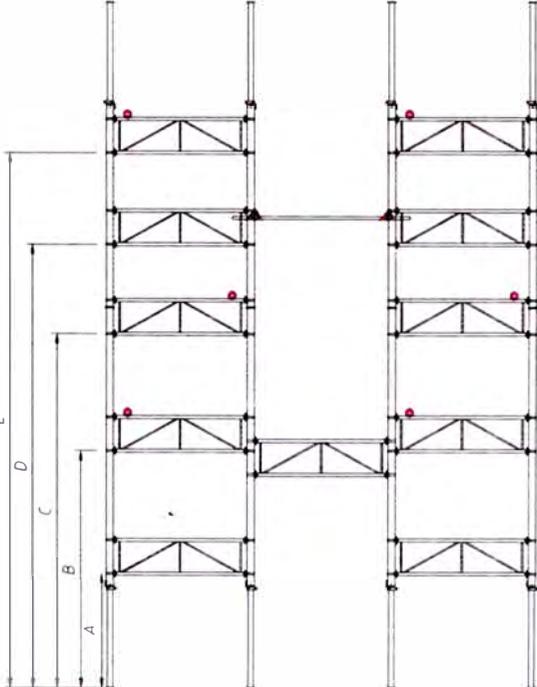
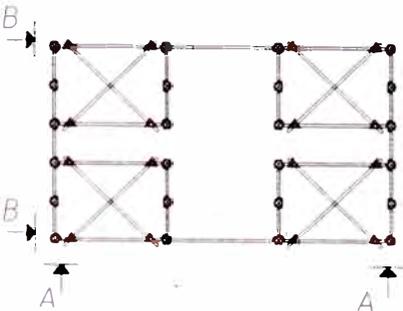
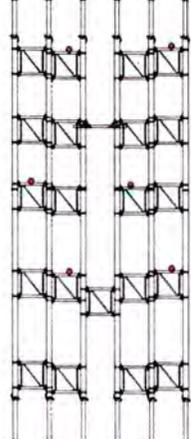
	PLANTA	SECCION TRANSVERSAL B-B	SECCION LONGITUDINAL A-A
			
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Para torres con marco 0,75</b></p>			<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos: A=1820mm; B=5740mm; C=7360mm</p>

### **CARGAS DE USO 6.2: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 2,2-3,7 con tres Marcos de Arriostamiento en altura.** **VALORES EN kN/Puntal.**

H (m)	Viento=0 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,2 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,5 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,8 kN/m <sup>2</sup>						Viento=1,1 kN/m <sup>2</sup>					
	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.
6,70	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	65,0	60,0	60,0	60,0	60,0	65,0	58,5	60,0	60,0	60,0	60,0	65,0	57,0	60,0	60,0	60,0	65,0	55,7	60,0	60,0	59,9	60,0	65,0		
6,80	60,0	80,0	60,0	80,0	60,0	64,3	59,2	80,0	60,0	60,0	60,0	64,3	57,5	60,0	60,0	60,0	60,0	64,2	58,0	60,0	60,0	60,0	64,2	54,7	59,4	60,0	59,0	80,0	64,1	
6,90	59,4	60,0	60,0	60,0	60,0	63,6	58,3	60,0	60,0	60,0	60,0	63,6	56,4	60,0	60,0	60,0	60,0	63,4	55,1	60,0	60,0	60,0	63,3	53,6	58,6	60,0	58,2	60,0	63,2	
7,00	58,6	60,0	60,0	60,0	60,0	62,9	57,2	60,0	60,0	60,0	60,0	62,9	55,4	60,0	60,0	60,0	60,0	62,7	54,0	59,8	60,0	59,5	60,0	62,5	52,8	60,0	57,5	60,0	62,2	
7,10	57,5	60,0	60,0	60,0	60,0	62,3	56,0	60,0	60,0	60,0	60,0	62,2	54,3	60,0	60,0	60,0	60,0	61,9	53,8	59,2	60,0	59,0	60,0	61,6	51,5	57,8	60,0	58,8	60,0	61,3
7,20	58,4	60,0	59,7	60,0	59,7	61,8	55,3	60,0	59,5	60,0	59,5	61,5	53,3	60,0	59,3	59,8	59,5	61,1	52,8	58,6	59,2	58,5	59,4	60,6	50,5	57,4	59,0	58,1	59,3	60,4
7,30	55,3	59,7	59,4	59,7	59,4	60,9	54,1	59,5	59,1	59,6	59,1	60,7	52,3	59,4	58,7	59,1	58,9	60,3	51,7	58,0	58,3	58,0	58,8	59,9	49,5	57,0	58,1	55,4	58,6	59,5
7,40	54,1	59,4	59,0	59,4	59,0	60,2	52,9	59,0	58,6	59,3	58,6	60,0	51,3	58,8	58,0	58,7	58,4	59,8	50,8	57,3	57,5	57,5	58,1	59,1	48,4	56,8	57,1	54,6	57,9	58,6
7,50	53,1	59,1	58,7	59,1	58,7	59,5	51,6	58,5	58,1	58,9	58,1	59,3	50,3	58,2	57,4	58,2	57,8	58,8	49,6	58,7	58,7	57,0	57,5	58,2	47,4	58,2	56,1	53,9	57,2	57,7
7,80	51,9	58,8	58,4	58,8	58,4	58,8	50,6	58,0	57,7	58,5	57,6	58,6	49,3	57,8	56,7	57,8	57,3	58,0	48,5	58,1	55,8	56,5	58,9	57,4	46,3	55,8	55,2	53,2	56,5	58,7
7,70	51,0	58,5	58,1	58,5	58,1	58,2	49,6	57,6	57,2	58,1	57,2	57,9	48,2	57,0	56,1	57,3	56,8	57,2	47,4	55,5	55,0	56,0	58,3	56,5	45,3	55,4	54,2	52,9	55,8	55,8
7,80	50,1	56,3	57,8	58,3	57,8	57,5	48,7	57,1	56,8	57,8	56,7	57,2	47,2	56,4	55,4	58,9	56,2	56,5	46,3	54,9	54,2	55,5	55,7	55,7	44,2	53,5	53,2	52,7	55,0	54,9
7,90	49,2	58,0	57,5	58,0	57,5	56,8	47,7	56,6	56,3	57,4	56,2	56,5	46,2	55,8	54,7	56,4	55,7	45,2	54,3	53,3	55,0	55,0	54,8	43,2	51,6	52,3	51,1	54,3	54,0	
8,00	48,4	57,7	57,1	57,7	57,1	56,1	46,7	56,1	55,8	57,0	55,8	55,8	45,2	55,2	54,1	58,0	55,2	44,2	53,7	52,5	53,0	54,4	54,0	42,2	50,0	51,3	50,3	53,6	53,1	
8,10	47,5	57,4	56,8	57,4	56,8	55,4	45,7	55,6	55,4	58,6	55,3	55,1	44,2	54,6	53,4	55,5	54,6	43,1	51,8	51,7	51,1	53,8	53,2	41,1	49,0	50,3	49,6	52,9	52,1	
8,20	46,6	57,1	56,5	57,1	56,5	54,7	44,7	55,1	54,9	58,3	54,8	54,4	43,2	54,0	52,8	55,1	54,1	42,0	50,2	50,8	50,3	53,2	52,3	40,1	48,1	49,4	48,8	52,2	50,2	
8,30	45,7	56,8	56,2	56,8	56,2	54,1	43,7	54,6	54,4	55,9	54,3	53,7	42,2	53,4	52,1	52,2	53,5	40,9	49,6	50,0	49,5	52,6	50,4	39,0	47,1	49,0	48,1	49,9	48,3	
8,40	44,8	56,5	55,9	56,5	55,9	53,4	42,7	54,1	54,0	55,5	53,9	52,9	41,2	52,8	51,5	50,3	53,0	39,9	48,9	49,2	48,7	50,2	48,6	38,0	46,2	48,5	47,3	48,0	46,5	
8,50	43,9	56,2	55,6	56,2	55,6	52,7	41,7	53,7	53,5	53,5	53,4	51,1	40,2	52,2	50,8	49,1	50,6	38,8	48,3	48,4	47,8	48,0	46,9	38,9	45,2	46,5	46,6	46,0	44,9	
8,80	43,0	54,2	52,7	54,2	52,7	48,4	40,7	51,7	50,9	51,5	50,8	47,4	39,2	50,4	48,5	48,0	48,3	37,7	47,6	46,7	47,0	46,3	45,2	35,9	44,3	44,5	45,8	44,1	43,3	
8,70	42,1	52,2	46,9	52,2	46,9	46,4	39,7	49,7	46,7	49,6	46,6	45,5	38,1	48,6	46,5	46,8	46,3	36,6	47,0	44,8	46,2	44,4	43,6	34,8	43,3	42,7	45,1	42,2	41,7	
8,80	41,2	50,1	44,8	50,1	44,8	44,8	38,7	47,7	44,1	47,5	44,1	43,6	37,1	46,8	44,0	45,7	43,9	35,5	46,3	42,8	45,4	42,5	41,4	33,8	42,4	40,8	41,7	40,4	40,1	
8,90	40,3	48,1	42,8	48,1	42,8	42,8	37,7	46,6	41,8	46,4	41,7	41,7	36,1	45,0	41,5	44,5	41,5	34,5	42,5	41,0	42,1	40,7	39,1	32,8	39,9	39,1	39,3	38,7	38,6	
9,00	39,4	46,1	40,9	46,1	40,9	41,0	36,8	45,4	39,9	45,2	39,9	39,9	35,1	41,8	38,8	42,3	38,8	33,4	39,8	38,5	39,4	38,4	37,2	31,7	37,6	37,3	37,1	37,0	36,4	
9,10	38,5	41,4	39,1	41,4	39,1	39,2	35,8	41,2	38,2	41,7	38,1	38,2	34,1	40,0	36,7	39,8	38,6	32,3	37,8	36,1	37,4	36,1	35,4	30,7	36,1	35,4	30,7	35,3	34,4	
9,20	37,6	37,4	37,2	37,4	37,2	37,4	34,8	37,2	38,3	37,0	36,2	36,4	33,1	37,0	34,9	38,9	34,8	31,2	35,8	33,8	35,4	33,7	33,6	29,8	33,8	33,7	33,2	33,8	32,4	
9,30	35,7	35,3	35,4	35,3	35,4	37,0	33,8	34,3	35,3	34,4	35,2	35,8	32,1	34,1	34,6	34,0	34,4	34,7	30,1	33,5	33,1	33,2	33,0	33,1	28,6	31,3	32,3	30,9	32,0	31,3
9,40	33,8	34,8	34,8	34,8	34,8	38,5	32,8	33,6	34,3	33,6	34,3	35,3	31,1	33,3	34,3	33,1	34,1	34,4	29,1	31,0	32,5	30,7	32,2	32,6	27,5	28,9	30,7	28,5	30,4	30,8
9,50	32,0	34,3	34,3	34,3	34,3	36,1	31,8	32,9	33,3	32,8	32,3	34,7	30,1	30,8	32,6	30,6	32,4	32,8	28,0	28,7	30,8	28,4	30,5	31,0	26,5	26,8	29,1	26,4	28,7	29,3
9,80	30,2	32,7	33,8	32,7	33,8	34,1	29,0	30,8	32,4	30,7	32,3	32,6	27,1	28,7	30,5	28,5	30,4	30,7	25,3	28,8	28,8	28,5	28,6	29,4	27,2	25,4	26,8	27,2	27,7	27,7
9,70	27,9	30,7	31,3	30,7	31,3	32,9	28,5	29,4	30,6	29,3	30,5	31,6	24,6	27,5	28,7	27,3	28,5	29,7	23,0	26,0	27,0	25,2	26,7	27,9	21,5	25,7	25,3	24,7	25,0	26,2

**Tabla 7.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 3,3-4,8 con cinco Marcos de Arriostamiento en altura.**

- Hay que colocar tres diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostamiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

	PLANTA	SECCION TRANSVERSAL B-B	SECCION LONGITUDINAL A-A
			
<p><b>Para torres con marco 0,75</b></p>			<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos:</p> <p>A=1820mm; B=3750mm; C=5580mm D=6980mm; E=8420mm</p>

#### CARGAS DE USO 7.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 3,3-4,8 con cinco Marcos de Arriostamiento en altura.

#### VALORES EN kN/Puntal.

H (m)	Viento=0 kN/m <sup>2</sup>					Viento=0,2 kN/m <sup>2</sup>					Viento=0,5 kN/m <sup>2</sup>					Viento=0,8 kN/m <sup>2</sup>					Viento=1,1 kN/m <sup>2</sup>									
	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	
7,80	48,0	48,0	46,0	46,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0		
7,90	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0		
8,00	46,0	48,0	46,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	46,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0		
8,10	47,9	47,9	47,7	47,9	47,7	47,9	47,7	47,9	47,6	47,9	47,9	47,5	47,8	47,6	47,6	47,8	47,3	47,1	47,5	47,6	47,5	47,8	47,7	47,1	47,5	47,5	47,4	47,5	47,6	
8,20	47,9	47,9	47,4	47,9	47,4	47,9	47,7	47,9	47,3	47,9	47,3	47,8	47,5	47,3	47,2	47,3	47,2	47,6	47,3	47,1	47,2	47,1	47,2	47,4	47,1	47,0	47,1	48,9	47,1	47,1
8,30	47,9	47,9	47,1	47,9	47,1	47,9	47,7	47,9	48,9	47,9	48,9	47,6	47,5	46,9	48,8	46,9	48,8	47,4	47,3	46,8	46,8	48,8	48,8	47,1	47,1	46,5	46,8	46,3	48,8	46,7
8,40	47,8	47,6	46,8	47,8	48,8	47,6	47,6	47,6	46,6	47,8	46,6	47,5	47,4	46,6	46,4	46,6	48,4	47,2	47,2	46,2	46,4	46,2	46,4	46,8	47,0	46,0	46,2	45,7	46,2	46,3
8,50	47,8	47,8	46,5	47,8	46,5	47,8	47,8	47,8	46,2	47,8	46,2	47,4	47,4	46,2	48,0	46,2	46,0	46,9	47,2	45,7	46,0	45,7	46,0	46,5	47,0	45,5	45,7	45,2	45,7	45,8
8,60	47,7	47,7	46,2	47,7	46,2	47,8	47,5	47,7	45,8	47,7	45,6	47,3	47,3	45,9	45,6	45,9	45,6	46,7	47,1	45,3	45,6	45,3	46,0	46,2	46,9	44,9	45,2	44,6	45,2	45,4
8,70	47,2	47,2	45,9	47,2	45,9	47,7	47,0	47,2	45,5	47,2	45,5	47,2	48,8	45,5	45,3	45,5	45,3	46,5	48,8	44,8	45,2	45,0	45,2	45,9	46,8	44,0	44,8	43,7	44,8	44,9
8,80	46,6	48,6	45,7	46,6	45,7	47,7	46,4	46,6	45,1	46,6	45,1	47,0	46,2	45,2	44,9	45,2	44,9	48,3	46,0	44,3	44,8	44,1	44,8	45,6	45,6	43,0	44,3	42,6	44,3	44,5
8,90	46,0	48,0	45,4	48,0	45,4	47,8	45,8	48,0	44,8	48,0	44,8	46,9	45,6	44,8	44,5	44,8	44,5	48,1	45,4	43,4	44,4	43,1	44,4	45,3	45,2	41,9	43,8	41,5	43,8	44,1
9,00	45,5	45,5	45,1	45,5	45,1	47,6	45,3	45,5	44,4	45,5	44,4	46,8	45,1	43,9	44,1	43,7	44,1	45,9	44,9	42,4	44,0	42,0	44,0	45,1	44,7	41,5	43,4	40,9	43,4	43,6
9,10	44,9	44,9	44,8	44,9	44,8	47,6	44,7	44,9	44,0	44,9	44,0	46,7	44,5	43,5	43,7	43,5	43,7	45,7	44,3	41,4	43,8	41,0	43,8	44,8	44,1	41,1	42,9	40,4	42,9	43,2
9,20	44,4	44,4	44,5	44,4	44,5	47,5	44,2	44,4	43,7	44,4	43,7	46,6	44,0	43,1	43,3	43,1	43,3	45,5	43,6	40,4	43,2	40,1	43,2	44,5	43,6	40,2	42,5	39,8	42,5	42,8
9,30	43,8	43,8	44,2	43,8	44,2	47,5	43,6	43,8	43,3	43,8	43,3	48,4	43,4	42,7	42,9	42,7	42,9	45,3	43,2	40,2	42,8	39,1	42,8	44,2	43,0	40,1	42,0	38,9	42,0	42,3
9,40	43,2	43,2	43,9	43,2	43,9	47,4	43,0	43,2	42,9	43,2	42,9	46,3	42,8	42,3	42,5	42,3	42,5	45,1	42,6	40,1	42,4	36,7	42,4	43,9	42,4	39,8	41,5	36,4	41,5	41,9
9,50	42,7	42,7	43,6	42,7	43,6	47,4	42,5	42,7	42,8	42,7	42,8	46,2	42,3	41,8	42,1	41,8	42,1	44,8	42,1	39,9	42,0	38,4	42,0	43,6	41,9	39,4	41,1	38,0	41,1	41,5
9,60	42,1	42,1	43,3	42,1	43,3	47,4	41,9	42,1	42,2	42,1	42,2	46,1	41,7	41,4	41,7	41,4	41,7	44,6	41,5	39,7	41,6	38,1	41,6	43,3	41,3	39,0	40,6	37,6	40,6	41,0
9,70	41,8	41,8	43,0	41,8	43,0	47,3	41,4	41,8	41,9	41,6	41,9	45,9	41,2	41,0	41,3	41,0	41,3	44,4	41,0	39,8	41,2	37,8	41,2	43,0	40,8	38,8	40,1	37,0	40,1	40,8
9,80	41,0	41,0	42,7	41,0	42,7	47,3	40,6	41,0	41,5	41,0	41,5	45,6	40,6	40,9	40,6	40,9	44,2	40,4	39,4	40,8	37,5	40,8	42,7	39,6	38,1	39,7	36,5	39,7	40,2	
9,90	40,4	40,9	42,4	40,9	42,4	47,2	40,2	40,5	41,1	40,5	41,1	45,7	40,0	40,1	40,8	40,1	40,8	44,0	39,8	39,3	40,4	37,1	40,4	42,4	37,9	37,7	39,2	35,9	39,2	39,7
10,00	39,9	40,7	42,1	40,7	42,1	47,2	39,7	40,1	40,8	40,1	40,8	45,6	39,5	39,7	40,2	39,7	40,2	43,8	39,3	39,1	40,0	36,8	40,0	42,1	36,4	36,7	36,8	35,4	38,8	39,3
10,10	39,3	40,8	41,8	40,8	41,8	45,7	39,1	39,8	40,4	39,8	40,4	45,2	38,9	39,3	39,8	39,3	39,8	43,1	38,4	38,9	39,8	38,5	39,8	41,1	35,1	35,9	38,3	34,8	38,3	38,9
10,20	36,2	40,5	41,6	40,5	41,6	43,8	36,4	39,2	40,1	39,2	40,1	43,2	36,2	38,9	39,4	38,9	39,4	41,0	35,7	38,4	39,2	36,2	39,2	39,1	34,4	33,2	36,6	32,5	36,6	37,0
10,30	37,5	40,3	41,3	40,3	41,3	41,8	35,4	38,7	39,7	38,7	39,7	41,5	34,3	38,5	39,0	38,5	39,0	40,8	33,0	34,5	38,4	33,8	38,4	38,2	31,8	30,9	35,3	30,1	35,3	35,8
10,40	36,6	40,2	41,0	40,2	41,0	40,9	34,4	38,3	39,3	36,3	39,3	40,3	31,3	38,0	38,6	37,6	38,3	36,2	30,0	32,3	36,3	31,6	35,9	35,6	29,1	26,6	33,5	27,9	32,6	33,6
10,50	35,2	40,0	40,7	40,0	40,7	39,6	33,4	37,8	39,0	37,7	38,8	38,7	29,5	35,6	37,4	35,5	37,2	36,5	27,7	30,5	35,3	29,8	34,8	34,5	28,6	26,6	32,8	25,8	31,7	32,3
10,60	33,6	39,9	39,4	39,9	39,4	36,5	31,4	37,4	38,8	37,1	36,6	38,5	27,7	33,6	36,0	33,2	35,6	35,5	25,5	29,6	32,9	28,0	32,4	33,6	24,5	24,5	30,5	23,7	30,0	30,0
10,70	32,1	37,7	36,1	37,7	36,1	37,4	29,3	34,9	36,9	34,7	36,7	37,4	25,9	31,4	33,5	31,0	33,1	34,4	23,4	27,4	30,6	25,9	30,1	31,4	22,5	23,4	28,2	22,7	27,7	27,7
10,80	29,9	34,7	36,5	34,7	36,5	36,3	27,3	32,2	33,9	32,3	33,7	34,3	24,0	28,2	30,7	27,8	30,4	31,6	21,2	26,3	28,0	24,6	20,2	22,6	25,9	21,9	25,5	25,5	25,5	25,5

**Tabla 7.2: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 3,3-4,8 con tres Marcos de Arriostramiento en altura.**

- Hay que colocar tres diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostramiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

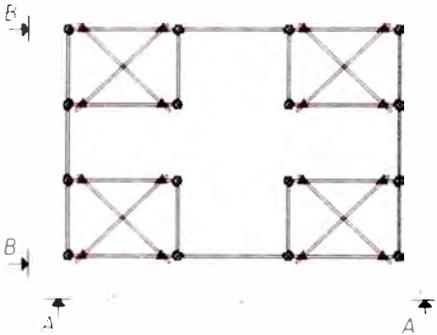
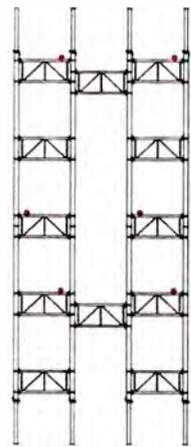
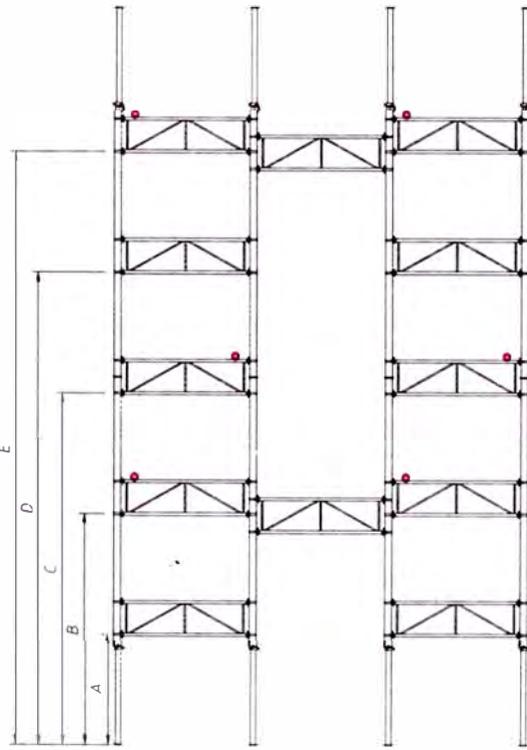
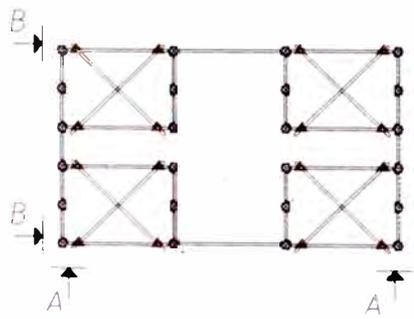
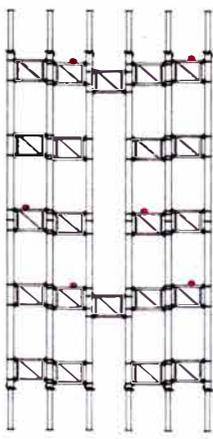
	PLANTA	SECCION TRANSVERSAL B-B	SECCION LONGITUDINAL A-A
Para torres con marco 0,75			<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos: A=1820mm; B=5580mm; C=8420mm</p>

## CARGAS DE USO 7.2: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 3,3-4,8 con tres Marcos de Arriostamiento en altura. VALORES EN kN/Puntal.

H (m)	Viento=0 kN/m2					Viento=0,2 kN/m2					Viento=0,5 kN/m2					Viento=0,8 kN/m2					Viento=1,1 kN/m2									
	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.					
7,80	53,2	47,5	80,0	47,5	80,0	59,2	53,0	45,9	80,0	45,9	80,0	57,8	52,8	45,4	58,7	45,4	58,6	55,8	52,6	44,9	56,9	44,9	56,6	53,6	52,4	44,4	53,5	44,4	53,0	51,8
7,90	53,1	47,3	80,0	47,3	80,0	58,7	52,9	45,4	80,0	45,4	59,8	57,2	52,7	44,9	58,5	44,9	58,5	55,2	52,5	44,4	56,7	44,4	56,5	53,2	52,3	43,9	53,0	43,9	52,5	51,3
8,00	53,0	47,2	80,0	47,2	80,0	58,1	52,8	45,0	59,7	45,0	59,6	56,6	52,6	44,4	58,3	44,4	58,3	54,6	52,4	44,0	56,5	44,0	56,3	52,7	52,2	43,4	52,4	43,4	52,0	50,8
8,10	53,0	46,9	80,0	46,9	80,0	57,5	52,8	44,5	59,5	44,5	59,3	56,0	52,6	43,9	58,1	43,9	58,2	53,9	52,4	43,5	56,3	43,5	56,1	52,0	52,2	43,0	51,9	43,0	51,4	50,2
8,20	52,8	46,8	80,0	46,6	80,0	56,9	52,6	44,0	59,2	44,0	59,1	55,3	52,4	43,4	57,9	43,4	57,7	53,2	52,2	43,0	56,2	43,0	56,0	51,3	52,0	42,5	51,3	42,5	50,9	49,5
8,30	52,5	46,2	80,0	46,2	80,0	56,2	52,3	43,5	59,0	43,5	58,9	54,7	52,1	43,0	57,4	43,0	57,2	52,5	51,9	42,5	53,8	42,5	53,3	50,6	51,7	42,0	50,9	42,0	50,3	48,7
8,40	51,8	45,8	80,0	45,8	80,0	55,6	51,4	43,1	58,7	43,1	58,8	54,0	51,2	42,5	56,9	42,5	56,8	51,8	51,0	42,0	52,8	42,0	52,4	49,9	50,8	41,5	50,0	41,5	49,5	47,9
8,50	51,6	45,5	59,9	45,5	59,9	54,9	51,4	42,6	58,4	42,6	58,3	53,4	51,2	42,0	56,5	42,0	56,3	51,1	51,0	41,6	51,9	41,6	51,4	49,1	50,8	41,0	49,1	41,0	48,6	47,0
8,60	51,5	45,4	59,5	45,4	59,5	54,3	51,3	42,1	57,9	42,1	57,9	52,7	51,1	41,5	55,7	41,5	55,5	50,5	50,9	41,1	50,9	41,1	50,5	48,3	50,7	40,6	48,1	40,6	47,7	46,2
8,70	51,2	45,3	57,0	45,3	57,0	53,7	51,0	41,8	58,4	41,8	58,4	52,1	50,8	41,0	55,3	41,0	55,3	49,8	50,6	40,6	49,9	40,6	49,5	47,5	50,4	40,1	47,2	40,1	46,8	45,4
8,80	50,9	45,0	56,4	45,0	56,4	53,1	50,7	41,2	55,9	41,2	55,9	51,4	50,5	40,5	54,9	40,5	54,7	49,0	50,3	40,1	49,0	40,1	48,6	46,7	50,1	39,6	46,3	39,6	45,9	44,6
8,90	50,3	44,3	55,9	44,3	55,9	52,5	50,1	40,7	54,9	40,7	54,9	50,8	49,9	40,0	51,8	40,0	51,2	48,2	49,7	39,6	48,0	39,6	47,8	45,9	49,5	39,1	45,5	39,1	45,1	43,7
9,00	49,8	44,0	53,0	44,0	53,0	51,8	49,8	40,2	52,8	40,2	52,8	50,0	49,4	39,5	50,3	39,5	50,0	47,4	49,2	39,2	47,1	39,2	46,7	45,1	49,0	38,8	44,7	38,8	44,2	42,9
9,10	49,2	43,6	52,5	43,6	52,5	51,0	49,0	39,8	51,8	39,8	51,8	49,2	48,8	39,0	49,3	39,0	49,0	46,6	48,6	38,7	46,2	38,7	45,9	44,2	48,4	38,2	43,8	38,2	43,4	42,1
9,20	48,7	43,2	52,1	43,2	52,1	50,2	48,5	39,3	51,0	39,3	51,0	48,3	48,3	38,5	48,3	38,5	48,0	45,8	48,1	38,2	45,3	38,2	45,0	43,4	47,9	37,7	42,9	37,7	42,5	41,2
9,30	48,2	42,7	51,5	42,7	51,5	49,3	48,0	38,8	50,8	38,8	50,8	47,5	47,8	38,1	47,3	38,1	46,9	44,8	47,6	37,7	44,4	37,7	44,1	42,5	47,4	37,2	42,0	37,2	41,8	40,4
9,40	47,7	42,2	50,9	42,2	50,9	48,2	47,5	38,3	49,7	38,3	49,8	46,4	47,3	37,6	46,1	37,6	45,9	43,9	47,1	37,3	43,5	37,3	43,1	41,7	46,9	36,7	41,2	36,7	40,7	39,6
9,50	47,2	41,7	50,2	41,7	50,2	47,2	47,0	37,9	48,3	37,9	48,2	45,5	46,8	37,1	45,1	37,1	44,9	43,0	46,6	36,8	42,5	36,8	42,2	40,8	46,4	36,2	40,2	36,2	39,8	38,7
9,60	46,7	41,0	49,4	41,0	49,4	46,2	46,5	37,4	47,0	37,4	46,9	44,5	46,3	36,6	44,0	36,6	43,8	42,1	46,1	36,3	41,5	36,3	41,2	39,9	45,9	35,8	39,3	35,8	38,8	37,8
9,70	45,8	40,4	48,5	40,4	48,5	45,2	45,6	36,9	45,8	36,9	45,7	43,5	45,4	36,1	42,9	36,1	42,7	41,2	45,2	35,8	40,5	35,8	40,2	39,0	45,0	35,3	38,2	35,3	37,8	36,9
9,80	44,9	39,6	45,4	39,6	45,4	44,1	44,7	36,4	44,2	36,4	44,1	42,5	44,5	35,6	41,8	35,6	41,6	40,2	44,3	35,3	39,4	35,3	39,1	38,0	44,1	34,8	37,1	34,8	36,7	36,0
9,90	43,8	38,8	44,2	38,8	44,2	43,0	43,4	36,0	43,1	36,0	43,0	41,4	43,2	35,1	40,8	35,1	40,4	39,1	43,0	34,9	38,1	34,9	37,8	36,9	42,8	34,3	35,9	34,3	35,4	34,9
10,00	42,3	37,9	42,7	37,9	42,7	41,8	42,1	35,5	41,7	35,5	41,6	40,2	41,9	34,6	39,2	34,6	38,9	37,9	41,7	34,4	36,8	34,4	36,5	35,8	41,7	33,9	34,6	33,9	34,2	33,9
10,10	40,5	36,9	41,1	36,9	41,1	40,0	40,3	35,0	40,1	35,0	40,0	38,9	40,1	34,1	37,8	34,1	37,4	36,7	39,9	33,9	35,4	33,5	35,1	34,7	35,5	33,5	33,3	33,0	32,9	32,7
10,20	38,3	35,8	39,4	35,8	39,4	37,8	38,1	34,5	38,3	34,5	38,2	37,2	37,9	33,6	38,1	33,6	35,9	35,5	36,3	32,1	33,9	32,2	33,6	33,4	33,0	31,9	31,9	31,5	31,5	31,5
10,30	38,4	34,5	36,3	34,5	36,3	36,2	38,2	34,1	35,9	34,0	35,9	35,1	36,0	33,2	34,5	32,9	34,4	34,1	33,6	31,5	32,5	30,9	32,2	32,2	31,0	30,3	30,5	29,9	30,2	30,3
10,40	34,9	33,2	34,4	33,2	34,4	34,5	34,7	32,4	33,5	32,3	33,5	33,4	33,9	31,5	33,0	31,3	32,8	32,8	31,5	30,9	31,0	29,6	30,8	30,8	29,2	28,7	29,2	28,4	28,8	29,0
10,50	34,1	32,5	33,9	32,5	33,9	34,0	33,9	31,7	32,8	31,7	33,3	32,7	31,9	30,0	31,5	29,8	31,3	31,4	29,6	29,3	29,6	28,3	29,3	29,5	27,5	27,1	27,8	27,4	27,7	27,7
10,60	33,1	31,1	33,3	31,1	33,3	33,4	32,3	31,0	32,0	30,9	31,9	32,0	29,9	27,4	30,0	29,5	29,8	30,0	27,6	27,4	28,1	27,1	27,9	28,2	25,6	25,9	26,4	25,6	26,1	26,4
10,70	31,3	30,7	31,7	30,7	31,7	31,9	29,8	29,0	30,4	28,9	30,4	30,5	27,3	26,4	28,5	27,3	28,4	28,6	25,0	25,3	26,7	25,3	26,7	25,3	23,4	24,4	25,0	24,3	24,7	25,0
10,80	28,3	28,7	30,1	28,7	30,1	30,3	28,8	27,6	28,8	27,5	28,8	29,0	23,0	25,4	27,0	25,2	26,9	27,1	22,8	24,7	25,3	24,6	25,1	25,3	21,0	22,7	23,6	22,4	23,3	23,7

**Tabla 8.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 4,5-6,0 con cinco Marcos de Arriostamiento en altura.**

- Hay que colocar tres diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostamiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

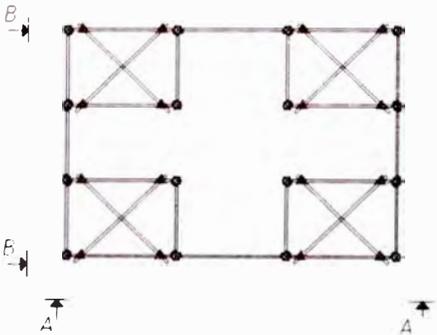
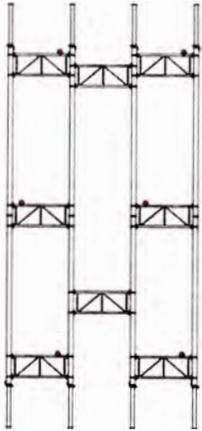
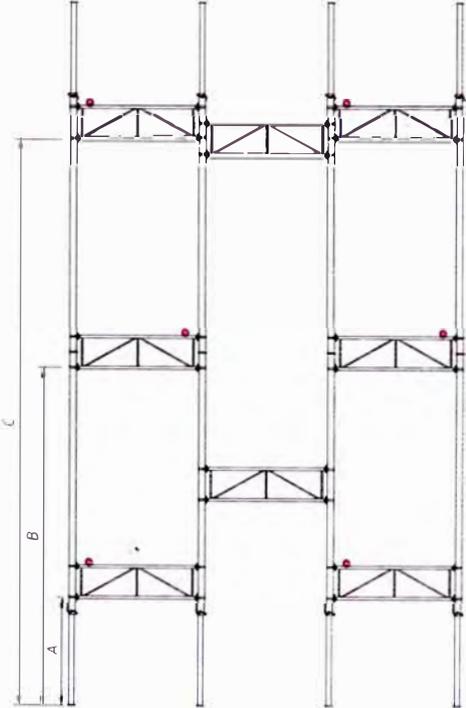
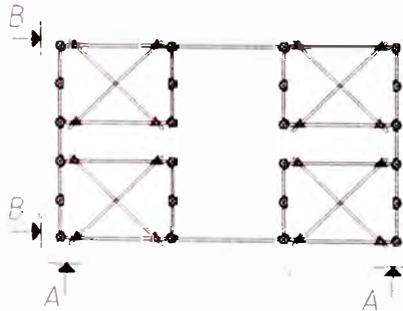
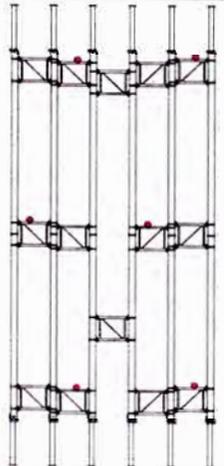
	<b>PLANTA</b>	<b>SECCION TRANSVERSAL B-B</b>	<b>SECCION LONGITUDINAL A-A</b>
			
<p><b>Para torres con marco 0,75</b></p>			<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos:  A=1820mm; B=3780mm; C=5740mm;  D=7690mm; E=9650mm</p>

## **CARGAS DE USO 8.1: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 4,5-6,0 con cinco Marcos de Arriostramiento en altura.** **VALORES EN kN/Puntal.**

H (m)	Viento=0 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,2 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,5 kN/m <sup>2</sup>						Viento=0,8 kN/m <sup>2</sup>						Viento=1,1 kN/m <sup>2</sup>					
	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.	Torre AP 1,5x1,5 m.	Torre AP 2,075x1,5 m.	Torre AP 2,075x2,075 m.	Torre AP 2,32x1,5 m.	Torre AP 2,32x2,075 m.	Torre AP 2,32x2,32 m.
9,00	80,0	80,0	60,0	60,0	60,0	60,0	59,5	59,5	60,0	59,5	60,0	60,0	59,0	59,0	60,0	59,0	60,0	60,0	58,5	58,5	60,0	58,5	60,0	60,0	58,0	58,0	60,0	58,0	60,0	60,0
9,10	58,9	58,9	80,0	58,9	80,0	80,0	58,4	58,4	80,0	58,4	80,0	80,0	57,9	57,9	80,0	57,9	80,0	80,0	57,4	57,4	80,0	57,4	80,0	80,0	58,9	58,9	80,0	58,9	80,0	80,0
9,20	57,8	57,8	60,0	57,8	60,0	60,0	57,3	57,3	60,0	57,3	60,0	60,0	56,8	56,8	60,0	56,8	60,0	60,0	56,3	56,3	60,0	56,3	60,0	60,0	55,8	55,8	60,0	55,8	60,0	60,0
9,30	58,7	58,7	58,0	58,7	58,0	58,1	58,2	58,2	57,5	58,2	57,5	55,8	55,7	55,7	57,0	55,7	57,0	55,1	55,2	55,2	58,5	55,2	58,5	54,8	54,7	54,7	58,0	54,7	58,0	54,1
9,40	55,6	55,6	56,0	55,6	58,0	53,7	55,1	55,1	55,5	55,1	55,5	53,2	54,6	54,6	55,0	54,6	55,0	52,7	54,1	54,1	54,5	54,1	54,5	54,1	54,5	52,2	53,6	53,6	54,0	53,6
9,50	54,5	54,5	54,4	54,5	54,4	51,7	54,0	54,0	53,9	54,0	53,9	51,2	53,5	53,5	53,4	53,5	53,4	50,7	53,0	53,0	52,9	53,0	52,9	53,0	52,9	50,2	52,5	52,5	52,4	52,5
9,60	53,4	53,4	51,5	53,4	51,5	49,5	52,9	52,9	51,0	52,9	51,0	49,0	52,4	52,4	50,5	52,4	50,5	48,5	51,9	51,9	50,0	51,9	50,0	51,9	50,0	48,0	51,4	51,4	49,5	51,4
9,70	52,4	52,4	49,9	52,4	50,8	48,7	51,9	51,9	49,4	51,9	50,3	48,2	51,4	51,4	48,9	51,4	49,8	47,7	50,9	50,9	48,4	50,9	49,3	47,2	50,4	50,4	47,9	50,4	48,7	48,7
9,80	51,3	51,3	48,3	51,3	50,0	47,9	50,8	50,8	47,8	50,8	49,5	47,4	50,3	50,3	47,3	50,3	49,0	46,9	49,8	49,8	46,8	49,8	48,5	46,4	49,3	49,3	48,3	49,3	47,9	45,9
9,90	50,2	50,2	48,3	50,2	49,3	47,1	49,7	49,7	47,8	49,7	48,8	46,6	49,2	49,2	47,3	49,2	48,3	46,1	48,7	48,7	46,8	48,7	47,8	45,8	48,2	48,2	46,3	48,2	47,1	45,1
10,00	49,1	49,0	48,1	49,0	48,1	46,3	48,6	48,5	47,6	48,5	47,6	45,8	48,1	48,0	47,1	48,0	47,5	45,3	47,6	47,5	46,8	47,5	46,8	47,5	47,0	44,8	47,1	47,0	46,3	44,3
10,10	48,0	47,9	48,0	47,9	48,0	45,5	47,5	47,4	47,5	47,4	47,5	45,0	47,0	48,9	47,0	48,9	46,8	44,5	48,5	48,4	46,5	48,4	46,3	44,0	48,0	45,9	48,0	45,9	45,5	43,5
10,20	46,9	46,7	47,9	46,7	47,9	45,0	46,4	46,2	47,4	46,2	47,4	44,4	45,9	45,7	46,9	45,7	46,0	43,8	45,4	45,2	46,4	45,2	45,5	43,2	44,9	44,7	45,9	44,7	44,7	42,6
10,30	45,5	45,8	47,8	45,8	47,8	44,5	45,0	45,1	47,3	45,1	47,3	43,8	44,5	44,8	46,8	44,8	45,2	43,1	44,0	44,1	46,3	44,1	44,7	42,3	43,5	43,8	45,8	43,8	43,8	41,8
10,40	44,2	44,4	47,7	44,4	47,7	44,0	43,7	43,9	47,2	43,9	47,2	43,2	43,2	43,4	46,7	43,4	44,5	42,4	42,7	42,9	45,6	42,9	44,0	41,5	42,2	42,4	45,1	42,4	43,0	40,7
10,50	42,8	43,2	47,6	43,2	47,8	43,5	42,3	42,7	47,1	42,7	47,1	42,8	41,8	42,2	48,8	42,2	43,7	41,8	41,3	41,7	44,8	41,7	43,2	40,7	40,8	41,2	44,1	41,2	42,2	39,8
10,60	41,4	42,1	47,4	42,1	47,4	43,0	40,9	41,6	46,9	41,6	46,9	42,0	40,4	41,1	46,4	41,1	43,0	40,9	39,9	40,6	44,5	40,6	42,5	39,9	39,4	40,1	44,0	40,1	41,4	38,9
10,70	40,1	41,7	47,3	41,7	47,3	42,5	39,8	41,2	46,8	41,2	46,8	41,4	39,1	40,7	48,3	40,7	42,2	40,2	38,8	40,2	44,3	40,2	41,7	39,0	38,1	39,7	43,8	39,7	40,8	38,0
10,80	38,7	41,3	47,2	41,3	47,2	42,0	38,2	40,8	46,7	40,8	46,7	40,9	37,7	39,8	46,2	39,8	41,5	39,5	37,2	39,3	44,1	39,3	41,0	38,2	36,7	38,8	43,6	38,8	39,8	37,0
10,90	37,4	40,7	47,1	40,7	47,1	41,8	38,9	40,2	46,6	40,2	46,6	40,3	36,4	38,5	48,1	38,5	40,7	38,8	35,9	38,0	44,0	38,0	40,2	37,4	35,4	37,8	43,5	37,8	39,0	36,1
11,00	36,0	40,2	47,0	40,2	47,0	41,1	35,5	38,8	46,5	38,8	46,5	39,7	35,0	38,3	46,0	38,3	40,0	38,1	34,5	37,8	42,7	37,8	39,5	36,6	34,0	37,4	40,4	35,3	38,2	35,2
11,10	35,5	39,4	46,9	39,4	46,9	40,6	35,0	37,7	48,4	37,7	48,4	39,1	34,5	37,2	45,9	37,2	39,2	37,4	34,0	38,7	42,2	38,7	38,7	35,8	33,5	34,4	38,5	33,4	37,4	34,3
11,20	35,1	38,3	46,6	38,3	46,6	40,1	34,6	36,4	45,6	36,4	45,6	36,5	34,1	35,9	45,1	35,9	38,4	36,7	33,6	35,4	40,6	35,4	37,9	34,9	33,1	33,4	38,2	32,5	36,5	33,4
11,30	34,6	37,8	45,2	37,8	45,2	39,6	34,1	38,1	44,7	38,1	44,6	37,9	33,8	35,6	44,2	35,6	37,7	38,0	33,1	35,1	38,9	34,8	37,2	34,1	32,8	32,7	37,9	31,7	35,7	32,4
11,40	34,2	37,0	45,1	37,0	45,1	39,1	33,7	35,8	42,9	35,8	42,8	37,3	33,2	35,3	42,4	35,3	38,9	35,3	32,7	34,1	38,2	33,1	36,4	33,3	32,5	30,9	36,5	29,8	34,9	31,5
11,50	33,7	38,4	43,2	38,4	43,2	38,6	33,2	35,5	42,0	35,5	42,0	36,7	32,7	35,0	41,3	35,0	35,9	34,6	32,2	32,7	37,5	32,2	35,4	32,5	30,7	29,1	34,9	28,1	33,9	30,8
11,60	33,3	35,8	42,6	35,8	42,6	38,1	32,8	35,1	41,2	35,1	41,1	36,1	30,7	34,6	39,0	34,6	34,9	33,9	30,0	31,0	36,8	30,2	34,4	31,7	28,1	27,0	32,8	26,1	31,9	29,7
11,70	32,8	35,2	40,2	35,2	40,2	37,8	32,4	34,8	38,7	34,8	38,6	35,6	28,4	34,3	38,6	34,3	32,5	33,2	27,4	29,1	34,4	28,4	32,1	30,8	25,8	25,2	30,8	24,0	29,9	28,8
11,80	32,4	34,8	39,9	34,8	39,9	37,2	30,6	34,5	37,7	34,5	37,6	35,0	26,6	27,1	35,3	32,5	32,5	32,5	25,1	26,6	32,1	26,0	31,6	30,0	23,9	23,6	29,0	23,3	28,0	27,8
11,90	31,7	34,5	39,8	34,5	39,8	36,7	28,8	34,1	38,7	33,9	38,8	34,4	24,9	24,2	32,9	30,0	31,8	31,8	23,0	23,9	29,8	24,4	29,3	29,2	21,9	23,0	27,2	21,8	28,1	26,9
12,00	29,7	34,2	36,3	34,2	36,3	36,2	26,8	27,2	33,6	26,8	33,4	33,8	23,0	22,8	30,3	22,3	29,5	31,1	20,9	21,3	27,4	21,7	27,0	28,4	21,0	21,5	25,2	20,2	24,3	26,0

**Tabla 8.2: ALUPROP 4,5-6,0 + ALUPROP 4,5-6,0 con tres Marcos de Arriostramiento en altura.**

- Hay que colocar tres diagonales horizontales (mirar Resumen 1).
- Necesario colocar arriostramiento entre torres (mirar Resumen 1).
- Al utilizar marco de 0,75m se deberán colocar dos marcos de 0,75m consecutivos e utilizar la carga de uso del marco de 1,5m.

PLANTA	SECCION TRANSVERSAL B-B	SECCION LONGITUDINAL A-A
		
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Para torres con marco 0,75</b></p> 		<p>A la máxima extensión de la torre alturas propuestas para los marcos: A=1820mm; B=5740mm; C=9650mm</p>



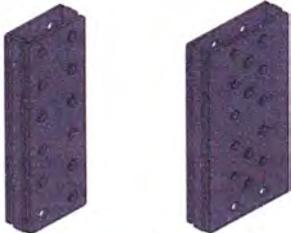
### **ANEXO 3: ELEMENTOS DEL SISTEMA MK.**

## 2. COMPONENTES Y ACCESORIOS

### 2.1. DESCRIPCIÓN GRÁFICA

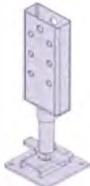
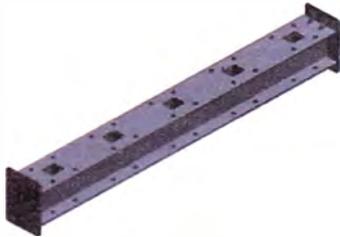
Código	Peso kg.	Denominación
		<b>RIOSTRAS Y PERFILES MK-120</b>
1990104	6	PERFIL MK-120 / 0,5
1990105	7,5	PERFIL MK-120 / 0,625
1990106	9,1	PERFIL MK-120 / 0,75
1990107	10,7	PERFIL MK-120 / 0,875
1990163	97,6	PERFIL MK-120 / 7,875
		
1990209	29,4	RIOSTRA MK-120 / 1,125
1990211	35,4	RIOSTRA MK-120 / 1,375
1990213	41,9	RIOSTRA MK-120 / 1,625
1990215	48,3	RIOSTRA MK-120 / 1,875
1990217	54,3	RIOSTRA MK-120 / 2,125
1990219	60,5	RIOSTRA MK-120 / 2,375
1990221	68,6	RIOSTRA MK-120 / 2,625
1990225	80,9	RIOSTRA MK-120 / 3,125
1990229	93,4	RIOSTRA MK-120 / 3,625
1990233	107,6	RIOSTRA MK-120 / 4,125
1990237	120,1	RIOSTRA MK-120 / 4,625
1990239	126,3	RIOSTRA MK-120 / 4,875
1990245	146,7	RIOSTRA MK-120 / 5,625
		
1990200	0,46	CASQUILLO MK-120 / 52
		
0241690	0,17	TORNILLO M16x90 DIN-931-8.8
		
0241600	0,03	TUERCA M16 DIN-934-8
		

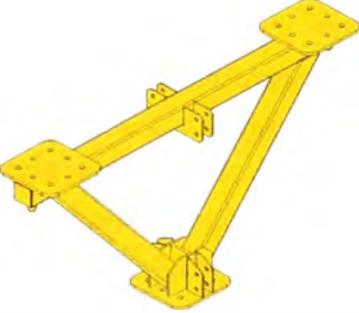
Código	Peso kg.	Denominación
		<b>NUDOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURA</b>
1990485	30,8	NUDO 180 MK
		
1990480	31,8	NUDO 180 D40 MK
		
1990420	24,0	NUDO 120 MK
		
1990390	18,8	NUDO 90 MK
		
1990360	16,0	NUDO 60 F MK
		

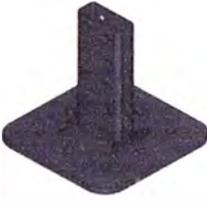
Código	Peso kg.	Denominación
1990361	21,4	NUDO 60 M MK 
1990300 1990301	15,0 23,0	NUDO AXIAL M D40 MK NUDO AXIAL 90° M D40 MK 
1990665	50,5	NUDO 360 MK 
1990365	40,2	NUDO 60 APOYO MK 
1990395 1991200	6,5 9,1	UNION ORTOGONAL MK UNION LONGITUDINAL MASTIL HWS 
1990590 1991485	1,5 5,2	NUDO AXIAL M D20 MK FIJACION MENSULAS 

Código	Peso kg.	Denominación
1990404	19,5	ARRIOSTRAMIENTO V CERCHA 
1990403	1,3	UNIÓN TENSOR-NUDO MK 
0242010 0242015	0,30 0,50	TORNILLO M20x100 DIN-931-8.8 TORNILLO M20x150 DIN-931-8.8 
0242000	0,06	TUERCA M20 DIN-934-8 
1980120	1,1	BULÓN D40x85 
9023102	0,04	PASADOR EN D 7x50 
<b>TENSORES</b>		
1960210 1960100 1960110 1960115 1960130 1960125 1960410	10,6 14,1 18,8 24,1 33,4 38,1 45,0	TENSOR E 0,51-0,75 TENSOR E 0,75-1,05 TENSOR E 1-1,55 TENSOR E 1,51-2,2 TENSOR E 2,15-2,75 TENSOR E 2,7-3,3 TENSOR E 3,25-4 

Código	Peso kg.	Denominación
0252070	0,28	BULÓN E20x70 
0250000	0,03	PASADOR R/5 
<b>UNIONES Y ELEM. ARRIOSTRAMIENTO</b>		
1990521	3,8	U EJE SECUNDARIO MK 
1990421	2,7	U 90° EJE SECUNDARIO TERMINAL MK 
1990605	1,9	MONTANTE HORIZ. MK 0,75/ 550
1990608	2,7	MONTANTE HORIZ. MK 1/ 800
1990613	4,5	MONTANTE HORIZ. MK 1,5/1300
1990618	6,2	MONTANTE HORIZ. MK 2/1800
1990623	7,9	MONTANTE HORIZ. MK 2,5/ 2800 
1990614	7,7	DIAGONAL MK 0,75x1,5 / 1396
1990628	19,4	DIAGONAL MK 0,75x3 / 2845
1990611	6,1	DIAGONAL MK 1x1 / 1110
1990612	7,2	DIAGONAL MK 1x1,25 / 1300
1990615	8,3	DIAGONAL MK 1x1,5 / 1508
1990620	10,5	DIAGONAL MK 1x2 / 1904
1990619	10,1	DIAGONAL MK 1,5x1,5 / 1818
1990622	12,2	DIAGONAL MK 1,5x2 / 2201
1990626	17,9	DIAGONAL MK 1,5x2,5 / 2624
1990630	20,9	DIAGONAL MK 1,5x3 / 3071
1990625	17,2	DIAGONAL MK 2x2 / 2524
1990629	19,7	DIAGONAL MK 2x2,5 / 1x3 / 2900
1990633	22,5	DIAGONAL MK 2x3 / 3310 

Código	Peso kg.	Denominación
1990401	3,6	UNIÓN 90° NUDO-RIOSTRA MK 
1990402	3,7	UNIÓN 90° RIOSTRA -RIOSTRA MK 
<b>ACCESORIOS NIVELACION-TRASLACION</b>		
1990550	40,2	HUSILLO BASE 360 MK 
1990515	37,7	HUSILLO BASE 150 MK 
1990506	7,4	HUSILLO BASE 60 MK 
1990530	115,0	PERFIL HUSILLO MK 0,5 / 1000
1990551	161,0	PERFIL HUSILLO MK 1 / 1500
1990552	207,0	PERFIL HUSILLO MK 1,5 / 2000
1990553	253,0	PERFIL HUSILLO MK 2 / 2500 

Código	Peso kg.	Denominación
0242460	0,30	TORNILLO M24x60 DIN-933-8.8 
0242400	0,11	TUERCA M24 DIN-934-8 
1990655	89,0	RUEDA PESADA100 MK 
1990660	19,3	RUEDA LIGERA 15 MK 
1990645	93,0	TRIANGULO BASE CARRO 1500 MK 
1990504	25,9	UNION TESTA MK 

Código	Peso kg.	Denominación
1990374	25,5	UNION TESTA 74 MK 
1990400	17,0	PLACA UNION TESTA MK 
1990405	15,7	UNION RIOSTRA TESTA MK 
1990570	0,85	CABEZAL BARANDILLA MK 
<b>PERFILES MK-180</b>		
1990017	44,10	PERFIL MK-180/2,125
1990021	54,50	PERFIL MK-180/2,625
1990025	64,90	PERFIL MK-180/3,125
1990029	75,40	PERFIL MK-180/3,625
1990037	96,30	PERFIL MK-180/4,625
1990045	117,10	PERFIL MK-180/5,625
1990061	159,00	PERFIL MK-180/7,625
1990085	222,00	PERFIL MK-180/10,625
		

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

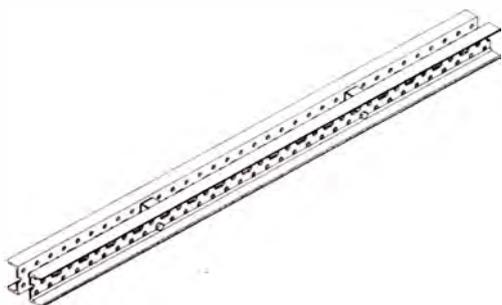


En adelante toda indicación de amarre con Tornillo:

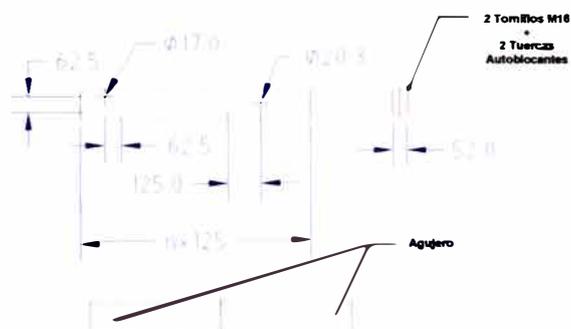
- M16. Indica Tornillo M16 DIN 931-8.8 + Tuerca M16 DIN 934-8
- M20. Indica Tornillo M20 DIN 931-8.8 + Tuerca M20 DIN 934-8
- M24. Indica Tornillo M24 DIN 931-8.8 + Tuerca M24 DIN 934-8 + 2 Arandelas 24 DIN125

### 2.2.1. RIOSTRAS MK-120

Se trata del Elemento común para todas las aplicaciones. Su principal característica es la doble hilera de orificios que dispone, y que se utilizarán para las diferentes conexiones requeridas.



Formado por dos perfiles UPN-120 enfrentados entre sí. Los agujeros exteriores de la riostra son de  $\varnothing 17$ , separados entre ellos 62,5 mm en ambas direcciones. Por otro lado, en la fila central se alternan agujeros de  $\varnothing 20$  y ranuras de 45,5 mm de ancho.

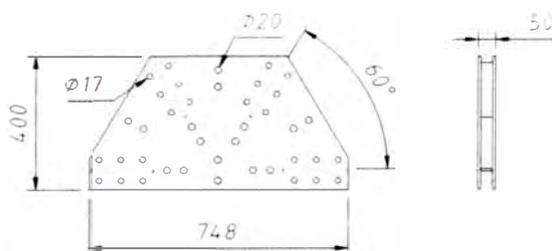


El paso entre orificios de la riostra es de 62,5 mm para la hilera exterior y de 125 mm para la central.

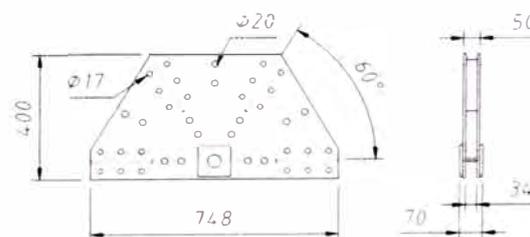
Todas las riostras comienzan con un agujero de  $\varnothing 20$  en ambos extremos de la fila central.

### 2.2.2. NUDO 180 MK y NUDO 180 D40 MK

Este nudo puede unir hasta 4 RIOSTRAS a  $60^\circ$  entre sí. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en los orificios  $\varnothing 17$ . Dos RIOSTRAS quedan así alineadas longitudinalmente. El hueco que queda entre estas dos RIOSTRAS longitudinales es de 375 mm.



La diferencia del NUDO 180 D40 MK es que además puede unir de forma articulada, otro elemento macho, en el centro y hacia abajo. Esta unión se realiza con Bulón D40.

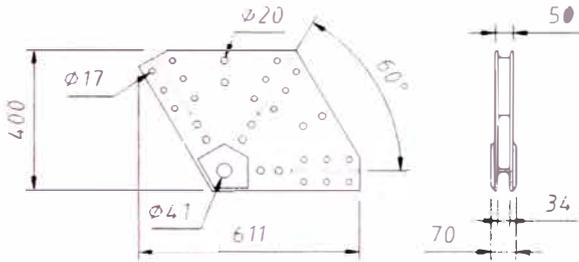


En ambos casos, los orificios  $\varnothing 20$  se utilizan para unir elementos secundarios principalmente, para el arriostrado del conjunto en general.

**2.2.3. NUDO 120 MK**

Este nudo puede unir hasta 3 RIOSTRAS todas ellas a 60° entre sí. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17.

Los orificios D20 se utilizan para unir elementos secundarios principalmente, para el arriostado del conjunto en general.

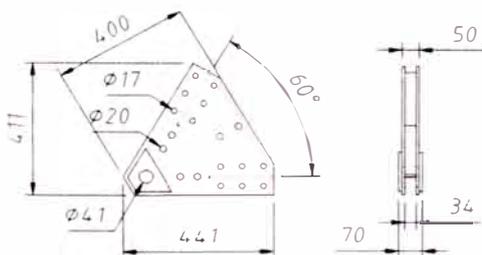


Además puede unir de forma articulada, otro elemento macho hacia abajo. Esta unión se realiza con Bulón D40.

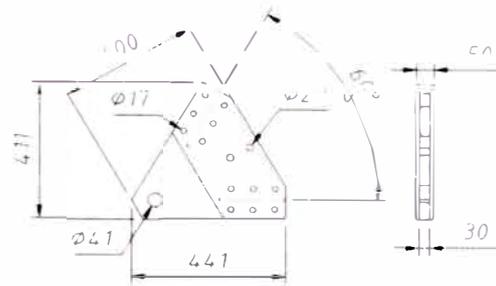
**2.2.4. NUDO 60 F MK y NUDO 60 M MK**

Estos nudos pueden unir hasta 2 RIOSTRAS a 60° entre sí. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17

Los orificios D20 se utilizan para unir elementos secundarios principalmente, para el arriostado del conjunto en general.

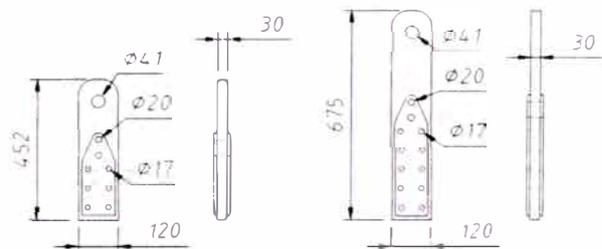


Existen dos modelos, uno Hembra (Female) y otro Macho (Male). Cada uno de ellos permite unir de forma articulada, otro elemento (Macho o Hembra) mediante Bulón D40.



**2.2.5. NUDO AXIAL M D40MK y NUDO 90°**

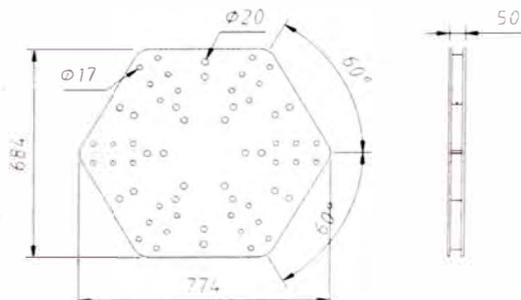
Ambos nudos permiten unir de forma articulada cualquier RIOSTRA a un conjunto montado. La unión de la RIOSTRA se realiza mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17. Es un nudo con gran capacidad de carga.



Se tratan de Nudos tipo Macho y la unión al conjunto debe realizarse siempre en otro NUDO del tipo Hembra. Esta unión se realiza con Bulón D40.

**2.2.6. NUDO 360 MK**

Este nudo puede unir hasta 6 RIOSTRAS a 60° entre sí. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17. Las RIOSTRAS quedan así alineadas longitudinalmente dos a dos. El hueco que queda entre estas dos RIOSTRAS es de 375 mm.

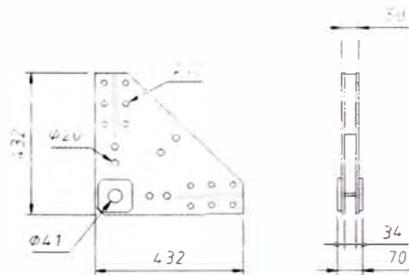


Los orificios D20 se utilizan para unir elementos secundarios principalmente, para el arriostado del conjunto en general.

### 2.2.7. NUDO 90 MK

Este nudo puede unir hasta 2 RIOSTRAS a 90° entre sí. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17.

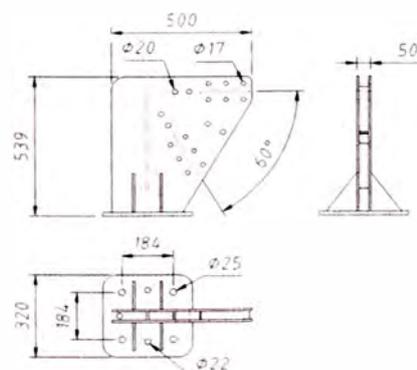
Los orificios D20 se utilizan para unir elementos secundarios principalmente, para el arriostado del conjunto en general.



### 2.2.8. NUDO 60 APOYO MK

Esta pieza posibilita una unión Terminal para un posterior apoyo de la estructura montada, principalmente sobre perfilaría. Se emplea como apoyo de una Cercha bi-apoyada.

Puede unir hasta 2 RIOSTRAS a 60° entre sí. En este sentido actúa como un NUDO 60. Las uniones se realizan mediante 6 tornillos M16 en orificios D17.



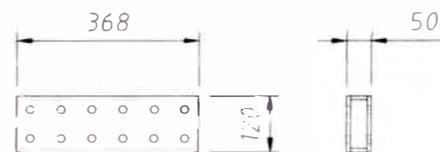
La placa de apoyo presenta además una serie de orificios D25 y D22 que posibilita el amarre del elemento a otros accesorios.

### 2.2.9. UNION ORTOGONAL MK

Sirve para unir de forma perpendicular y en el plano principal de carga hasta tres RIOSTRAS entre sí. La unión a la RIOSTRA se realiza mediante 4 tornillos M16 en los orificios D17.

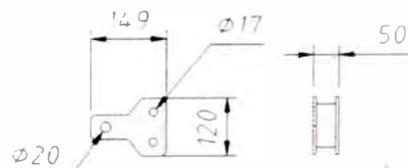
También sirve para unir longitudinalmente y a tope dos riostras entre sí. En este caso cada RIOSTRA se une mediante 6 tornillos M16 en los orificios D17.

Es un nudo con mediana capacidad de carga y su mayor aplicación esta en los Carros más livianos.



### 2.2.10. NUDO AXIAL M D20 MK

Este nudo permite unir de forma articulada cualquier RIOSTRA a otra siempre en su plano principal. La unión de la RIOSTRA al NUDO se realiza mediante 2 tornillos M16 en los orificios D17. A diferencia del NUDO AXIAL D40, no es un nudo de gran capacidad de carga.

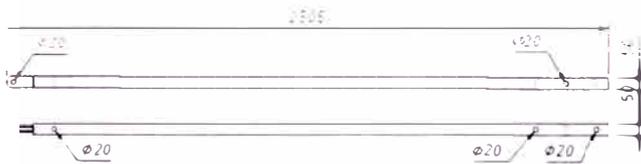


La unión articulada de la RIOSTRA al NUDO se realiza mediante BULÓN E20x70.

### 2.2.11. ARRIOSTRAMIENTO V CERCHA MK

Esta pieza sirve para reforzar determinados puntos de la estructura en su plano principal. Se usa en aquellas zonas en las que por las acciones sobre la estructura, la RIOSTRA necesite ser reforzada

La unión de esta pieza al conjunto, se efectúa mediante los orificios D20 en la vista de alzado. Por un lado se une a una UNION y por otro a la RIOSTRA. La unión de estos a la estructura se realiza mediante BULON E20x70.



Existe solamente un modelo, que es el que se ajusta a la estructura triangular de 3x3. Para el resto de estructuras se utilizan TENSORES.

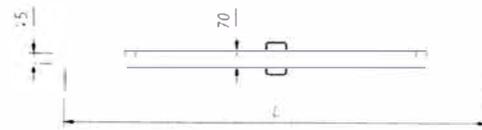
Los orificios D20 en su vista de perfil permiten unir otras RIOSTRAS en sentido transversal a las de la estructura principal.

### 2.2.12. TENSORES E

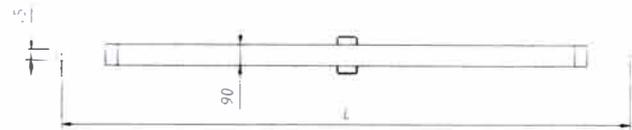
Siempre que se requiera reforzar una estructura triangular que no sea de 3x3, se utilizan los TENSORES E. La unión de estos a la estructura se realiza mediante BULON E20x70.

Los TENSORES E se usan en aquellas zonas en las que por las acciones sobre la estructura, la RIOSTRA necesite ser reforzada en su plano principal.

La gama de TENSORES E disponible es la que se dispone de otros sistemas, y sus características dependen del tensor utilizado en cada caso.



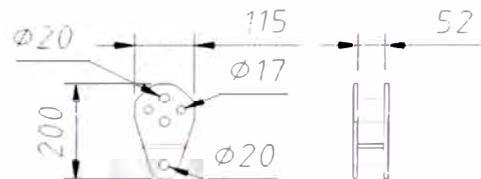
Gama Tensores hasta 2,2



Gama Tensores a partir de 2,2

### 2.2.13. UNION TENSOR-NUDO MK

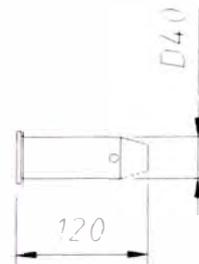
Esta pieza sirve para unir los TENSORES E a cualquier Unión. La conexión a la UNION se realiza mediante 2 BULONES E20x70, mientras que para el TENSOR se emplea solamente 1, permitiendo así una unión articulada.



### 2.2.14. BULÓN D40x85

Es el elemento de unión entre NUDOS tipo Macho con NUDOS tipo Hembra. Se tratan de uniones de gran capacidad de carga y donde por su aplicación sea conveniente articular la unión.

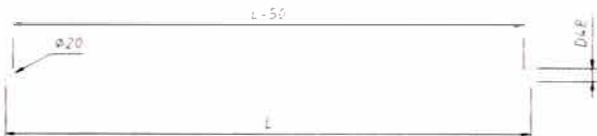
Cada BULÓN D40x85 llevará un PASADOR D6x42 de seguridad.



### 2.2.15. MONTANTES HORIZONTALES MK y DIAGONALES MK

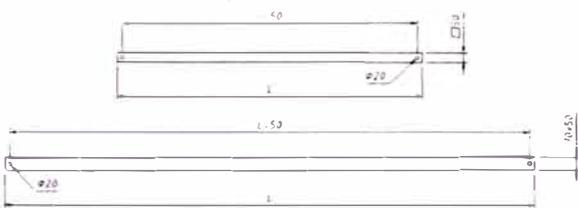
Son los elementos que arriostran las estructuras de en el plano secundario.

En vista en planta, los MONTANTES son los elementos que van en posición perpendicular al plano de la estructura, y mantienen la separación entre las 2 estructuras adyacentes. Para diferenciarlas de las DIAGONALES son tubos D48.



La longitud L del elemento se refiere a la longitud del tubo. En la denominación además se expresa en m la distancia a la que quedarían las estructuras que unen.

Las DIAGONALES por el contrario, complementan el arriostramiento, proporcionando en el plano la diagonalización necesaria en cada aplicación.

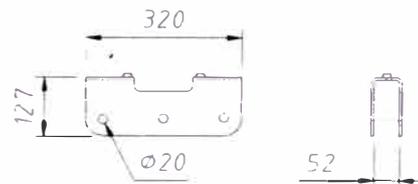


La longitud L del elemento se refiere a la longitud del tubo. En la denominación además se expresa en m la distancia Ax B a la que quedarían las estructuras y los MONTANTES.

### 2.2.16. U EJE SECUNDARIO MK

Son los elementos que unen los MONTANTES y DIAGONALES a las estructuras. Se puede colocar en RIOSTRAS o en NUDOS indistintamente.

La unión a la RIOSTRA o NUDO se realiza mediante Tornillo M20. La unión a los MONTANTES y DIAGONALES se realiza mediante Bulón E20x70.

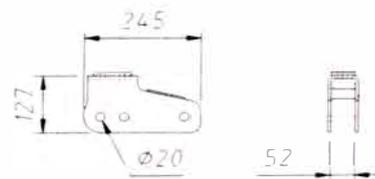


Una característica importante de estas uniones es que permiten ir al eje de la riostra de forma que se consiguen arriostramientos de gran capacidad portante.

### 2.2.17. U 90° EJE SECUNDARIO TERMINAL MK

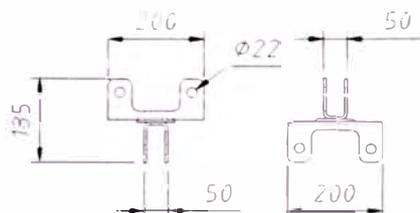
Esta pieza cumple la misma función que la anterior, con la salvedad de que actúa como elemento Terminal para dar principio y final al arriostramiento. Solamente se puede colocar por ello en NUDOS.

La unión al NUDO se realiza mediante Tornillo M20. La unión a los MONTANTES y DIAGONALES se realiza mediante Bulón E20x70

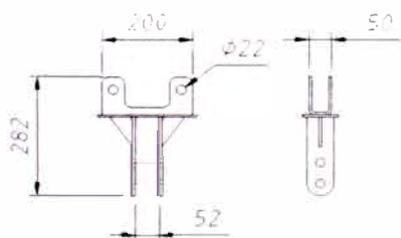


### 2.2.18. UNIÓN 90° RIOSTRA-RIOSTRA MK y UNIÓN 90° NUDO-RIOSTRA MK

La UNION 90 RIOSTRA-RIOSTRA, posibilita unir en el eje secundario, 2 RIOSTRAS perpendicularmente entre ellas.



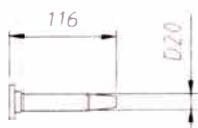
La UNION 90 RIOSTRA-NUDO, por contra posibilita unir, también en el sentido del eje secundario, una RIOSTRA perpendicularmente a un NUDO. Es el complemento a la anterior para los casos en los que se requiera que la unión se dé en este punto.



Sus principales aplicaciones se dan en aquellos casos en los que se desea sacar estructuras en la dirección del eje secundaria. Son elementos que **no** trabajan a tracción, por lo que siempre se deben evitar aplicaciones donde se pueda dar esta casuística.

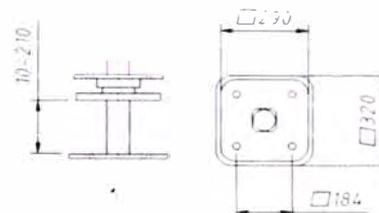
### 2.2.19. BULÓN E20x70

Es el elemento que permite unir todas aquellas uniones con RIOSTRA, NUDO, UNION, TENSOR, MONTANTE o DIAGONAL, que requieran uniones articuladas mediante Bulón E20x70. Cada Bulón lleva un pasador R-5 mm



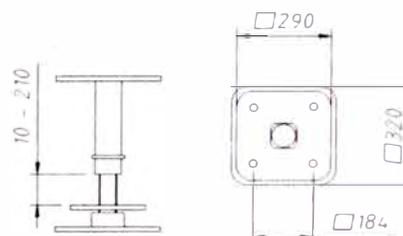
### 2.2.20. HUSILLO BASE 360 MK

Es el elemento de regulación vertical que se coloca en la base o bogie de los Carros de gran carga. Tiene una regulación de 220 mm, y una capacidad portante hasta 360 kN. Se une al PERFIL HUSILLO mediante 4 Tornillos M24.



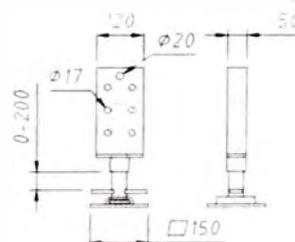
### 2.2.21. HUSILLO BASE 150 MK

Es el elemento de regulación vertical que se coloca en la base de los Carros de mediana carga. Tiene una regulación de 220 mm, y una capacidad portante hasta 150 kN. Se une a las BASES TESTA de la solución de Apeos mediante 4 Tornillos M24.



### 2.2.22. HUSILLO BASE 60 MK

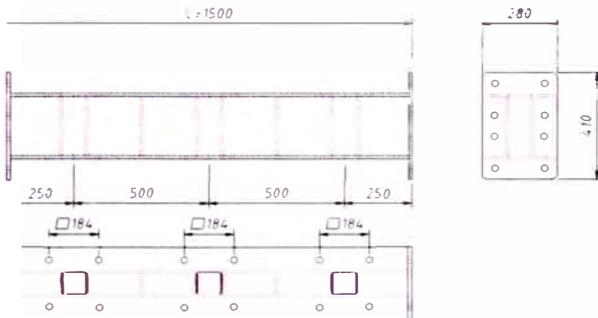
Es el elemento de regulación vertical que se coloca en la base de los Carros livianos. Tiene una regulación de 220 mm, y una capacidad portante hasta 60 kN. Se une a las RISOTRAS que forman la estructura a soportar mediante 4 Tornillos M16.



Los 3 Husillos se deben engrasar antes del uso.

### 2.2.23. PERFIL HUSILLO MK

Es el elemento que sirve para formar el Bogie o perfil de arrastre en los Carros de Gran Carga. La modulación permite configuraciones totales de perfil de la longitud deseada, cada 0,5 m. Los PERFILES se unen entre si mediante 8 Tornillos M24, en los orificios D25 de sus placa de testa, conformando así un perfil continuo.



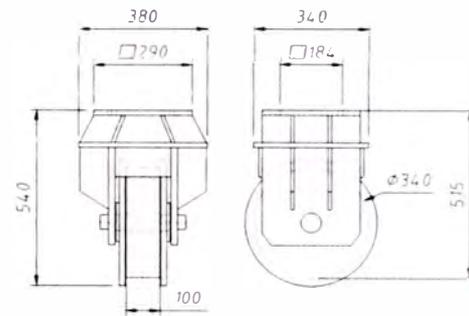
Sobre esta pieza se apoyan las PLACA TESTA que permiten configurar la estructura de Carro en su base, y los HUSILLOS de soporte y RUEDAS que permiten los movimientos de avance del Carro y sobre los HUSILLOS. La unión a estos elementos se realiza mediante 4 Tornillos M24.

### 2.2.24. RUEDA PESADA 100 MK

Es el elemento que se usa para el desplazamiento de los Carros de gran tonelaje. Se une al PERFIL HUSILLO que forma el Bogie mediante 4 Tornillos M24 en los puntos fijados para el desplazamiento.

La capacidad portante de esta RUEDA es de 90-100 kN por lo que esta pensada para el arrastre de Carros hasta 360-400 kN (36-40 Tn).

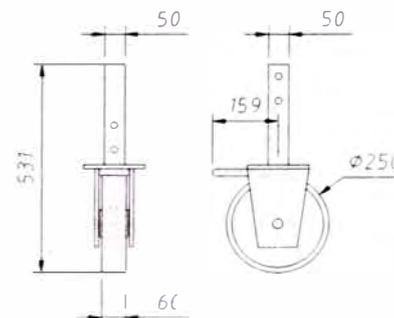
Cuando se requiera aumentar la distancia entre la rueda y el Bogie, se pueden disponer de unos calzos entre ellas.



### 2.2.25. RUEDA LIGERA 15 MK

Es el elemento que se usa para el desplazamiento de los Carros de mediano peso. Se unen directamente a las RIOSTRAS que forman la estructura a soportar mediante 4 Tornillos M16.

La capacidad portante en uso de la RUEDA no supera los 15kN, de manera que un carro de 60 kN (6 Tn) puede desplazarse mediante 4 RUEDAS LIGERAS 15.

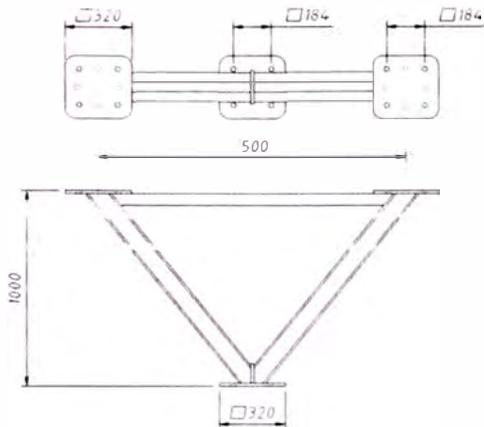


### 2.2.26. TRIANGULO BASE CARRO 1500 MK

Cuando el apoyo de los carros en su base no dispone de suficiente espacio, se puede empezar en base con este elemento. Su aplicación principal esta en estructuras de Falso Túnel de Gran Tonelaje.

Por un lado se une a las PLACAS TESTA de las Torres que forman este tipo de Estructuras y por el otro al Bogie, en ambos casos mediante Tornillo M24.

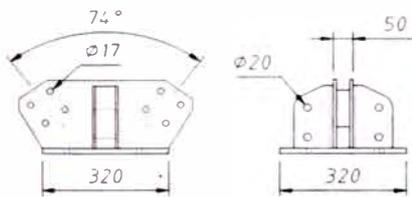
Dispone además de un par de tetones en los extremos que permiten estabilizar y aplomar las Estructuras en su fase de montaje.



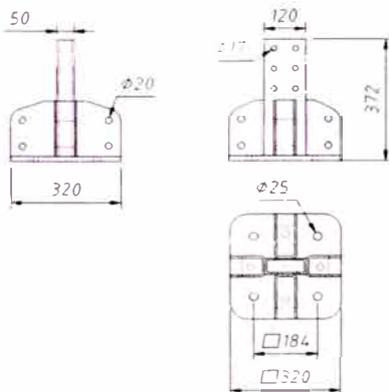
**2.2.27. UNON TESTA 74 MK Y UNION TESTA MK**

Ambos elementos se utilizan para unir las estructuras a los Bogies.

La UNION TESTA de 74° se usa directamente en la estructura cuando la propia estructura es suficiente para cubrir la altura del carro. Por un lado se une a las RIOSTRAS mediante 6 Tornillos M16 y por otro al Bogie mediante 4 Tornillos M24.



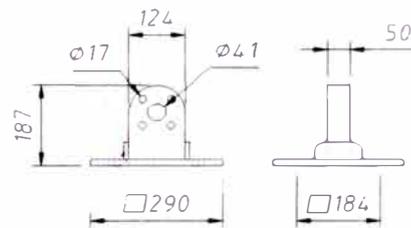
La PLACA TESTA que sirve para formar los módulos de las estructuras verticales o torres, es en realidad el elemento de conexión con Estructuras a 90°.



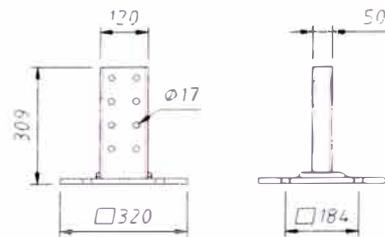
La aplicación de ambas piezas es similar con la salvedad de la salida a 74° comentada

**2.2.28. PLACA UNION TESTA MK y UNION RIOSTRA TESTA MK**

La PLACA UNION TESTA MK permite una unión a testa de ESTRUCTURAS cuando al mismo tiempo se requiere un apoyo articulado en las mismas. Se utiliza directamente sobre Torres MK o Periferia a modo de carrilera o bogie.



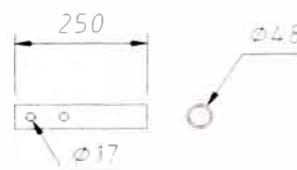
De la misma manera, la UNION RIOSTRA TESTA MK permite una unión a testa de ESTRUCTURAS en las RIOSTRAS de la misma. Se utiliza directamente sobre Torres MK o Periferia a modo de carrilera o bogie.



Se amarran por un lado a la ESTRUCTURA mediante bulón D40 el primero y 6 Tornillos M16 el segundo, y por otro a las Torres mediante 4 Tornillos M24, o Carrileras mediante Mordazas 16/70.

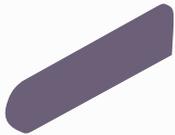
**2.2.29. CABEZAL BARANDILLA MK**

Es el elemento que permite colocar tubos D48 a modo de barandilla en cualquier altura de la RIOSTRA. Se amarra mediante 2 tornillos M16.

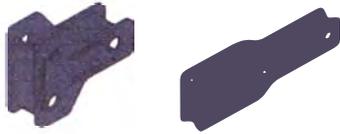


## 2. COMPONENTES Y ACCESORIOS

### 2.1. DESCRIPCIÓN GRÁFICA

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación	
<b>RIOSTRAS Y PERFILES MK-120</b>			<b>UNIONES Y ACCESORIOS PIE-POSTE-CABEZA</b>			
1990104	6,0	PERFIL MK-120 / 0,5	1990503	27,4	UNIÓN LONGITUDINAL MK	
1990105	7,5	PERFIL MK-120 / 0,625		199039	6,5	UNIÓN ORTOGONAL MK
1990106	9,1	PERFIL MK-120 / 0,75			1990504	25,9
1990107	10,7	PERFIL MK-120 / 0,875			1990594	34,2
1990163	97,6	PERFIL MK-120 / 7,875			1990300	15,0
1990209	29,4	RIOSTRA MK-120 / 1,125			1980120	1,10
1990211	35,4	RIOSTRA MK-120 / 1,375			9023102	0,04
1990213	41,9	RIOSTRA MK-120 / 1,625				
1990215	48,3	RIOSTRA MK-120 / 1,875				
1990217	54,3	RIOSTRA MK-120 / 2,125				
1990219	60,5	RIOSTRA MK-120 / 2,375				
1990221	68,6	RIOSTRA MK-120 / 2,625				
1990225	80,9	RIOSTRA MK-120 / 3,125				
1990229	93,4	RIOSTRA MK-120 / 3,625				
1990233	107,6	RIOSTRA MK-120 / 4,125				
1990237	120,1	RIOSTRA MK-120 / 4,625				
1990239	126,3	RIOSTRA MK-120 / 4,875				
1990245	146,7	RIOSTRA MK-120 / 5,625				
1990200	0,46	CASQUILLO MK-120 / 52				
0241690	0,17	TORNILLO M16x90 DIN-931-8.8				
0241600	0,03	TUERCA M16 DIN-934-8				

Código	Peso kg.	Denominación
1990590	1,5	NUDO AXIAL M D20 MK
1991485	5,2	FIJACION MENSULAS



0241690	0,17	TORNILLO M16x90 DIN-931-8.8
---------	------	-----------------------------



0241600	0,03	TUERCA M16 DIN-934-8
---------	------	----------------------



0242460	0,30	TORNILLO M24x60 DIN-933-8.8
---------	------	-----------------------------



0242400	0,11	TUERCA M24 DIN-934-8
---------	------	----------------------



#### UNIONES Y ACCESORIOS BRAZOS

1990501	8,6	UNIÓN INTERMEDIA MK-120
---------	-----	-------------------------



1990513	3,8	U EJE PRINCIPAL MK
---------	-----	--------------------



1990521	3,8	U EJE SECUNDARIO MK
---------	-----	---------------------



1990421	2,7	U EJE SECUNDARIO TERMINAL MK
---------	-----	------------------------------



Código	Peso kg.	Denominación
0242010	0,30	TORNILLO M20x100 DIN-931-8.8



0242015	0,50	TORNILLO M20x150 DIN-931-8.8
---------	------	------------------------------



0242000	0,06	TUERCA M20 DIN-931-8
---------	------	----------------------



#### MONTANTES Y DIAGONALES VERTICALES

1990605	1,9	MONTANTE HORIZ. MK 0,75 / 550
1990608	2,7	MONTANTE HORIZ. MK 1 / 800
1990613	4,5	MONTANTE HORIZ. MK 1,5 / 1300
1990618	6,2	MONTANTE HORIZ. MK 2 / 1800
1990623	7,9	MONTANTE HORIZ. MK 2,5 / 2300
1990627	15,6	MONTANTE HORIZ. MK 3 / 2800

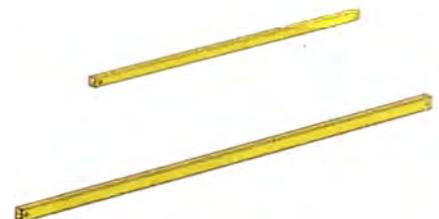


1990614	7,7	DIAGONAL MK 0,75x1,5 / 1396
1990628	19,4	DIAGONAL MK 0,75x3/ 2845

1990611	6,1	DIAGONAL MK 1x1 / 1100
1990612	7,2	DIAGONAL MK 1x1,25/ 1300
1990615	8,3	DIAGONAL MK 1x1,5 / 1508

1990619	10,1	DIAGONAL MK 1,5x1,5 / 1818
1990622	12,2	DIAGONAL MK 1,5x2/ 2201
1990630	20,9	DIAGONAL MK 1,5x3/ 3071

1990625	17,2	DIAGONAL MK 2x2/ 2525
1990629	19,7	DIAGONAL MK 2x2,5/1x3/ 2900
1990633	22,5	DIAGONAL MK 2x3/ 3310



2,9 CABEZAL DIAGONAL HORIZONTAL MK

1960375 0,81 UNI N RVM20 2T



0 0,28 BUL N E20x70

1960450 2,3 MALET N HERRAMIENTAS MONTAJE

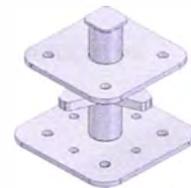


0 0,03 PASADOR R/5



1990550 40,2 **UNIONES Y ACCESORIOS PIE-CABEZA**  
HUSILLO BASE MK 360

**TENSORES E**



0 10,6 TENSOR E 0,51-0,75  
14,1 TENSOR E 0,75-1,05  
10 18,8 TENSOR E 1-1,55  
15 24,1 TENSOR E 1,51-2,2  
30 33,4 TENSOR E 2,15-2,75  
38,1 TENSOR E 2,7-3,3

1990530 115 PERFIL HUSILLO MK 0,5/1000  
1990551 161 PERFIL HUSILLO MK 1/1500  
1990552 207 PERFIL HUSILLO MK 1,5/2000  
1990553 253 PERFIL HUSILLO MK 2/2500

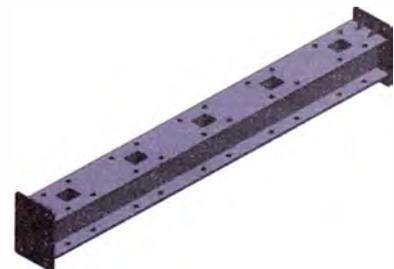
0,28 BUL N E20x70



0,03 PASADOR R/5

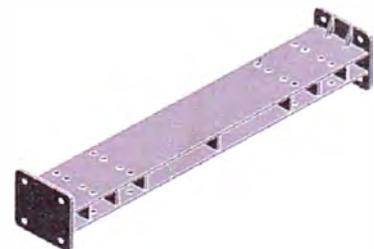


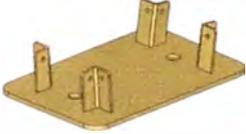
**VIGAS VM**

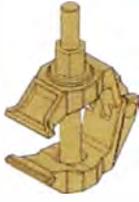


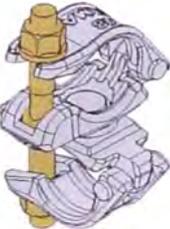
2 9,5 VIGA VM20 / 1,9  
97 10,8 VIGA VM20 / 2,15  
12,3 VIGA VM20 / 2,45  
13,3 VIGA VM20 / 2,65  
14,5 VIGA VM20 / 2,9  
16,5 VIGA VM20 / 3,3  
18,0 VIGA VM20 / 3,6  
1 19,5 VIGA VM20 / 3,9

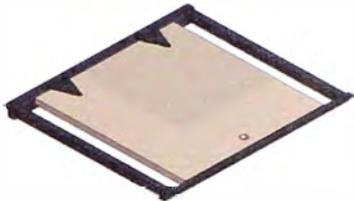
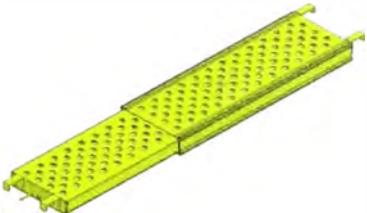
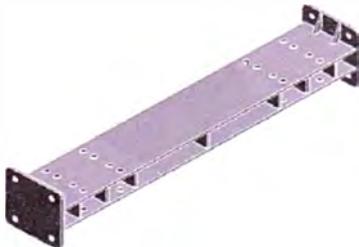
1990565 48,5 PERFIL ARRIOSTR. MK 500  
1990561 109 PERFIL ARRIOSTR. MK 1/1500  
1990562 137 PERFIL ARRIOSTR. MK 1,5/2000  
1990563 164 PERFIL ARRIOSTR. MK 2/2500

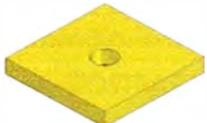


Código	Peso kg.	Denominación
0242460	0,30	TORNILLO M24x60 DIN-933-8.8
		
0242400	0,11	TUERCA M24 DIN-934-8
		
0262050	28	CUÑA DESENCOFRADO 50T
0262051	53	CUÑA DESENCOFRADO 100T
		
1990515	37,7	HUSILLO BASE 150 MK
		
1990595	23,5	PLACA CENTRADORA MK
		
1990525	4,5	CABEZAL DOBLE ENTRADA MK
		
0605220	234	HEB-300/2
0605225	327	HEB-300/2.5
0605620	310	HEB-400/2
0005055	581	VIGA CABEZA HEB-400/2.4
		

Código	Peso kg.	Denominación
0260006	1,8	MORDAZA UNIÓN 16/70
		
<b>PLATAFORMA SEGURIDAD CABEZA</b>		
2211225	16,8	RODAPIÉ 4000x200x50
		
1990570	0,85	CABEZAL BARANDILLA MK
		
2211156	9,6	PIE BARANDILLA 1,50
		
0121000	7,2	PIE BARANDILLA D50/1,5
		

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
0121004 0335237	2,9 2,4	CASQUILLO BARANDILLA D50 CASQUILLO BARANDILLA MK	0230000	0,33	TUERCA ALETA DW15
					
2211165	6,9	SOPORTE BARANDILLA VM	0230005	0,56	PIE ANCLAJE DW15
					
1861122	0,39	GANCHO RIGIDIZADOR			Sin tratamiento
					<b>PERFILES MK-180</b>
7238000	0,73	TUERCA PLACA FIJA 15	1990017	44,10	PERFIL MK-180/2,125
			1990021	54,50	PERFIL MK-180/2,625
			1990025	64,90	PERFIL MK-180/3,125
			1990029	75,40	PERFIL MK-180/3,625
			1990037	96,30	PERFIL MK-180/4,625
			1990045	117,10	PERFIL MK-180/5,625
			1990061	159,00	PERFIL MK-180/7,625
			1990085	222,00	PERFIL MK-180/10,625
					
		<b>SISTEMA ANCLAJE</b>			<b>ESCALERAS Y PLATAFORMA DE ACCESO</b>
0263507	20,0	GATO HIDRÁULICO MANUAL MG-20TN	2125148	1,2	ABRAZADERA FIJA 48/48
1990654	13,7	GATO HIDRAULICO 30 Tn			
			2125147	1,3	ABRAZADERA GIRATORIA 48/48
0230150	2,2	BARRA ROSCADA 15/1,5			
					
0261000	1,2	PLACA 100x100x15 (D22)			
0261001	2,7	PLACA 150x150x15 (D22)			
					

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
2125288	1,8	TUBO 48 / 0,5	0333013	11,3	TRAMPILLA ESCALERA
2125289	3,7	TUBO 48 / 1,1			
2125290	5,5	TUBO 48 / 1,6			
2125291	7,0	TUBO 48 / 2,1			
2125647	8,7	TUBO 48 / 2,6			
2125249	11,4	TUBO 48 / 3,1			
2125648	12,1	TUBO 48 / 3,6			
2125250	14,6	TUBO 48 / 4,1			
2125251	18,0	TUBO 48 / 5			
0200600	20,0	TUBO 48 / 6			
			2067035	12,5	PLATAFORMA EXTENSIBLE 1-1,15
			2067048	17,3	PLATAFORMA EXTENSIBLE 1,5-2,35
			2067043	20,6	PLATAFORMA EXTENSIBLE 2-2,7
					
0333008	19,6	ESCALERA C2,1			
0333009	27,1	ESCALERA C3,1			
			2127716	11,7	PLATAFORMA 1,5
			2127715	15,0	PLATAFORMA 2
			2127714	18,0	PLATAFORMA 2,5
			2127713	21,0	PLATAFORMA 3
0005416	1,8	ENGANCHE ESC. MONTANTE T-500			
			0260500	1,60	PLACA ARRIOSTR/MURO D48x150
					
0333010	1,6	ANCLAJE ESCALERA			
					
0333011	1,6	FIJACIÓN ESCALERA PLATAFORMA			
					
0333012	13,1	PROTECCIÓN ESCALERA			
					
					<b>SISTEMA ATIRANTADO</b>
			1990565	48,5	PERFIL ARRIOSTR. MK 500
			1990561	109	PERFIL ARRIOSTR. MK 1/1500
			1990562	137	PERFIL ARRIOSTR. MK 1,5/2000
			1990563	164	PERFIL ARRIOSTR. MK 2/2500
					

Código	Peso kg.	Denominación	Código	Peso kg.	Denominación
0242460	0,30	TORNILLO M24x60 DIN-933-8.8	1990598	15,0	OREJETA CARRILERA
					
0242400	0,11	TUERCA M24 DIN-934-8	1990411	1,4	BULON D50x75
					
1990560	12,0	PLACA ARRIOSTRAMIENTO VIENTO	9023108	0,06	PASADOR EN D DIAM. 8x60
					
1990690	3,3	TERMINAL BARRA DW-26 VIENTO	1990599	250	PERFIL REPARTO ATIRANTADO
					
0231600	26,9	BARRA ROSCADA DW-26,5/6	0261000	1,2	PLACA 100x100x15 (D22)
1907131	5,4	BARRA ROSCADA DW-26,5/1,15	0261001	2,7	PLACA 150x150x15 (D22)
			0261004	2,7	PLACA 150x150x15 (D30)
0231000	0,70	TUERCA DW 26,5			
			0230150	2,2	BARRA ROSCADA 15/1,5
1907133	1,1	MANGUITO EXAGONAL-26			
			1990500	25,2	OREJETA SUELO
1990695	6,7	TENSOR BIFURCADOR BARRA			
					

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

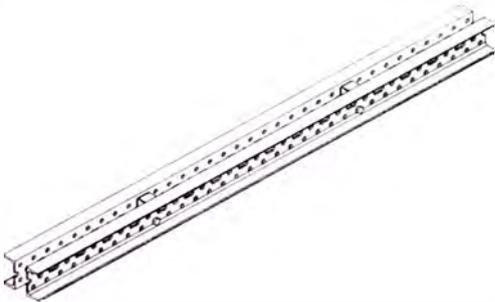


En adelante toda indicación de amarre con Tornillo:

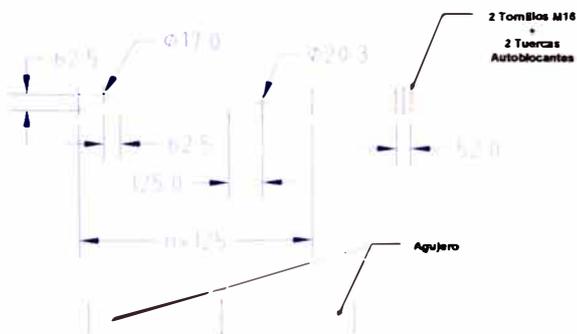
- *M16. Indica Tornillo M16 DIN 931-8.8 + Tuerca M16 DIN 934-8*
- *M20. Indica Tornillo M20 DIN 931-8.8 + Tuerca M20 DIN 934-8*
- *M24. Indica Tornillo M24 DIN 931-8.8 + Tuerca M24 DIN 934-8 + 2 Arandelas 24 DIN 125*

### 2.2.1. RIOSTRAS MK-120

Se trata del Elemento común para todas las aplicaciones. Su principal característica es la doble hilera de orificios que dispone, y que se utilizarán para las diferentes conexiones requeridas.



Formado por dos perfiles UPN-120 enfrentados entre sí. Los agujeros exteriores de la riostra son de  $\varnothing 17$ , separados entre ellos 62,5 mm en ambas direcciones. Por otro lado, en la fila central se alternan agujeros de  $\varnothing 20$  y ranuras de 45,5 mm de ancho.

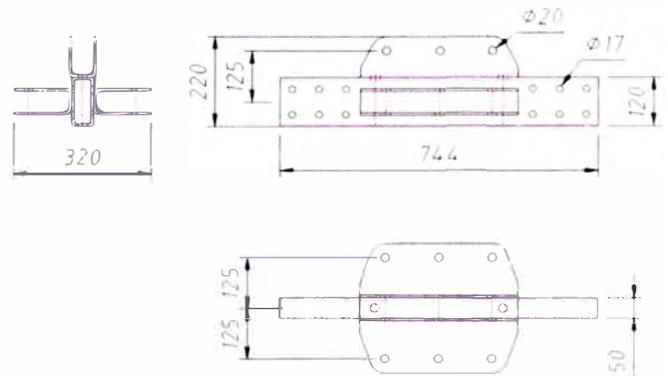


El paso entre orificios de la riostra es de 62,5 mm para la hilera exterior y de 125 mm para la central.

Todas las riostras comienzan con un agujero de  $\varnothing 20$  en ambos extremos de la fila central.

### 2.2.2. UNIÓN LONGITUDINAL MK

Esta pieza permite unir 2 RIOSTRAS longitudinalmente, siempre dentro de un módulo. Se coloca mediante 12 Tornillos M16x90



### 2.2.3. UNIÓN ORTOGONAL MK

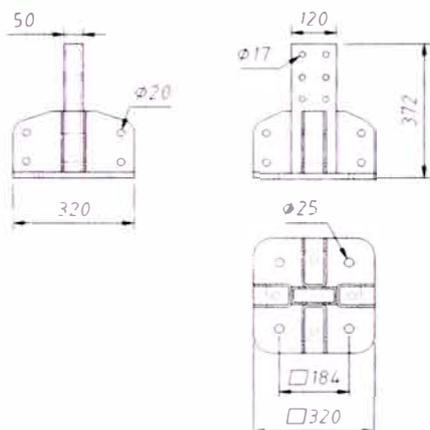
Sirve para unir de forma perpendicular y en el plano principal de carga hasta tres RIOSTRAS entre sí. La unión a la RIOSTRA se realiza mediante 4 Tornillos M16 en los orificios D17.

También sirve para unir longitudinalmente y a tope dos riostras entre sí. En este caso cada RIOSTRA se une mediante 6 Tornillos M16 en los orificios D17.



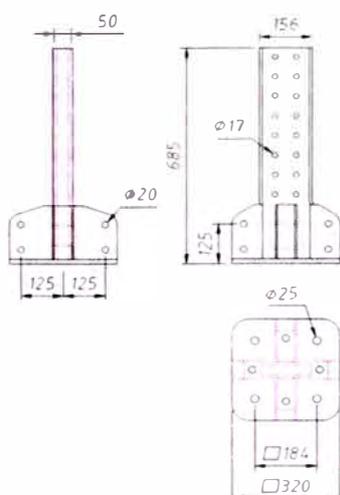
#### 2.2.4. UNIÓN TESTA MK

Es la pieza que permite realizar la unión entre distintos módulos de torre. Se une a la riostra mediante 6 Tornillos M16x90 y para la unión de 2 uniones a testa entre sí o a cualquier otro elemento mediante 4 Tornillos M24x60.



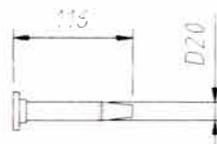
#### 2.2.5. CABEZA REGULABLE MK

Esta pieza se colocará en el extremo superior de la torre. Permite una regulación extra , ya que dispone de varios agujeros (Regulación máxima 312,5 mm en intervalos de 62,5 mm ). Se une a la riostra mediante 6 Tornillos M16x90 y para la unión a cualquier otro elemento mediante 4 Tornillos M24



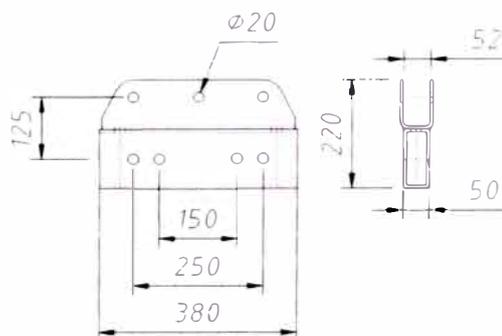
#### 2.2.6. BULÓN E20x70

Es el elemento de unión de los DIAGONALES, MONTANTES HORIZONTALES. Cada Bulón lleva un pasador R-5 mm



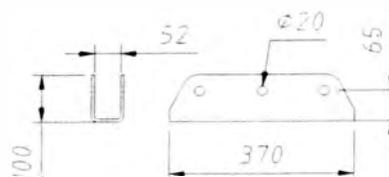
#### 2.2.7. UNIÓN INTERMEDIA MK-120

Esta pieza permite colocar 2 diagonales y 1 montante en el plano principal en cualquier punto intermedio de una RIOSTRA MK. Se une a la RIOSTRA mediante 2 Tornillos M20x100.



#### 2.2.8. U EJE PRINCIPAL MK

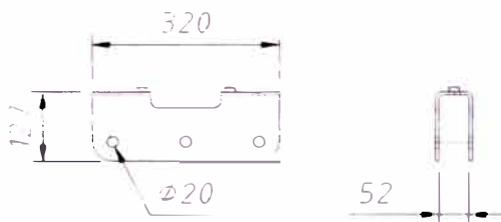
Esta pieza permite colocar 2 diagonales y 1 montante dando continuidad a la estructura en el plano Principal, por ello, se puede usar con la UNIÓN LONGITUDINAL MK o la UNIÓN INTERMEDIA MK-120, atando a cualquiera de estas piezas mediante 2 Tornillos M20x150



### 2.2.9. U EJE SECUNDARIO MK

Son los elementos que unen los MONTANTES y DIAGONALES a las estructuras. Se puede colocar en RIOSTRAS o en NUDOS indistintamente.

La unión a la RIOSTRA o NUDO se realiza mediante 2 Tornillos M20. La unión a los MONTANTES y DIAGONALES se realiza mediante Bulón D20.



Una característica importante de estas uniones es que permiten ir al eje de la riostra de forma que se consiguen arriostramientos de gran capacidad portante.

Se ata a las riostras mediante 2 Tornillos M20x100.

### 2.2.10. MONTANTES HORIZONTALES MK

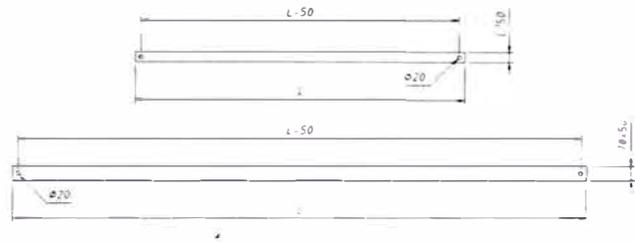
Elementos que arriostran los módulos de estructuras Horizontalmente. Se colocan en posición perpendicular al plano del módulo, y mantienen la separación entre los 2 módulos. Para distinguirlas de las DIAGONALES son tubos D48 y negros.



La longitud L del elemento se refiere a la longitud del tubo. En la denominación además se expresa en m la distancia A a la que quedarían las estructuras. Se utilizaran 2 Bulones de Ø20 para su montaje.

### 2.2.11. DIAGONALES MI

Elementos que arriostran los módulos de estructuras garantizando la perpendicularidad de la torre escuadrando los módulos.



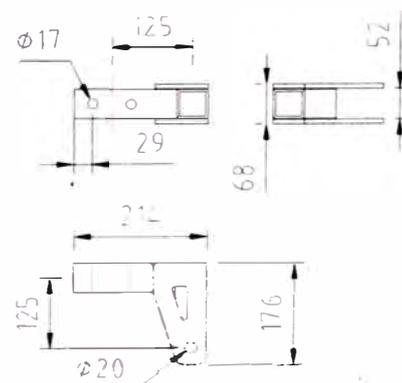
La longitud L del elemento se refiere a la longitud del tubo. En la denominación además se expresa en m la distancia AxB a la que quedarían las estructuras.

Para longitudes de diagonal inferiores a 2200 mm el tubo utilizado es de 50x50x4 y de ahí en adelante 70x50x4.

Se utilizaran 2 Bulones de Ø20 para su montaje.

### 2.2.12. CABEZAL DIAGONAL HORIZONTAL MK

Elemento que sirve para poder colocar una diagonal estándar a modo de diagonal Horizontal y escuadre de esa forma el plano Horizontal de la Torre.

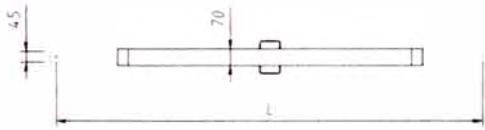


Se une a la RIOSTRA mediante 2 Tornillos M16. La unión a los MONTANTES y DIAGONALES se realiza mediante Bulón D20.

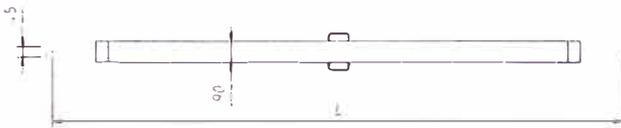
**2.2.13. TENSORES E**

En aquellos casos en los que sea necesaria un arriostamiento cuya medida no se pueda obtener con las diagonales estándar, se puede utilizar un TENSOR E.

La gama de TENSORES E disponible es la que se dispone de otros sistemas, y sus características dependen del tensor utilizado en cada caso.



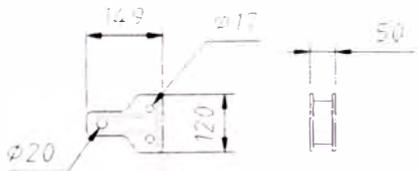
Gama Tensores hasta 2,2



Gama Tensores a partir de 2,2

**2.2.14. NUDO AXIAL M D20 MK**

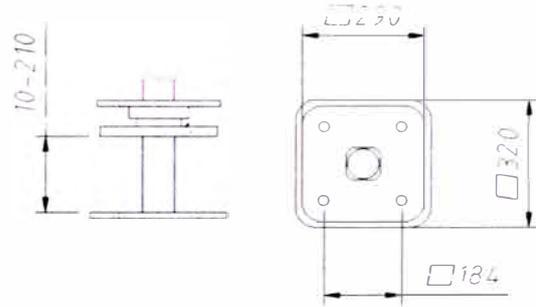
Elemento que se coloca al final de la riostra y permite mediante un bulón de 20 mm unir dicha riostra a cualquier elemento previsto con un orificio de las mismas dimensiones (Riostra, Ues de arriostamiento, ...).



En una de las RIOSTRAS MK-120 se unirá mediante 2 TORNILLOS M16x90, y en la otra mediante 1 BULÓN E20x70.

**2.2.15. HUSILLO BASE 360 MI**

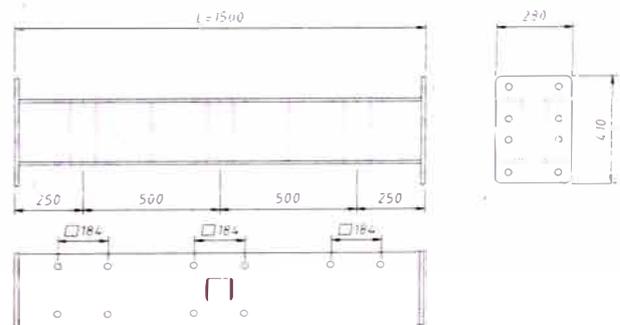
Elemento de regulación vertical que se coloca en la base y cabeza de las torres de CIMBRA MK 360. Tiene una regulación de 200mm. Se Tiene que montar sobre un perfil Husillo mediante 4 Tornillos M24x60. Este elemento debe de estar debidamente engrasado para su correcto uso.



 Los Husillos se deben engrasar antes del uso.

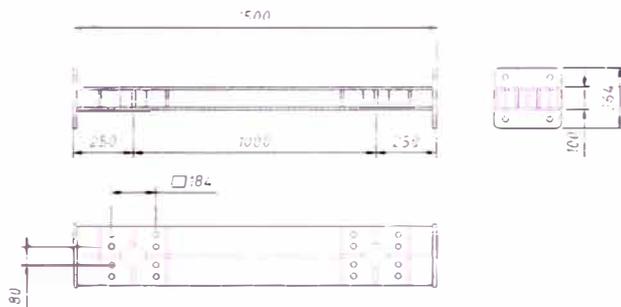
**2.2.16. PERFIL HUSILLO MK**

Esta pieza se apoya sobre los HUSILLOS. Estos perfiles se pueden unir entre sí mediante una unión de tipo testa para poder conformar un perfil Continuo, en dicha unión se utilizan 8 Tornillos M24x60. Los demás elementos o accesorios utilizados sobre el perfil se atornillan mediante 4 Tornillos M24x60.



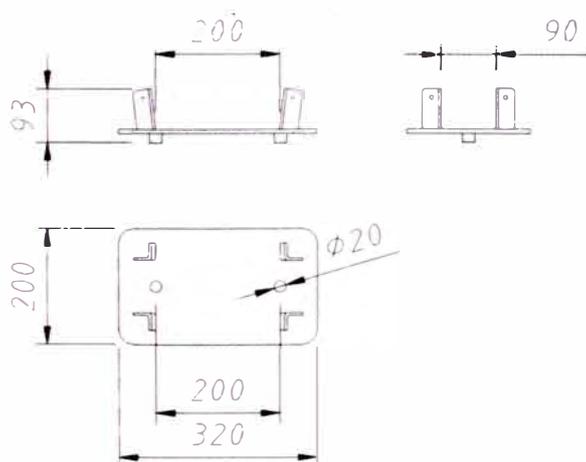
### 2.2.17. PERFIL ARRIOSTR. MK

Elemento que ayuda a conformar un marco rígido en la base o cabeza de la torre o utilizado para colocar en el sistema de Atirantado. Se une a los demás elementos mediante 4 Tornillos M24x60.



### 2.2.18. CABEZAL DOBLE ENTRADA MK

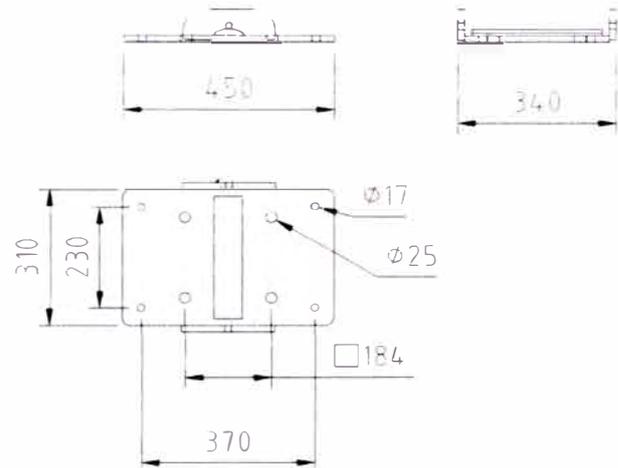
Placa que se coloca sobre la cabeza de las torres MK-150 ( directamente sobre el Husillo. unión a testa o cabeza Regulable MK ) y sirve de apoyo y guía lateral para el sistema de encofrado horizontal, pudiéndose colocar una viga de madera en su lado estrecho o dos VM o una riostra ( de 120 y 180 ) en su lado más ancho.



La placa tiene dos tetones en su parte inferior que se utilizan de guía para posicionar la pieza sobre el elemento en el que vaya montado.

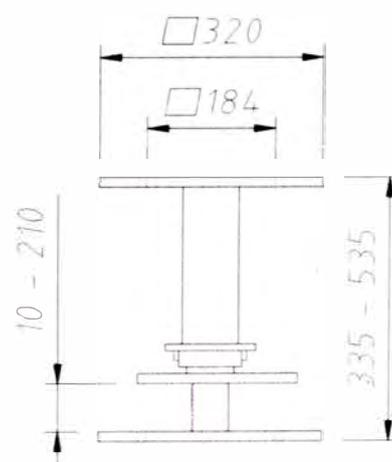
### 2.2.19. PLACA CENTRADORA MI

Esta placa sirve para centrar la carga sobre los postes de las torres, Se une a los demás elementos mediante 4 Tornillos M24x60.



### 2.2.20. HUSILLO BASE 150 MK

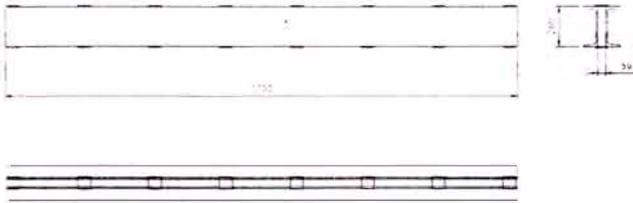
Es la pieza que se coloca en la base de las torres de CIMBRA MK-150. Tiene una regulación de 200 mm, Se une a los demás elementos mediante 4 Tornillos M24x60.



Los Husillos se deben engrasar antes del uso.

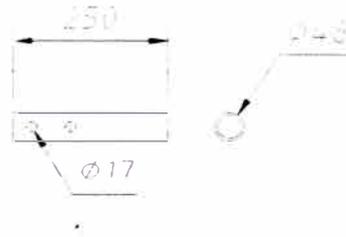
### 2.2.25. PERFIL REPARTO ATIRANTADO

Perfil que sirve para recibir el tirante que viene de la carrilera y repartirlo lateralmente a los extremos de la torre para que no haya interferencias entre los tirantes y los postes verticales.



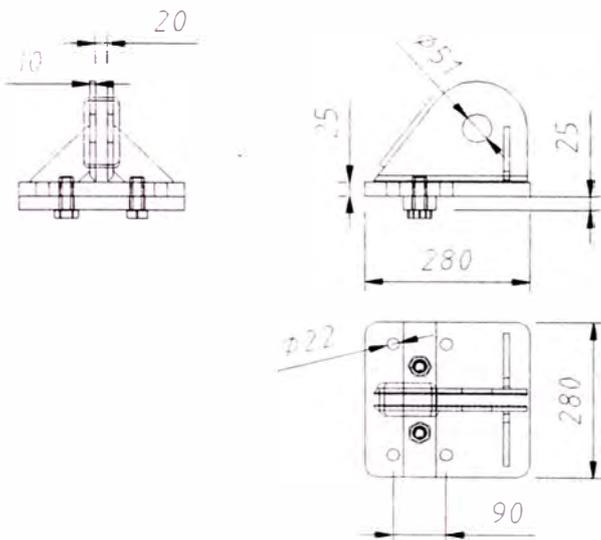
### 2.2.27. CABEZAL BARANDILLA MI

Es el elemento que permite colocar tubos D48 a modo de barandilla en cualquier altura de la RIOSTRA. Sea amarra mediante 2 tornillos M16.



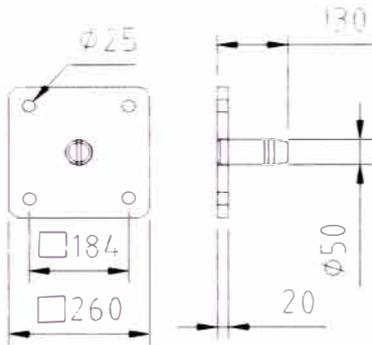
### 2.2.26. OREJETA SUELO

Orejeta que anclaremos al suelo para transmitir el esfuerzo proveniente de nuestro sistema de atirantado



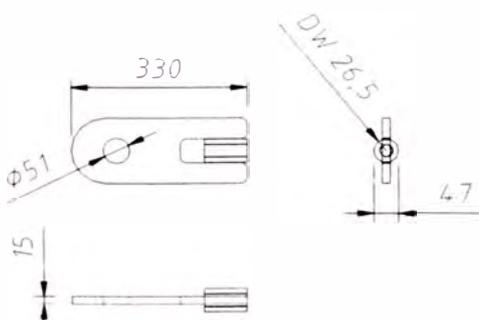
**2.2.21. PLACA ARRIOSTRAMIENTO VIENTO**

Elemento que colocaremos sobre el perfil de arriostramiento para poder salir con un tirante en cualquiera de las direcciones paralelas a la cara de la Torre en la que este montado el sistema de Atirantado. Se une al perfil de arriostramiento mediante 4 Tornillos M24x60



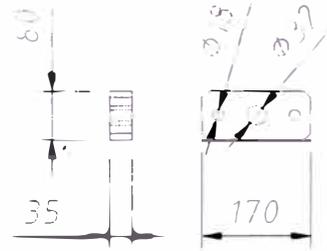
**2.2.22. TERMINAL BARRA DW-26 VIENTO**

Elemento Terminal que nos permite sacar un tirante DW de 26,5. Se monta directamente sobre la Placa de arriostramiento o a través del Bulón D50x75 en alguna de las orejetas previstas para tal efecto (Carrilera En cabeza o Suelo en Base).



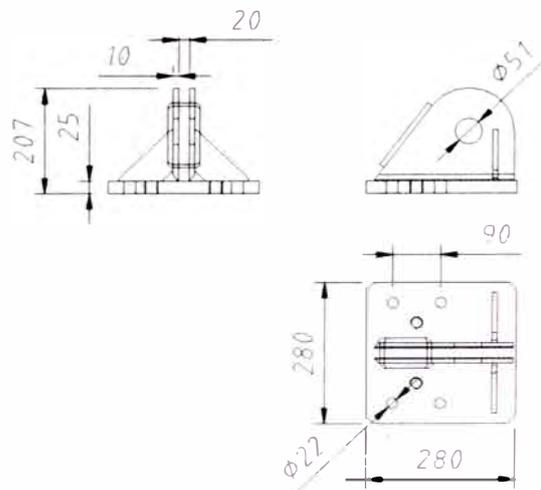
**2.2.23. TENSOR BIFURCADOR BARRA**

Elemento que permite unir o empalmar dos extremos de un tirante DW de 26,5 mediante dos tirantes DW de 15 y actuando sobre una de las dos tuercas DW 26 sirve para tesar los tirantes del tramos en el que está montado el elemento



**2.2.24. OREJETA CARRILERA**

Orejeta que colocaremos sobre la carrilera de nuestro sistema a través del cual trasladaremos el esfuerzo vertical al sistema de atirantado. Se une a la carrilera a través de 4 Tornillos M20



**ANEXO 4: CARGAS ADMISIBLES DE CERCHAS Y CIMBRAS MK.**

## 5.2. LIMITES DE ESTRUCTURAS TIPO



Los datos que a continuación se muestran son meramente orientativos, obtenidos de formulas expuestas en los distintos prontuarios para vigas en celosía como las expuestas. Son validos para un primer tanteo. Se recomienda verificar siempre las cerchas en cada aplicación.

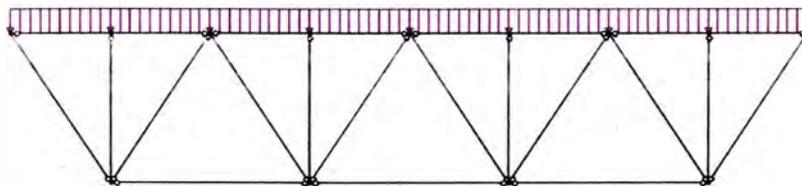


En ningún caso se muestran límites debidos a deformaciones que pueden aparecer sobre las cerchas. Estas se deben verificar mediante programas de cálculo de estructuras.

### 5.2.1. Estructura tipo Cercha Bi-apoyada

Se trata de una Cercha con apoyos en ambos extremos tal y como muestra la figura siguiente. Las luces que se pueden conseguir con esta cercha varían según la modulación empleada. Se analizan 3 casos de aplicación de la carga:

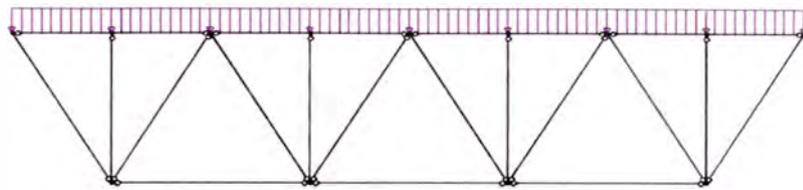
- Como Carga Repartida a lo largo de la Cercha
- Como Carga puntual aplicada en el centro de las Riostras que forman el Cordón superior
- Como Carga Puntual aplicada en todos los nudos del Cordón superior.



En las tablas se dan datos en ELS de Carga máxima admisible para cada Cercha ( $q_{max}$ ) ( $P_{max}$ ), Reacción Máxima en Tensor-Cordón, Momento máximo que puede absorber la Cercha ( $M_{Cercha\ max}$ ), Momento máximo en la riostra, Axil máximo en la Riostra y Reacciones en los apoyos en función de la distancia entre nudos de la Cercha.

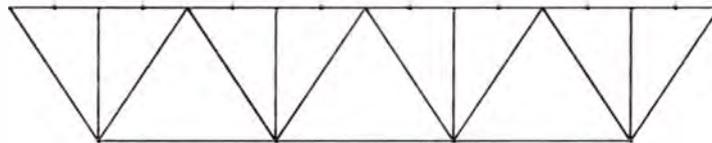
5.2.1.1. Distancia nudos 3m

$L_{Truss}$  **3** m  
 $h_{Truss}$  2,60 m

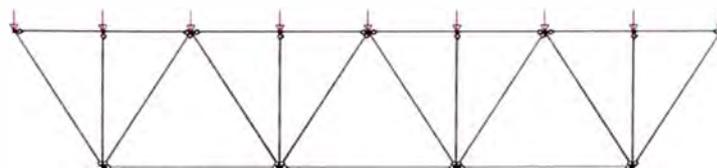


Longitud Total Truss (m)	qmax kN/m (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
12	31,93	59,86	Tube 50x50x6	574,67	8,98	221,19	191,56
15	24,08	45,15	Tube 50x50x6	677,32	6,77	260,70	180,62
18	18,52	34,73	Tube 50x50x6	750,10	5,21	288,71	166,69
21	14,55	27,28	Tube 50x50x6	802,06	4,09	308,71	152,77
24	11,66	21,87	Tube 50x50x6	839,82	3,28	323,25	139,97
27	9,52	17,86	Tube 50x50x6	867,84	2,68	334,03	128,57
30	7,90	14,82	Tube 50x50x6	889,05	2,22	342,19	11

$L_{Truss}$  **3** m  
 $h_{Truss}$  2,60 m



Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
12	26,34	39,51	49,38	Tube 50x50x6	474,08	11,14	182,48	158,03
15	20,76	31,14	38,92	Tube 50x50x6	583,87	8,78	224,73	155,70
18	16,49	24,74	30,92	Tube 50x50x6	667,89	6,98	257,07	148,42
21	13,27	19,90	24,88	Tube 50x50x6	731,35	5,61	281,50	139,30
24	10,83	16,24	20,30	Tube 50x50x6	779,41	4,58	299,99	129,90
27	8,96	13,44	16,79	Tube 50x50x6	816,18	3,79	314,15	120,92
30	7,51	11,26	14,08	Tube 50x50x6	844,69	3,18	325,12	112,63

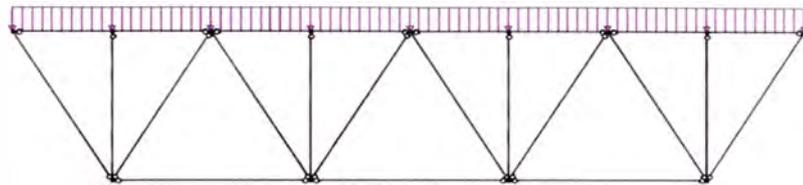


Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
12	44,54	66,81	59,38	Tube 50x50x6	801,69	0,00	308,57	300,63
15	33,26	49,88	45,35	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	274,36
18	23,09	34,64	31,98	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	225,17
21	16,97	25,45	23,75	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	190,88
24	12,99	19,49	18,34	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	165,63
27	10,26	15,40	14,59	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	146,26
30	8,31	12,47	11,88	Tube 50x50x6	935,31	0,00	360,00	130,94

Valores orientativos (referencia para comparar)

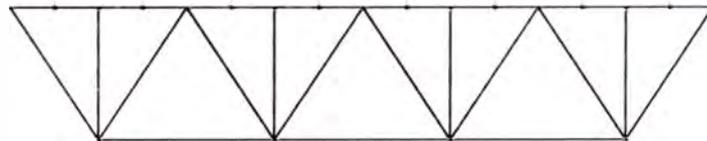
5.2.1.2. Distancia nudos 2.5m

$L_{Truss}$  **2,5** m  
 $h_{Truss}$  2,17 m

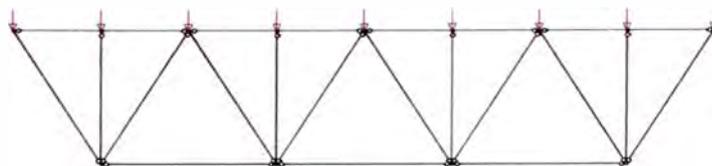


Longitud Total Truss (m)	qmax kN/m (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
10	42,65	66,64	Tensor E 1,5-2,2	533,10	8,33	246,23	213,24
12,5	31,76	49,62	Tensor E 1,5-2,2	620,31	6,20	286,51	198,50
15	24,21	37,82	Tensor E 1,5-2,2	680,81	4,73	314,45	181,55
17,5	18,90	29,52	Tensor E 1,5-2,2	723,35	3,69	334,10	165,34
20	15,08	23,56	Tensor E 1,5-2,2	753,92	2,94	348,22	150,78
22,5	12,27	19,17	Tensor E 1,5-2,2	776,42	2,40	358,61	138,03
25	9,98	15,59	Tensor E 1,5-2,2	779,42	1,95	360,00	124,71

$L_{Truss}$  **2,5** m  
 $h_{Truss}$  2,17 m



Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
10	35,63	44,54	55,68	Tensor E 1,5-2,2	445,43	10,47	205,74	178,17
12,5	27,70	34,62	43,28	Tensor E 1,5-2,2	541,01	8,14	249,88	173,12
15	21,77	27,22	34,02	Tensor E 1,5-2,2	612,40	6,40	282,85	163,31
17,5	17,38	21,72	27,16	Tensor E 1,5-2,2	665,33	5,11	307,30	152,07
20	14,10	17,62	22,03	Tensor E 1,5-2,2	704,87	4,14	325,57	140,97
22,5	11,61	14,51	18,14	Tensor E 1,5-2,2	734,81	3,41	339,39	130,63
25	9,70	12,13	15,16	Tensor E 1,5-2,2	757,84	2,85	350,03	121,25

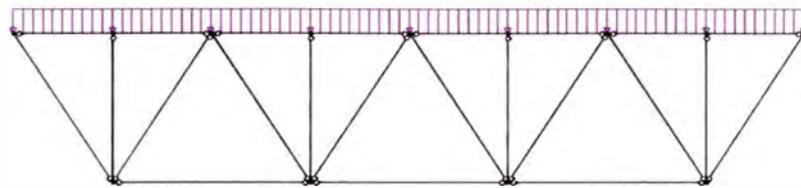


Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
10	62,35	77,94	69,28	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	350,74
12,5	39,91	49,88	45,35	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	274,36
15	27,71	34,64	31,98	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	225,17
17,5	20,36	25,45	23,75	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	190,88
20	15,59	19,49	18,34	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	165,63
22,5	12,32	15,40	14,59	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	146,26
25	9,98	12,47	11,88	Tensor E 1,5-2,2	779,42	0,00	360,00	130,94

Valores orientativos (referencia para comparar)

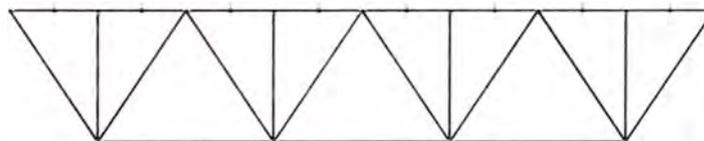
5.2.1.3. Distancia nudos 2m

$L_{Truss}$  **2** m  
 $h_{Truss}$  1,73 m

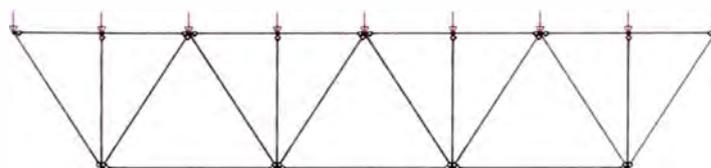


Longitud Total Truss (m)	qmax kN/m (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
8	59,78	74,72	Tensor E 1-1,5	478,24	7,47	276,11	239,12
10	43,78	54,73	Tensor E 1-1,5	547,26	5,47	315,96	218,90
12	32,99	41,24	Tensor E 1-1,5	593,81	4,12	342,84	197,94
14	25,45	31,81	Tensor E 1-1,5	623,54	3,18	360,00	178,15
16	19,49	24,36	Tensor E 1-1,5	623,54	2,44	360,00	155,88
18	15,40	19,25	Tensor E 1-1,5	623,54	1,92	360,00	138,56
20	12,47	15,59	Tensor E 1-1,5	623,54	1,56	360,00	124,71

$L_{Truss}$  **2** m  
 $h_{Truss}$  1,73 m



Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
8	50,81	50,81	63,51	Tensor E 1-1,5	406,47	9,55	234,68	203,24
10	38,77	38,77	48,46	Tensor E 1-1,5	484,59	7,29	279,78	193,84
12	30,06	30,06	37,58	Tensor E 1-1,5	541,09	5,65	312,40	180,36
14	23,75	23,75	29,69	Tensor E 1-1,5	582,00	4,47	336,02	166,28
16	19,13	19,13	23,91	Tensor E 1-1,5	612,03	3,60	353,36	153,01
18	15,40	15,40	19,25	Tensor E 1-1,5	623,54	2,89	360,00	138,56
20	12,47	12,47	15,59	Tensor E 1-1,5	623,54	2,34	360,00	124,71

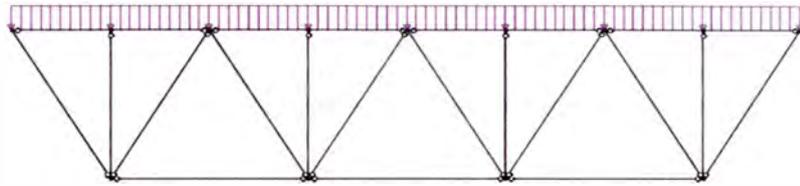


Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
8	77,94	77,94	69,28	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	350,74
10	49,88	49,88	45,35	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	274,36
12	34,64	34,64	31,98	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	225,17
14	25,45	25,45	23,75	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	190,88
16	19,49	19,49	18,34	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	165,63
18	15,40	15,40	14,59	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	146,26
20	12,47	12,47	11,88	Tensor E 1-1,5	623,54	0,00	360,00	130,94

Valores orientativos (referencia para comparar)

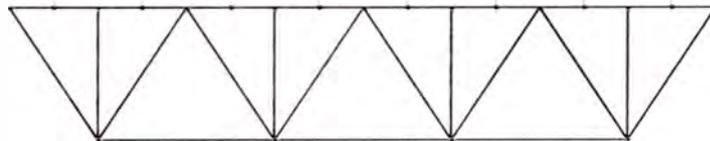
5.2.1.4. Distancia nudos 1.5m

$L_{Truss}$  **1,5** m  
 $h_{Truss}$  1,30 m

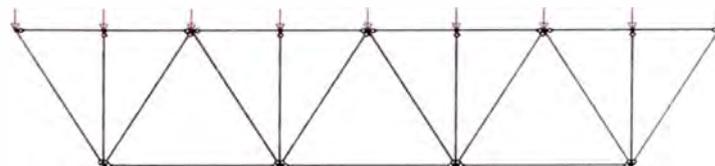


Longitud Total Truss (m)	qmax kN/m (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
6	90,25	84,60	OTRA OPCION	406,10	6,35	312,62	270,74
7,5	64,68	60,64	Tensor E 1-1,05	454,81	4,55	350,11	242,57
9	46,19	43,30	Tensor E 1-1,05	467,65	3,25	360,00	207,85
10,5	33,93	31,81	Tensor E 1-1,05	467,65	2,39	360,00	178,15
12	25,98	24,36	Tensor E 1-1,05	467,65	1,83	360,00	155,88
13,5	20,53	19,25	Tensor E 1-1,05	467,65	1,44	360,00	138,56
15	16,63	15,59	Tensor E 1-1,05	467,65	1,17	360,00	124,71

$L_{Truss}$  **1,5** m  
 $h_{Truss}$  1,30 m



Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
6	78,48	58,86	73,57	Tensor E 1-1,05	353,15	8,30	271,86	235,44
7,5	58,41	43,81	54,76	Tensor E 1-1,05	410,68	6,18	316,14	219,03
9	44,50	33,37	41,72	Tensor E 1-1,05	450,54	4,71	346,83	200,24
10,5	33,93	25,45	31,81	Tensor E 1-1,05	467,65	3,59	360,00	178,15
12	25,98	19,49	24,36	Tensor E 1-1,05	467,65	2,75	360,00	155,88
13,5	20,53	15,40	19,25	Tensor E 1-1,05	467,65	2,17	360,00	138,56
15	16,63	12,47	15,59	Tensor E 1-1,05	467,65	1,76	360,00	124,71



Longitud Total Truss (m)	qmax * kN/m (ELS)	Pmax kN (ELS)	NTensor max kN (ELS)	Tensor a utilizar	MCercha max kNm (ELS)	Mmax Riostra kNm (ELS)	Axil Max kN (ELS)	R Apoyos kN (ELS)
6	103,92	77,94	69,28	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	350,74
7,5	66,51	49,88	45,35	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	274,36
9	46,19	34,64	31,98	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	225,17
10,5	33,93	25,45	23,75	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	190,88
12	25,98	19,49	18,34	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	165,63
13,5	20,53	15,40	14,59	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	146,26
15	16,63	12,47	11,88	Tensor E 1-1,05	467,65	0,00	360,00	130,94

Valores orientativos (referencia para comparar)

## 5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS APLICACIONES

### 5.2.1. CIMBRA MK-360



Los datos que a continuación se muestran son meramente orientativos, obtenidos de formulas expuestas en los distintos prontuarios para torres como las mostradas. Son validos para un primer tanteo. Se recomienda verificar siempre las torres en cada aplicación

VALOR ADMISIBLE (F valor de E.L.S.) EN CABEZA PARA LA TORRE CON LAS HIPOTESIS INDICADAS

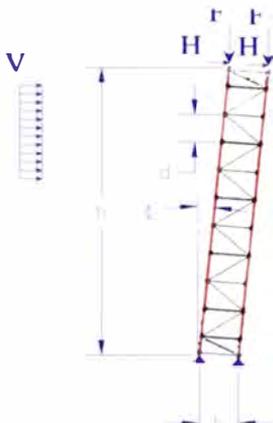
#### Montante Horizontal cada 2,5 m

##### DATOS DE PARTIDA

- H = 1% V
- IMPERFECCION  $\phi = 1/200$
- Distancia entre Elementos Horizontales ( d ) 2,5 m
- C. Uso (E.L.S.) Diagonales Tracc/Compr 30 kN
- C. Uso (E.L.S.) Compresion 2,5 287 kN
- VIENTO (carga Lineal sobre 1 pie exterior) 0,850 kN/m
- VIENTO ( $Q_{BASE}$ ) 1 kN/m<sup>2</sup>
- Area Expuesta (Aproximado) por m lineal Torre 0,5 m<sup>2</sup>
- Coefficiente Eolico Pies exteriores Torre 2,5

VALOR > 144 kN  
 \*\* VALOR < 144 kN

\*\* VALOR < 144 kN = ( TRACCIONES EN LA BASE )



Calculo 1<sup>er</sup> orden

h	ANCHO TORRE (m)		
	TORRE 1 m	TORRE 2 m	TORRE 3 m
2,5 m	265,1 kN	275,6 kN	279,3 kN
5,0 m	242,5 kN	263,2 kN	270,8 kN
7,5 m	219,4 kN	249,8 kN	261,3 kN
10,0 m	195,8 kN	235,4 kN	251,1 kN
12,5 m	171,8 kN	220,3 kN	240,1 kN
15,0 m	147,5 kN	204,4 kN	228,4 kN
17,5 m	122,9 kN	187,9 kN	216,0 kN
20,0 m	98,1 kN	170,8 kN	203,1 kN
22,5 m	73,1 kN	137,2 kN	189,5 kN
25,0 m	47,9 kN	83,0 kN	175,4 kN

**CARGA DE USO ADMISIBLE POR PATA PARA LAS CONDICIONES INDICADAS**

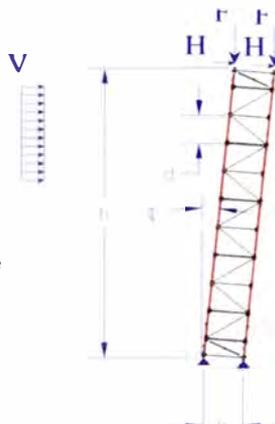
#### Montante Horizontal cada 2,0 m

##### DATOS DE PARTIDA

- H = 1% V
- IMPERFECCION  $\phi = 1/200$
- Distancia entre Elementos Horizontales ( d ) 2 m
- C. Uso (E.L.S.) Diagonales Tracc/Compr 30 kN
- C. Uso (E.L.S.) Compresion 2 336 kN
- VIENTO (carga Lineal sobre 1 pie exterior) 0,850 kN/m
- VIENTO ( $Q_{BASE}$ ) 1 kN/m<sup>2</sup>
- Area Expuesta (Aproximado) por m lineal Torre 0,5 m<sup>2</sup>
- Coefficiente Eolico Pies exteriores Torre 2,6

VALOR > 168 kN  
 \*\* VALOR < 168 kN

\*\* VALOR < 168 kN = ( TRACCIONES EN LA BASE )



Calculo 1<sup>er</sup> orden

h	ANCHO TORRE (m)		
	TORRE 1 m	TORRE 2 m	TORRE 3 m
5,0 m	274,8 kN	302,9 kN	313,3 kN
6,0 m	254,2 kN	290,7 kN	304,7 kN
10,0 m	233,5 kN	278,0 kN	295,6 kN
12,0 m	212,6 kN	264,9 kN	286,1 kN
14,0 m	191,8 kN	251,4 kN	276,1 kN
16,0 m	170,8 kN	237,4 kN	265,7 kN
18,0 m	149,8 kN	223,1 kN	255,0 kN
20,0 m	128,8 kN	208,5 kN	243,9 kN
22,0 m	107,7 kN	193,5 kN	232,4 kN
24,0 m	86,5 kN	176,2 kN	220,6 kN

**CARGA DE USO ADMISIBLE POR PATA PARA LAS CONDICIONES INDICADAS**

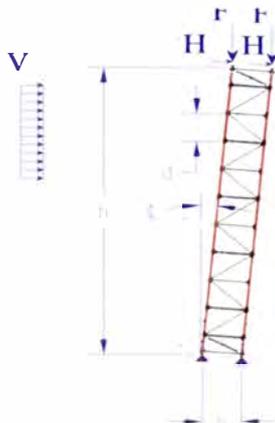
#### Montante Horizontal cada 1,5 m

##### DATOS DE PARTIDA

- H = 1% V
- IMPERFECCION  $\phi = 1/200$
- Distancia entre Elementos Horizontales ( d ) 1,5 m
- C. Uso (E.L.S.) Diagonales Tracc/Compr 30 kN
- C. Uso (E.L.S.) Compresion 1,5 360 kN
- VIENTO (carga Lineal sobre 1 pie exterior) 0,650 kN/m
- VIENTO ( $Q_{BASE}$ ) 1 kN/m<sup>2</sup>
- Area Expuesta (Aproximado) por m lineal Torre 0,5 m<sup>2</sup>
- Coefficiente Eolico Pies exteriores Torre 2,6

VALOR > 180 kN  
 \*\* VALOR < 180 kN

\*\* VALOR < 180 kN = ( TRACCIONES EN LA BASE )



Calculo 1<sup>er</sup> orden

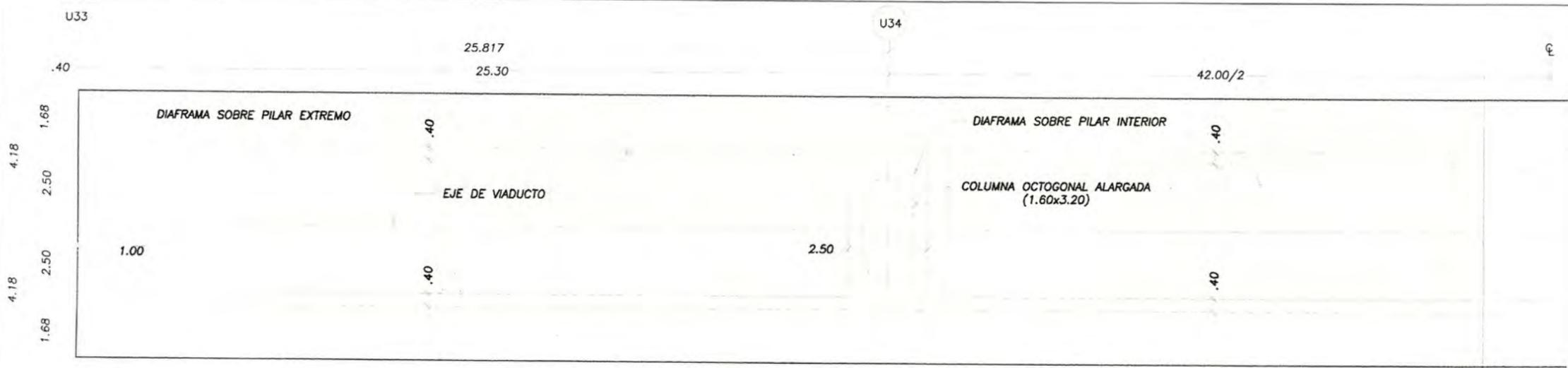
h	ANCHO TORRE (m)		
	TORRE 1 m	TORRE 2 m	TORRE 3 m
12,0 m	246,5 kN	295,5 kN	315,0 kN
12,0 m	230,3 kN	285,3 kN	307,5 kN
13,5 m	214,1 kN	274,7 kN	299,8 kN
14,0 m	197,8 kN	264,0 kN	291,8 kN
15,5 m	181,6 kN	253,1 kN	283,7 kN
16,0 m	165,4 kN	242,0 kN	275,3 kN
17,5 m	149,2 kN	230,7 kN	266,6 kN
21,0 m	132,9 kN	219,3 kN	258,0 kN
22,0 m	116,7 kN	207,7 kN	249,1 kN
23,0 m	100,5 kN	195,9 kN	240,0 kN

**CARGA DE USO ADMISIBLE POR PATA PARA LAS CONDICIONES INDICADAS**

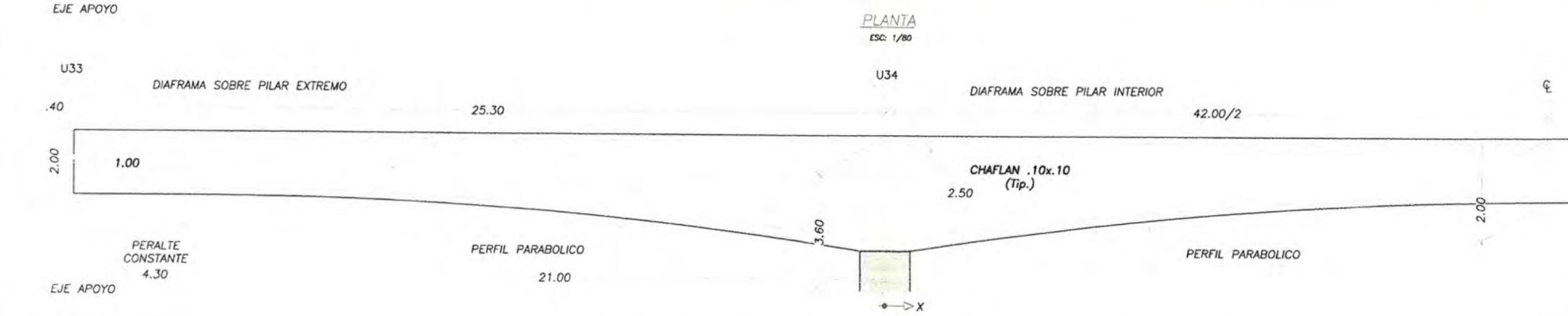
**ANEXO 5: PLANOS DE CONCRETO DEL PUENTE SANTA ROSA.**





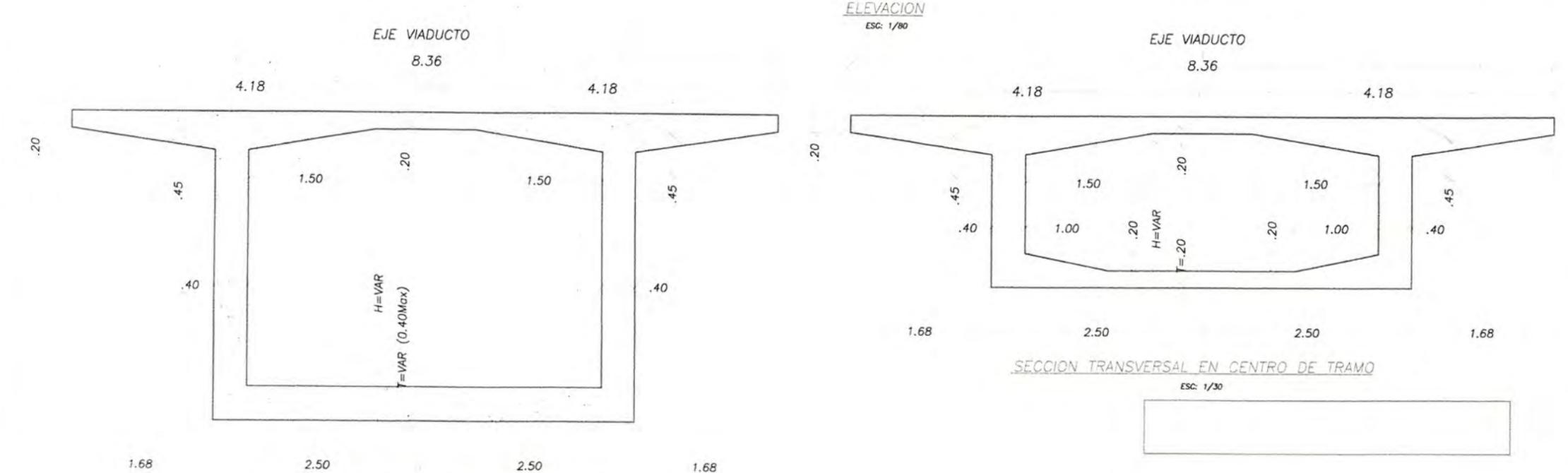


PLANTA  
ESC: 1/80



ELEVACION  
ESC: 1/80

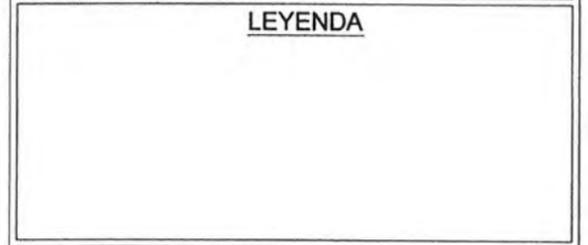
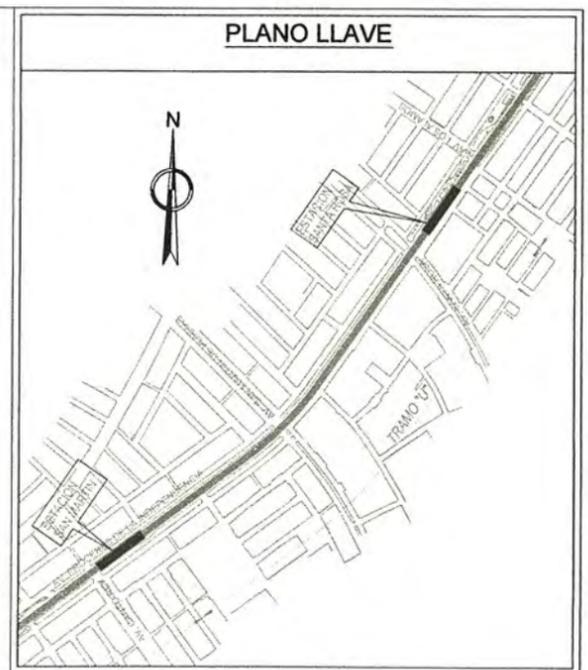
Losa Inf. "T" (m)	Peralte "H" (m)	X (m)
0.200	2.000	-25.70
0.200	2.000	-21.00
0.200	2.004	-20.00
0.200	2.016	-19.00
0.200	2.035	-18.00
0.200	2.063	-17.00
0.200	2.098	-16.00
0.200	2.141	-15.00
0.200	2.192	-14.00
0.200	2.251	-13.00
0.200	2.318	-12.00
0.200	2.392	-11.00
0.200	2.474	-10.00
0.200	2.565	-9.00
0.226	2.663	-8.00
0.252	2.769	-7.00
0.277	2.882	-6.00
0.303	3.004	-5.00
0.329	3.133	-4.00
0.355	3.270	-3.00
0.381	3.416	-2.00
0.400	3.600	-1.25
--	3.600	0.00
0.400	3.600	+1.25
0.381	3.416	+2.00
0.355	3.270	+3.00
0.329	3.133	+4.00
0.303	3.004	+5.00
0.277	2.882	+6.00
0.252	2.769	+7.00
0.226	2.663	+8.00
0.200	2.565	+9.00
0.200	2.474	+10.00
0.200	2.392	+11.00
0.200	2.318	+12.00
0.200	2.251	+13.00
0.200	2.192	+14.00
0.200	2.141	+15.00
0.200	2.098	+16.00
0.200	2.063	+17.00
0.200	2.035	+18.00
0.200	2.016	+19.00
0.200	2.004	+20.00
0.200	2.000	+21.00



SECCION TRANSVERSAL ADYACENTE A PILARES  
ESC: 1/30

SECCION TRANSVERSAL EN CENTRO DE TRAMO  
ESC: 1/30

NOTAS:  
1. TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.



Notas:

Referencias:

CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	.....	Firma:
CESEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	.....	
PÖVRY	REVISAR Y REENVIAR	.....	

Rev.	Fecha	Elabor.	Revis.	Aprob.
	DDMMAA			

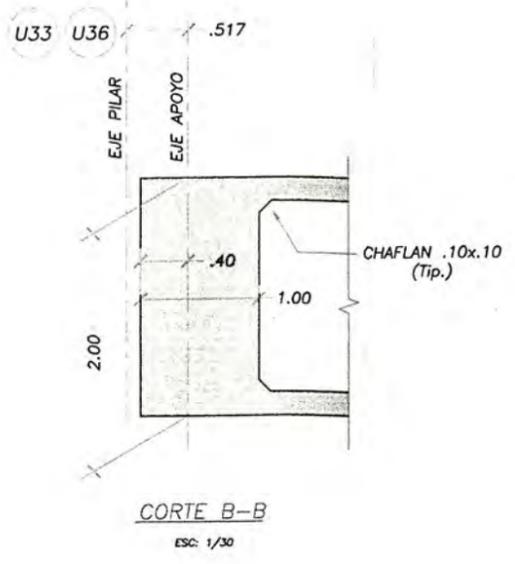
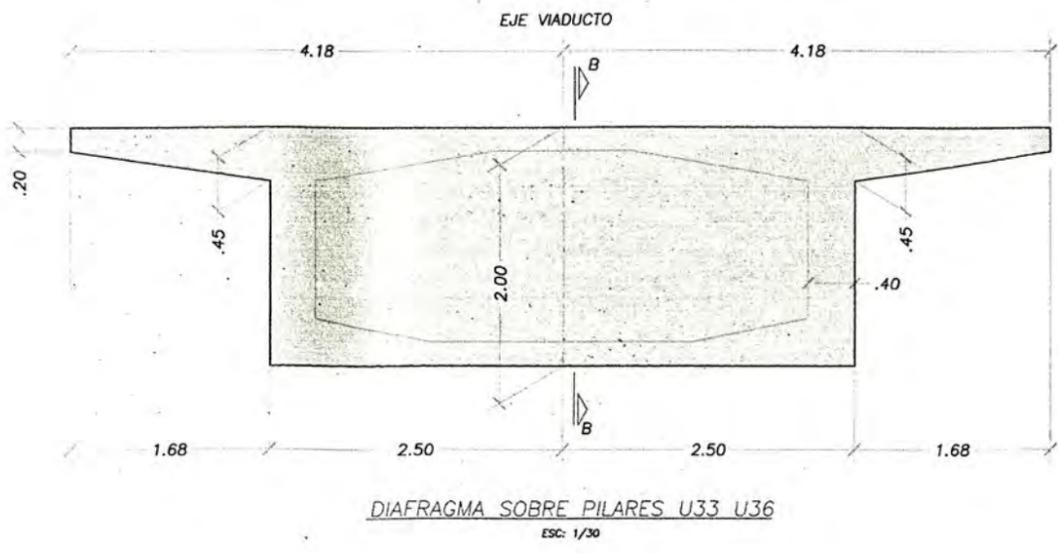
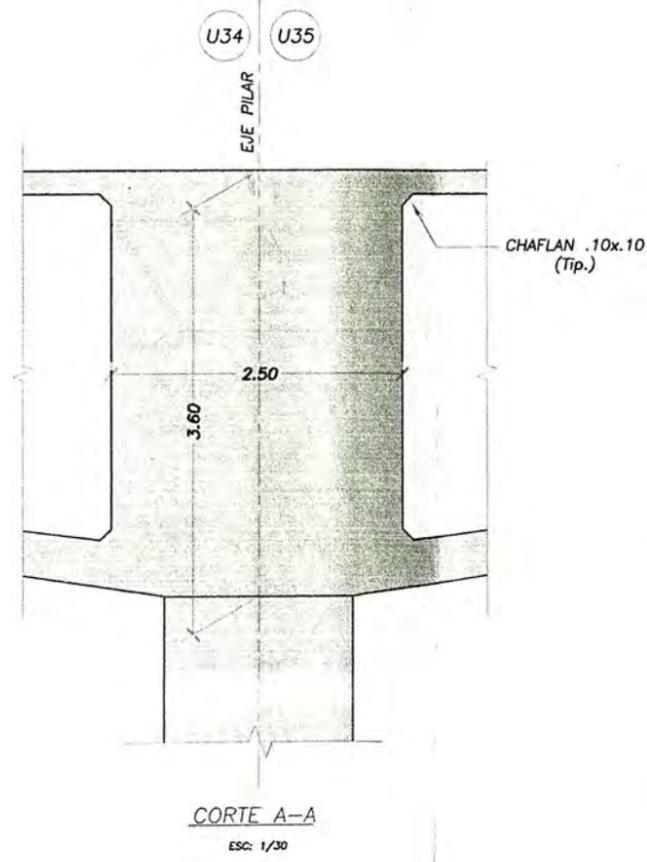
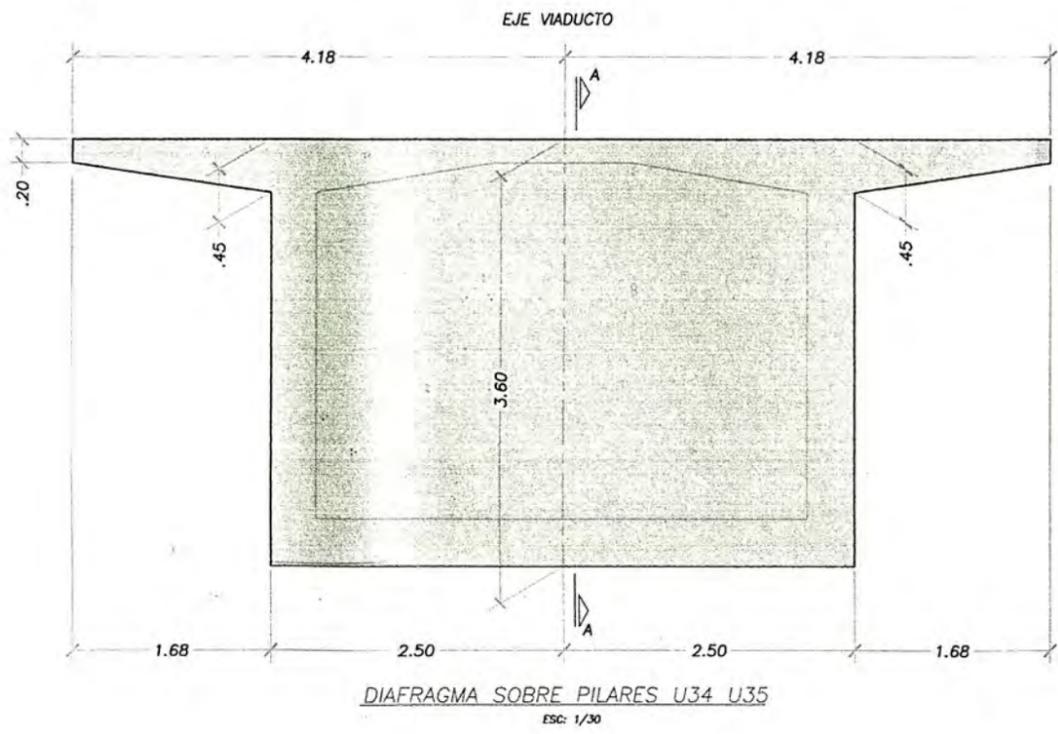
Cliente: MTC  
 Contratista: CONSORCIO TREN ELECTRICO  
 Proyectista: ODEBRECHT  
 TYLIN INTERNATIONAL  
 engineers | planners | scientists

Proyecto:

Codigo:	Rev:

Plano: Escala: (A1)





**PLANO LLAVE**

**LEYENDA**

Notas:

Referencias:

CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	.....	Firma:
CESEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	.....	
PÓRY	REVISAR Y REBOMAR	.....	

Rev.	Fecha	DDMM/AA	ELABOR.	REVIS.	APROB.

Cliente: MTC

Contratista: CONSORCIO TREN ELECTRICO

Proyectista: ODEBRECHT TYLIN INTERNATIONAL

Proyecto:

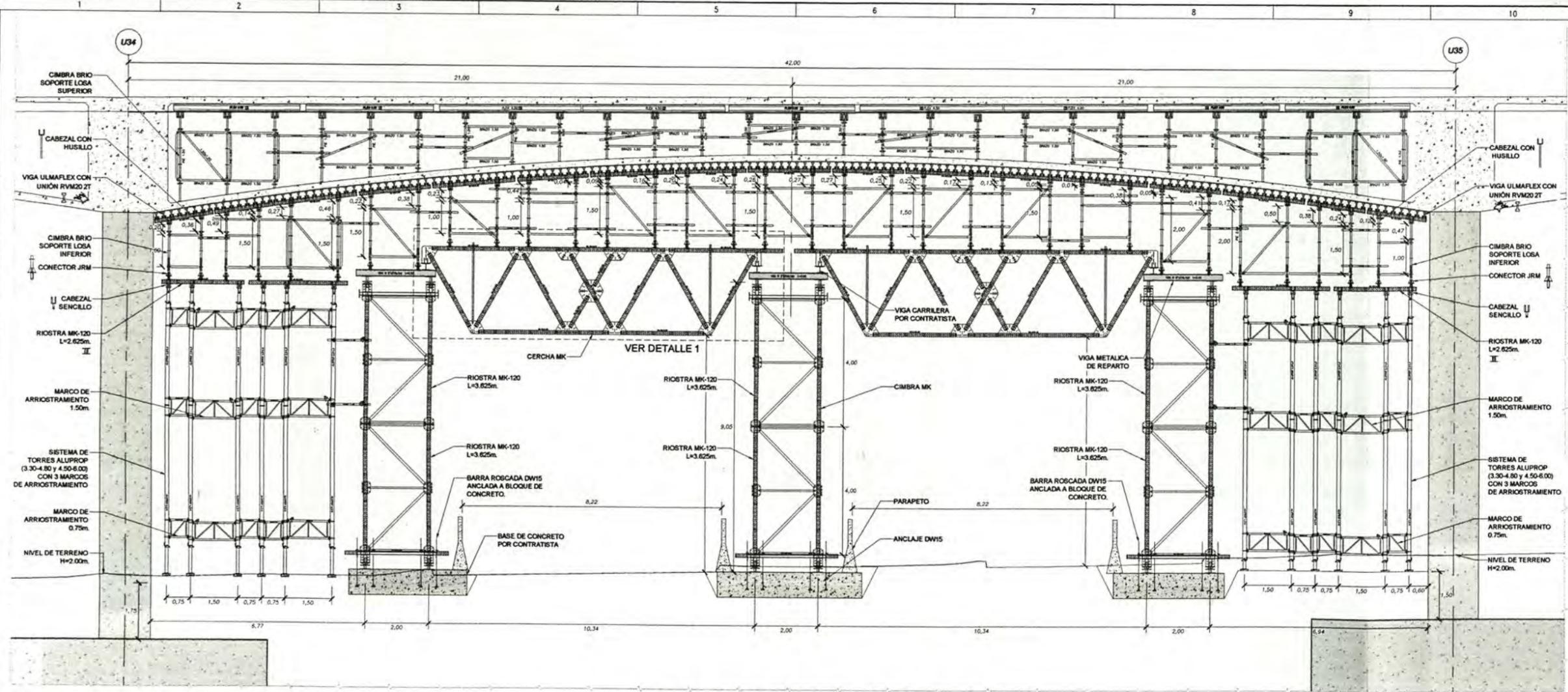
Código:

Plano: TRAMO U MODULO U8  
TABERO - GEOMETRIA 3/3

Escala: (A1)

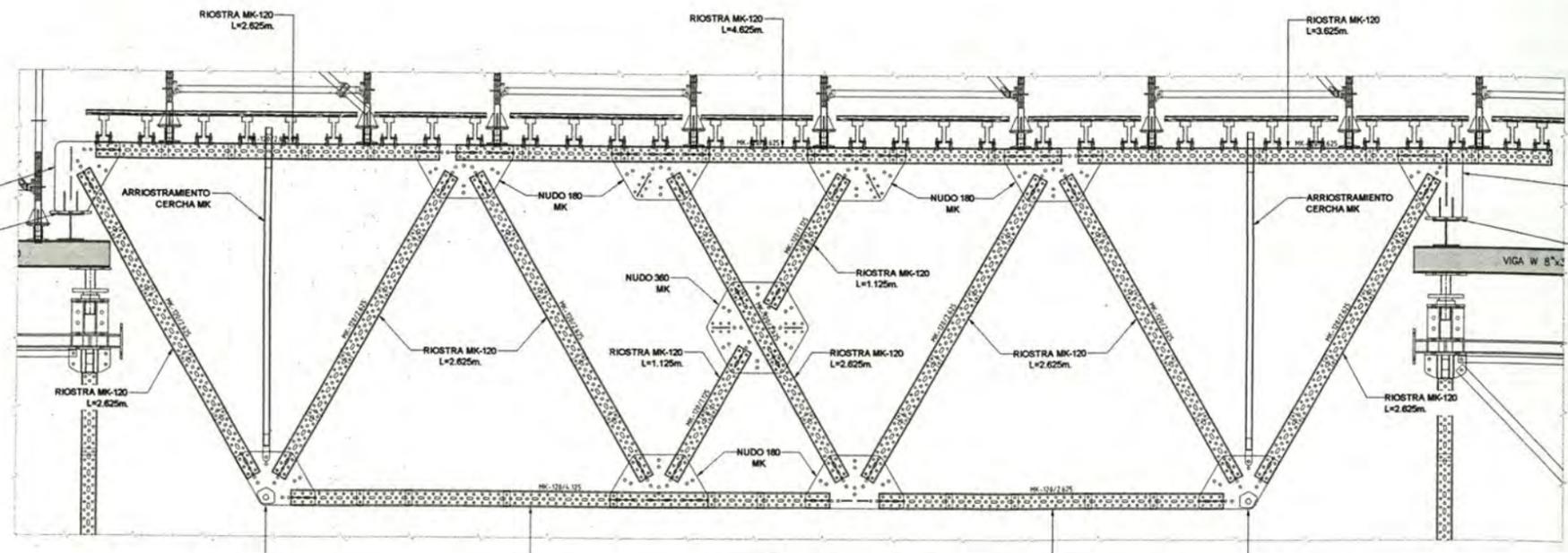
NOTAS:  
1. TODAS LAS DIMENSIONES EN METROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

## **ANEXO 7: CÁLCULOS EN VIGAS VM20.**



**ELEVACIÓN GENERAL DE SOPORTE Y FALSO PUENTE**  
CORTE A - A  
1/150

Madera por Contratista



**DETALLE DE CERCHA MK**  
DETALLE 1  
1:50

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



- NOTAS GENERALES**
- TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORA.
  - EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ÉSTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
  - ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
  - EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS. NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUFFICIENTES POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
  - EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL. CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
  - EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323
----------------------------

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.

**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
www.ulma-c.com.pe

OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
FAX: (+511) 613-6710

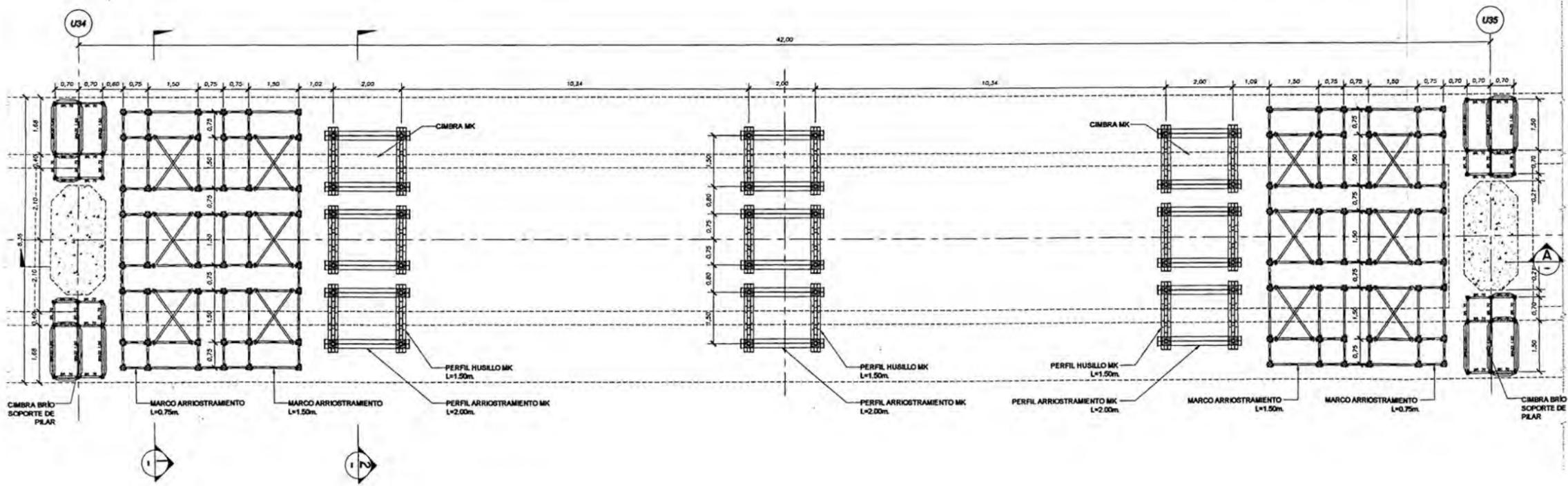
PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

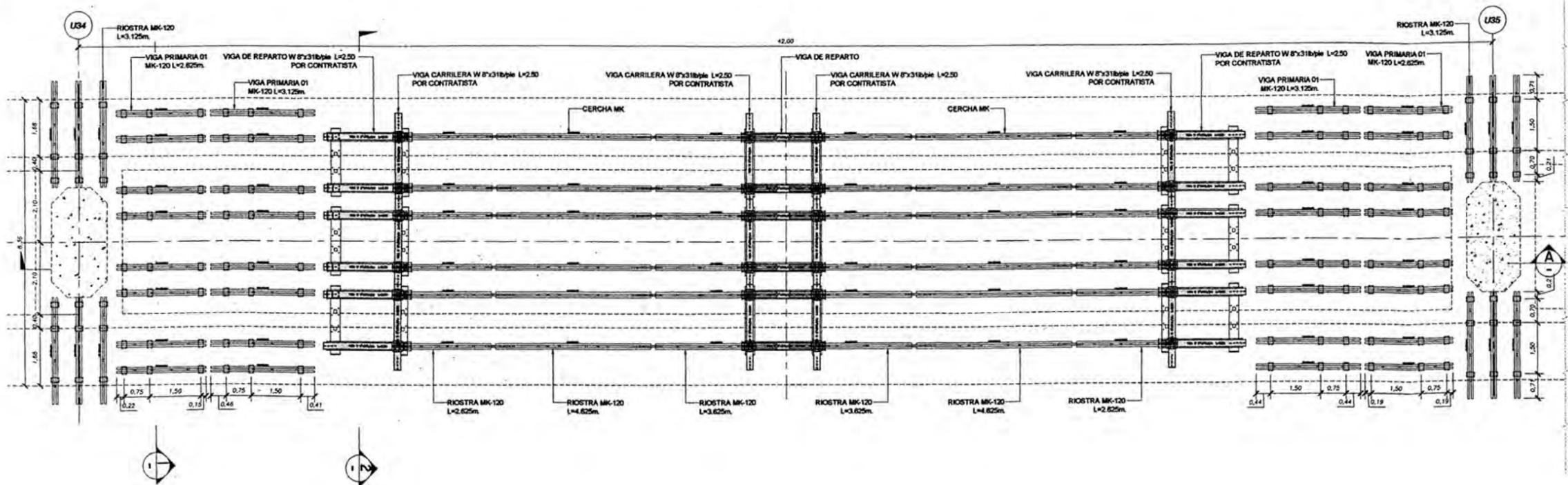
DESCRIPCION:  
**ELEVACIÓN TRAMO U34 - U35**

DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic 2012	LAMINA: PUB-01-01
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 01 DE 08



**DISTRIBUCIÓN DE TORRE ALUPROP, CIMBRA MK Y CIMBRA BRÍO**  
1/150

Madera por Contratista



**DISTRIBUCIÓN DE VIGAS PRIMARIAS 01 Y CERCHAS - MK-120**  
1/150

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



**NOTAS GENERALES**

- TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORA.
- EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CUENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA. LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CUENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
- ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CUENTE. QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A.
- EL CUENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS. NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLENIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
- EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CUENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL. CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CUENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
- EL CUENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.
			G.C.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S.A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
 FAX: (+511) 613-6710  
 www.ulma-c.com.pe

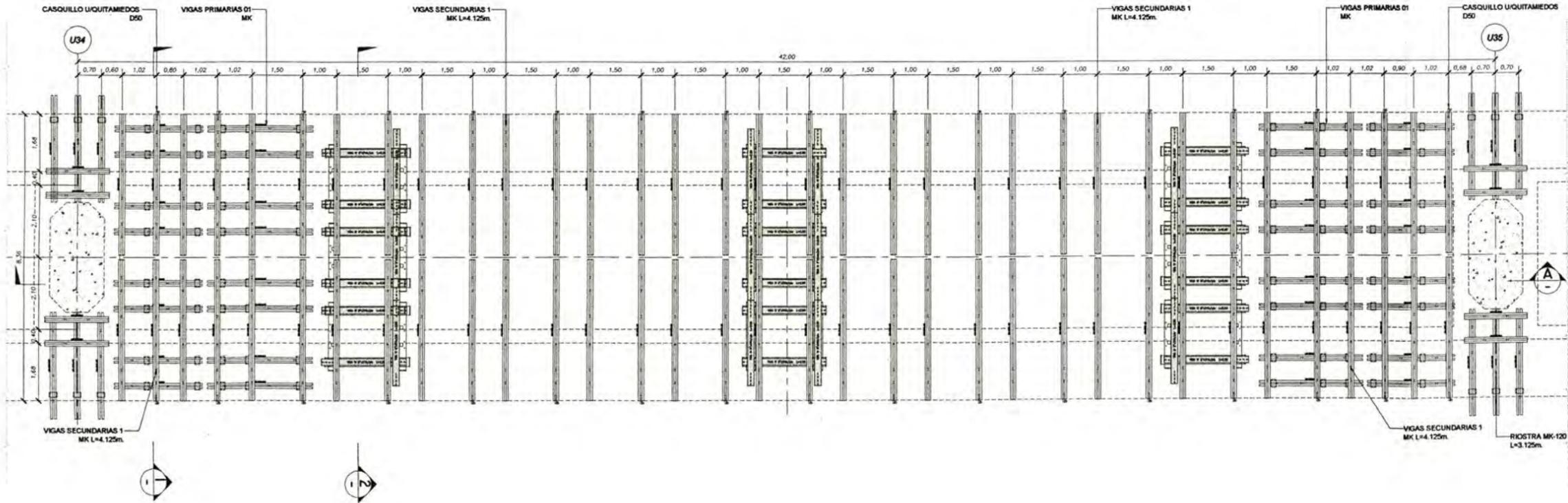
PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 -TRAMO 2**

SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CUENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

DESCRIPCION:  
**DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS U34 - U35**

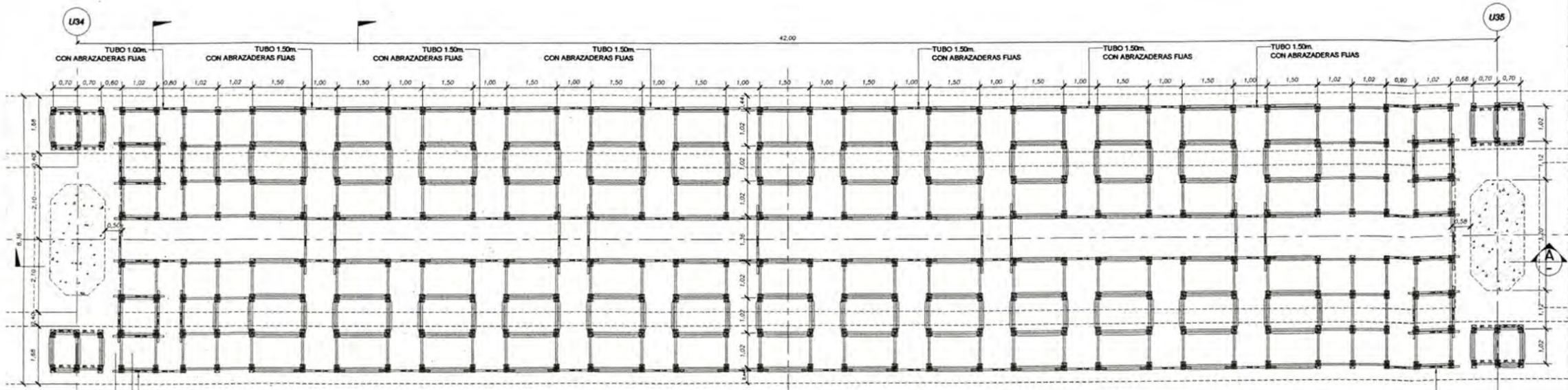
DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-02
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 02 DE 08



DISTRIBUCIÓN DE VIGAS SECUNDARIAS 01 MK-120

1:150

Madera por Contratista



DISTRIBUCIÓN DE CIMBRA BRÍO - SOPORTE LOSA INFERIOR

1:150

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



NOTAS GENERALES

1. TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA VIO COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORIA.
2. EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA. LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUE DEBERÁ VERIFICAR QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
3. ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA. TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
4. EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS. NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A., QUE NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
5. EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
6. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

PLANOS DE REFERENCIA

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323

REVISIONES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APRÓB.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
 FAX: (+511) 613-6710  
 www.ulma-c.com.pe

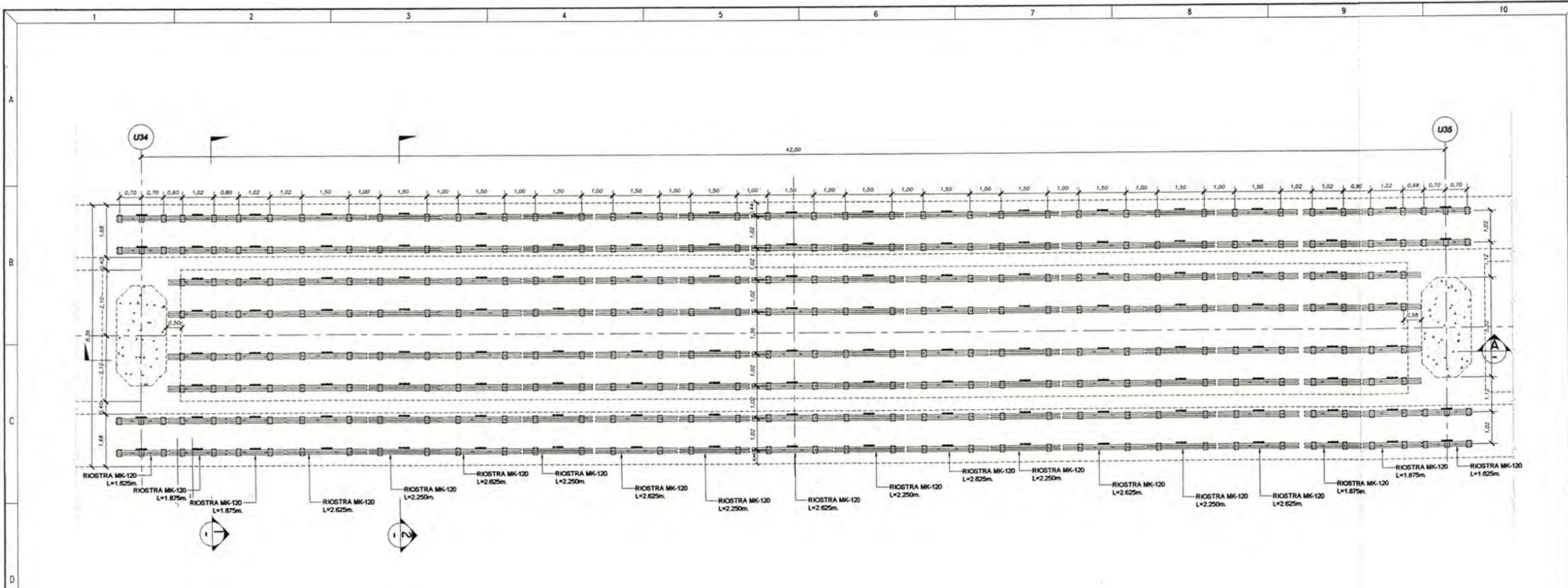
PROYECTO: SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2

SUB-PROYECTO: PUENTE SANTA ROSA

CLIENTE: CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO

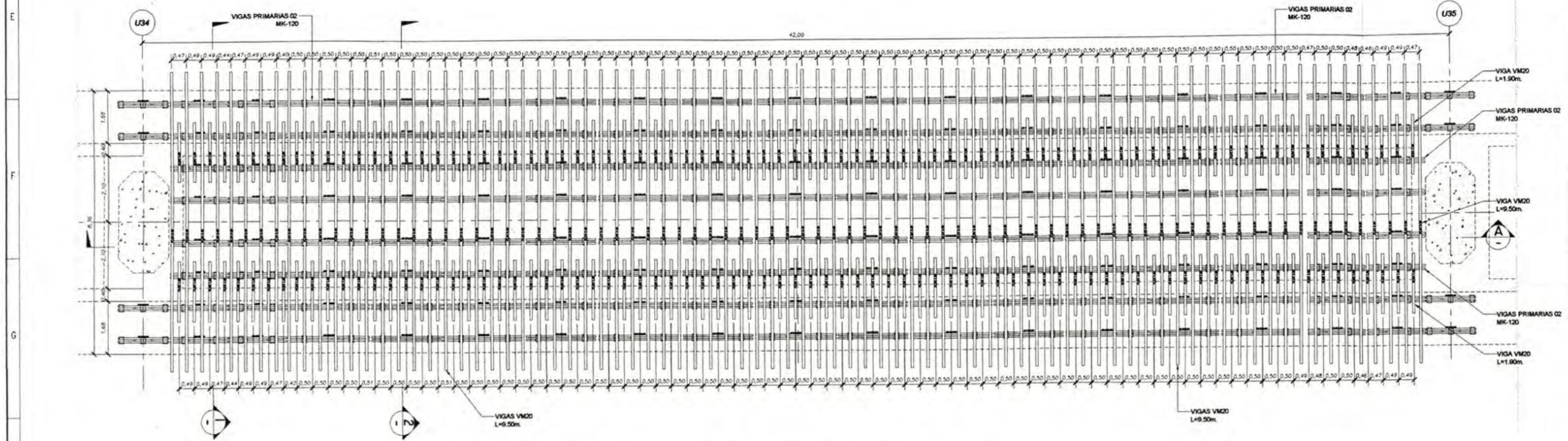
DESCRIPCION: DISTRIBUCION DE PLANTAS CIMBRA BRÍO TRAMO U34 - U35

DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-03
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 03 DE 08



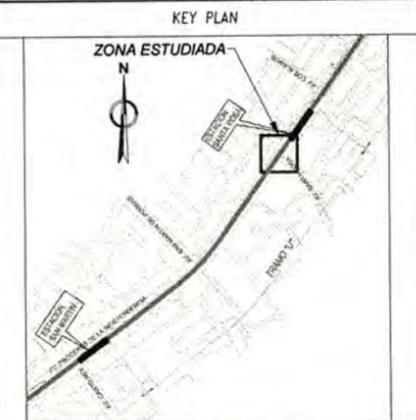
**DISTRIBUCIÓN DE VIGAS PRIMARIAS 02 - MK-120**  
1:150

Madera por Contratista



**DISTRIBUCIÓN DE VIGAS SECUNDARIAS 02 VM20**  
1:150

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



- NOTAS GENERALES**
1. TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORÍA.
  2. EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA, LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
  3. ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A.
  4. EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS, NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLENIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A., QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
  5. EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
  6. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERÚ S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-VTU-EST-DWG-38323
------------------------

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 www.ulma-c.com.pe

OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
 FAX: (+511) 613-6710

PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

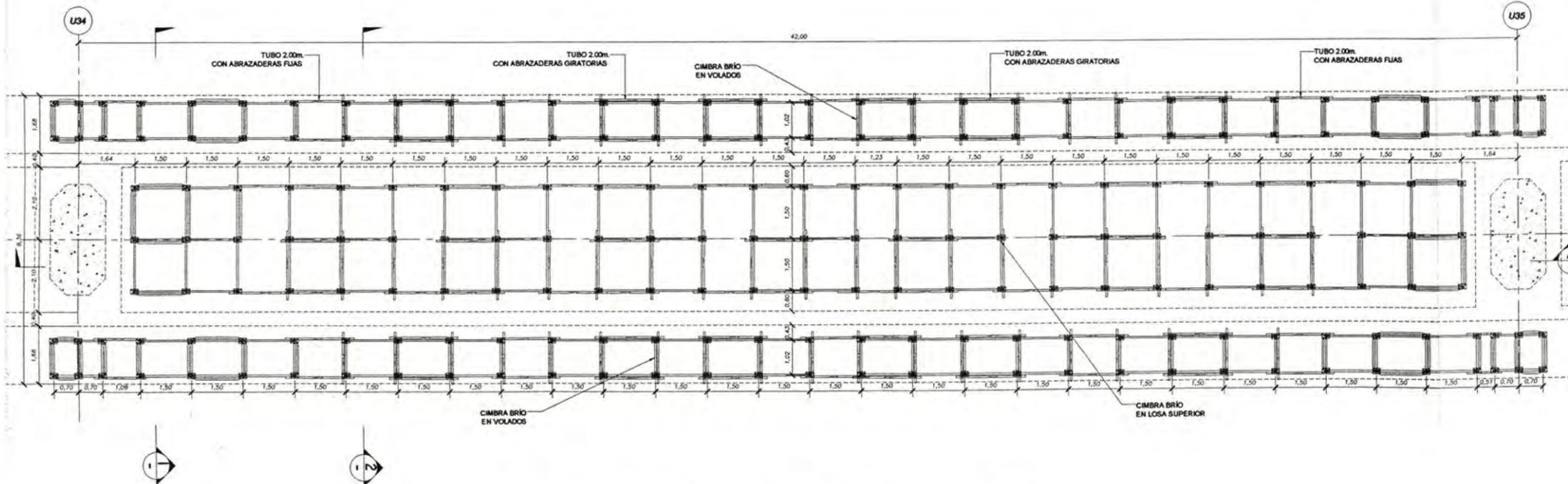
SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

DESCRIPCION:  
**DISTRIBUCION DE PLANTAS TRAMO U34 - U35**

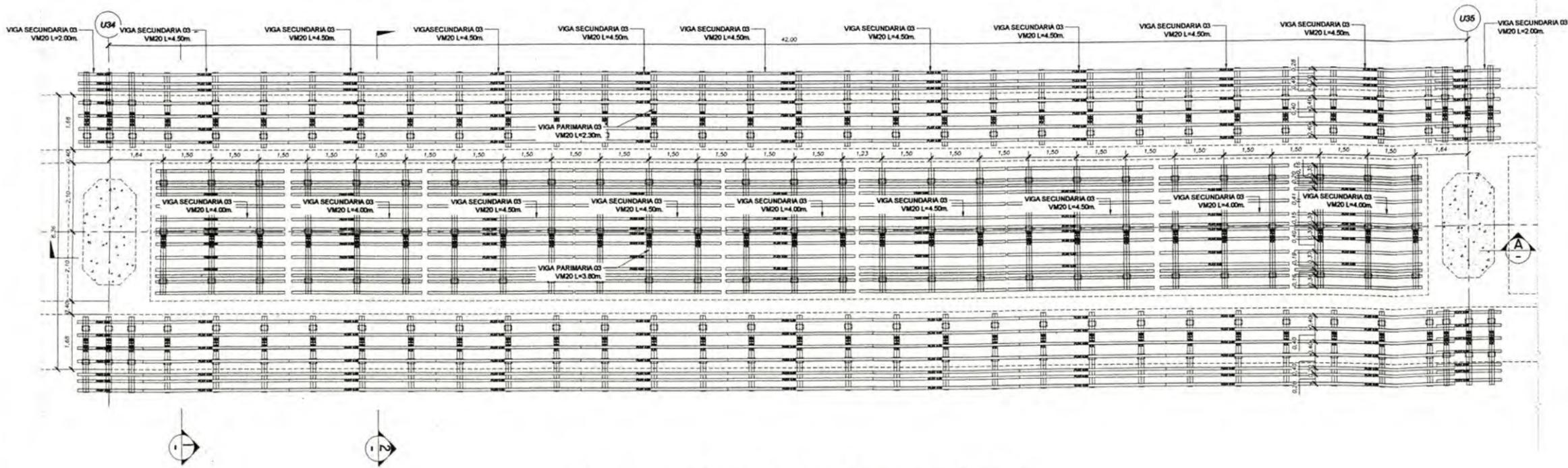
DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-04
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 04 DE 08





**DISTRIBUCIÓN DE CIMBRA BRÍO LOSA SUPERIOR Y VOLADOS**  
1:150

Madera por Contratista



**DISTRIBUCIÓN DE VIGAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS 03 VM20**  
1:150

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



**NOTAS GENERALES**

- TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORIA.
- EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
- ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
- EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS. NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
- EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL. CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
- EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-TYI-VTU-EST-DWG-38323

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
 FAX: (+511) 613-6710  
 www.ulma-c.com.pe

PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

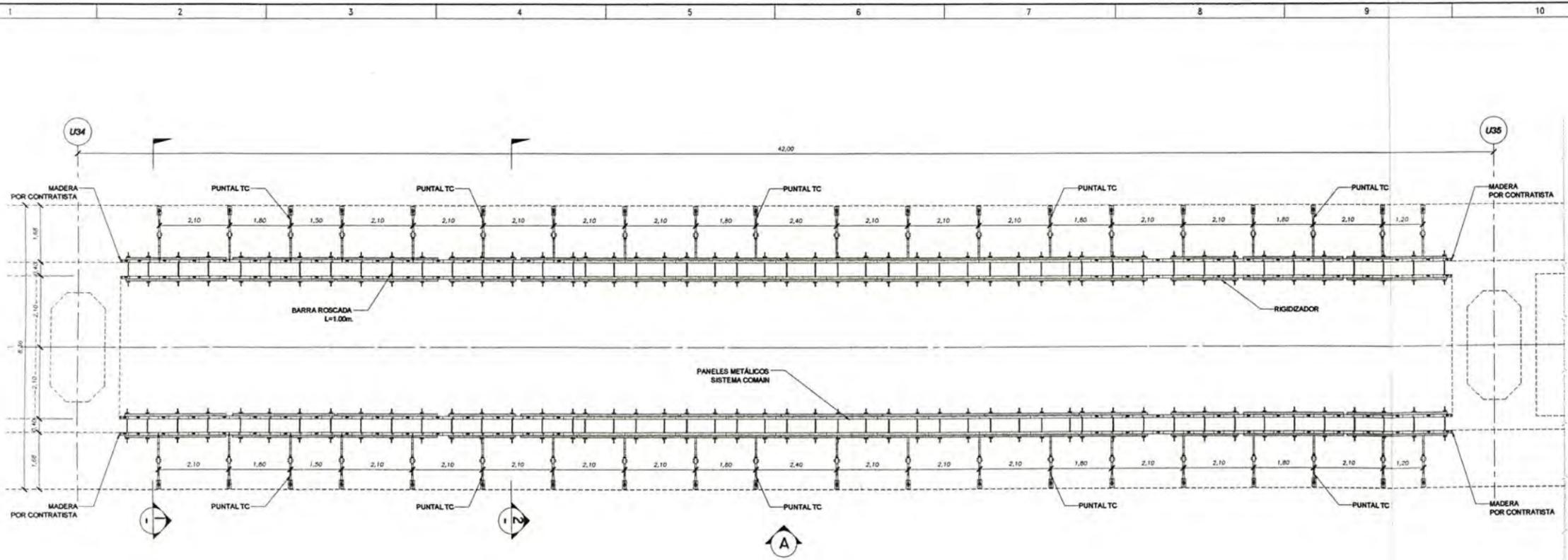
SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

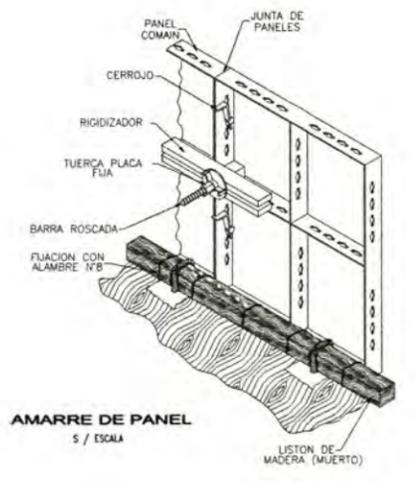
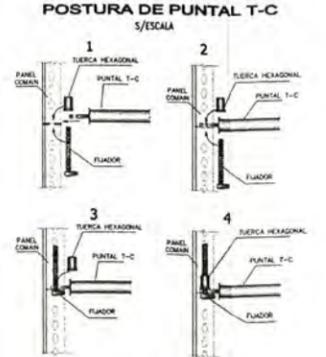
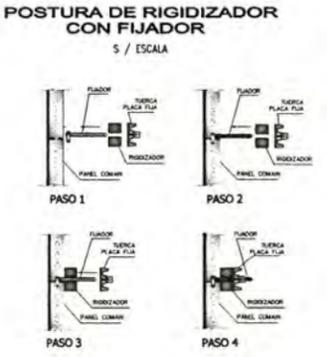
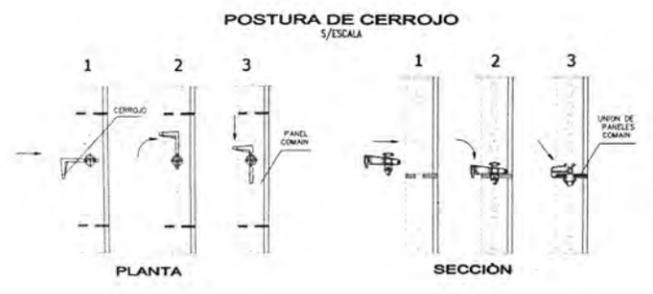
DESCRIPCION:  
**DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS CIMBRA BRÍO TRAMO U34 - U35**

DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-05
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 05 DE 08





**DISTRIBUCIÓN DE PANELES SISTEMA COMAIN EN HASTIALES**  
1:150



Madera por Contratista

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USC ACADÉMICO



- NOTAS GENERALES**
1. TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TECNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORÍA.
  2. EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
  3. ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
  4. EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS; NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISEÑAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A., QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
  5. EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
  6. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323
----------------------------

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	APROB.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 www.ulma-c.com.pe

OFICINA PRINCIPAL  
 (+511) 613-6700  
 FAX:  
 (+511) 613-6710

PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

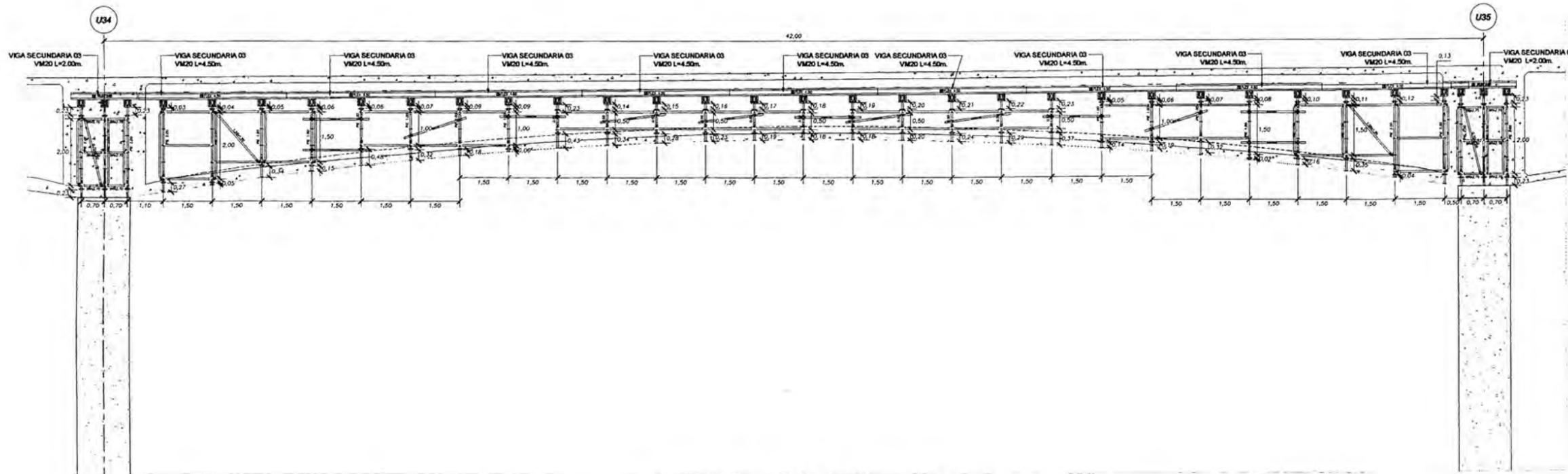
SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÈN ELÈCTRICO**

DESCRIPCIÓN:  
**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE PANELES METÁLICOS COMAIN TRAMO U34 - U35**

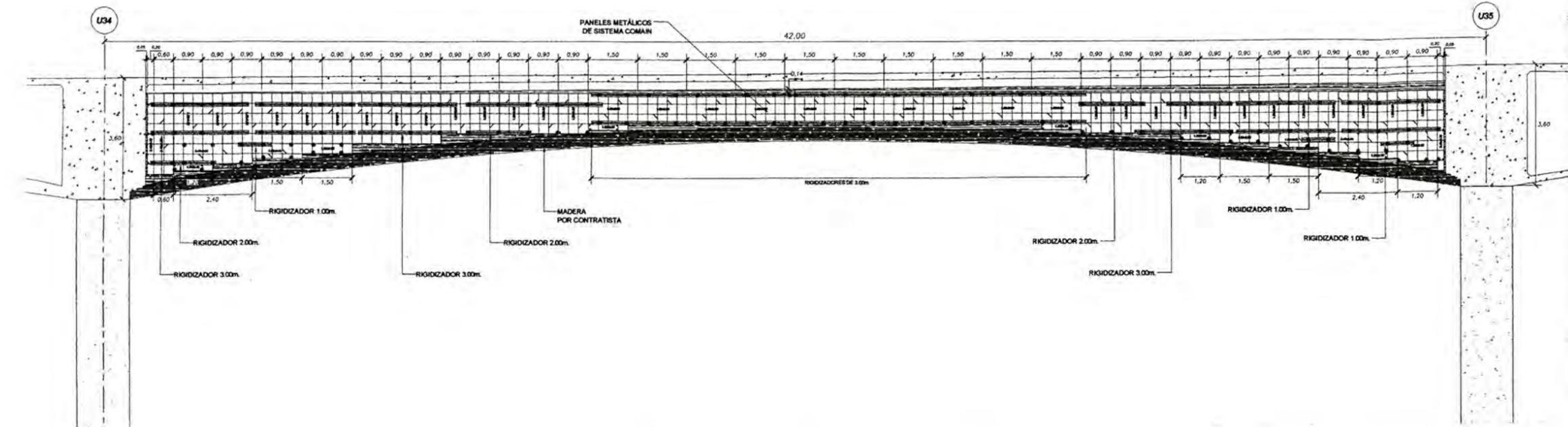
DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-06
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 06 DE 06





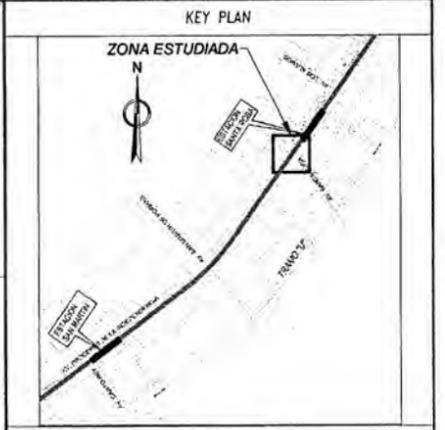
**ELEVACIÓN DE CIMBRA BRÍO EN VOLADO**  
VISTA B 1:150

Madera por Contratista



**ELEVACIÓN DE PANELES SISTEMA COMAIN EN HASTIALES**  
VISTA A 1:150

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USC ACADÉMICO



- NOTAS GENERALES**
1. TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORÍA.
  2. EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
  3. ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
  4. EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTOS DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS; NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLENIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A., QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTOS DE APOYO DEFECTUOSOS.
  5. EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL, CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
  6. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

**PLANOS DE REFERENCIA**

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323
----------------------------

**REVISIONES**

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.

**ULMA**  
OFICINA PRINCIPAL  
(+511) 613-6700  
FAX:  
(+511) 613-6710  
www.ulma-c.com.pe

ULMA Encofrados Perú S. A.  
Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700

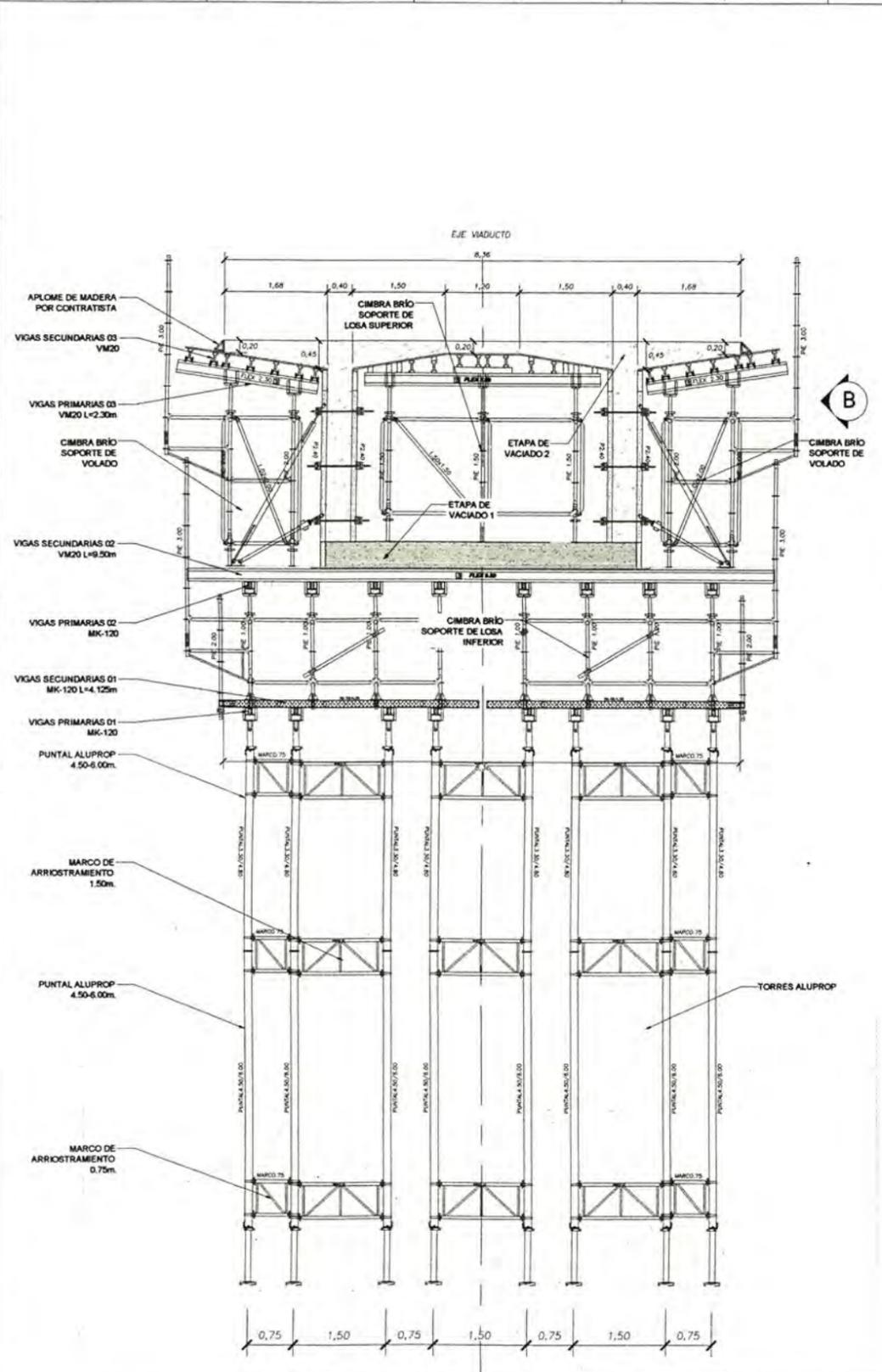
PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

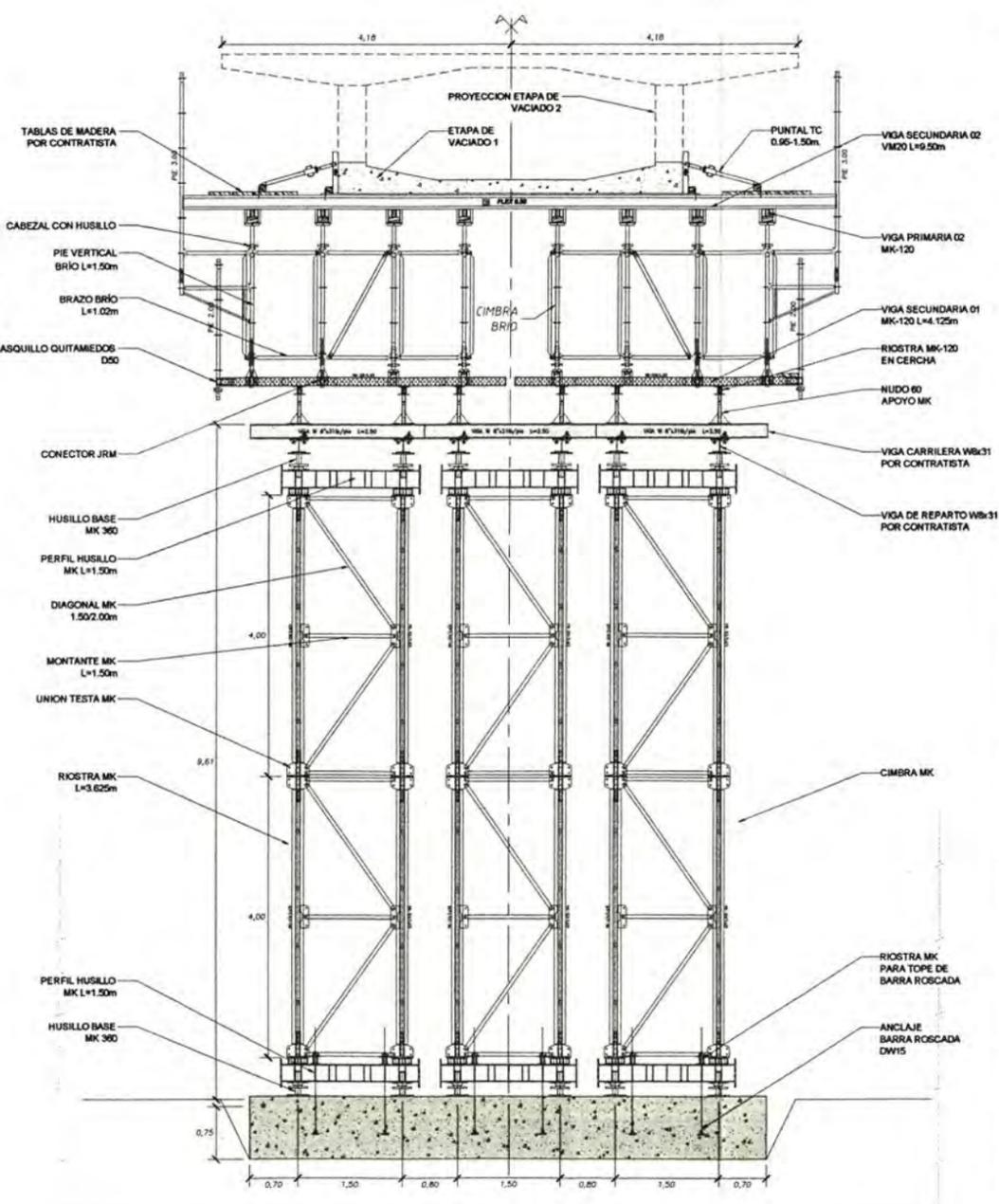
DESCRIPCION:  
**ELEVACIONES CIMBRA BRÍO EN VOLADO Y PANELES COMAIN TRAMO U34 - U35**

DIBUJO: OPICON	DISENO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-07
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 07 DE 08



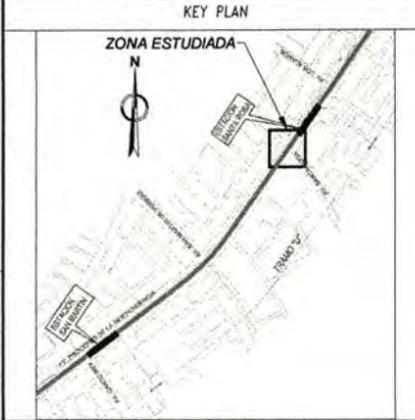
**TORRES ALUPROP - CIMBRA BRÍO - VIGAS Y PANELES DE ENCOFRADOS**  
SECCION 1 - 1 1:100

Madera por Contratista



**CIMBRA MK - CIMBRA BRÍO Y VIGAS DE ENCOFRADO**  
SECCION 2 - 2 1:100

CURSO DE TITULACIÓN FIC-UNI 2012  
PLANO PARA USO ACADÉMICO



NOTAS GENERALES

1. TODOS LOS PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, ESQUEMAS, DATOS E INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O COMERCIAL, ASÍ COMO CUALQUIER OTRO MATERIAL (INCLUYENDO INFORMACIÓN CONTENIDA EN PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN O CONSERVADA EN MEDIOS DE ALMACENAMIENTO ELECTRÓNICO), SON CONFIDENCIALES Y DE PROPIEDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. SU COPIA O DIFUSIÓN NO AUTORIZADA PODRÁ SER MATERIA DE MEDIDAS LEGALES DE ACUERDO A SU CONDICIÓN DE AUTORÍA.
2. EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. HA ELABORADO EL PRESENTE PROYECTO EN BASE A PLANOS ORIGINALES ENTREGADOS POR EL CLIENTE, SIENDO ESTA UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA, LA MISMA QUE DEBERÁ SER REVISADA Y APROBADA POR EL CLIENTE QUIEN VERIFICARÁ QUE SE HAYAN INTERPRETADO CORRECTAMENTE SUS REQUERIMIENTOS, SIENDO ESTE ÚLTIMO RESPONSABLE INTEGRAL DE LA OBRA.
3. ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. NO PROVEE NINGUN TIPO DE MADERA; TODO EL DISEÑO DE LA MADERA ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, QUIEN DEBE ASEGURARSE QUE DE NINGUNA MANERA LOS ESFUERZOS SOBRE LAS UNIONES Y OTROS SOPORTES EXCEDAN LA CARGA PERMISIBLE DE LOS COMPONENTES DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.
4. EL CLIENTE DEBE DE ESTAR SEGURO QUE LOS PUNTO DE APOYO REQUERIDOS PARA EL PROYECTO, SON LOS ADECUADOS PARA LAS CARGAS IMPUESTAS, NINGUNA BASE U OTRO MEDIO PARA DISIPAR LAS CARGAS IMPUESTAS SERÁN SUPLENIDAS POR ULMA ENCOFRADOS PERU S.A., QUIEN NO ACEPTA RESPONSABILIDAD POR LAS CONSECUENCIAS DE PUNTO DE APOYO DEFECTUOSOS.
5. EN LUGARES DONDE EL EQUIPO DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. ESTE SOPORTADO O SUSPENDIDO POR UNA ESTRUCTURA EXISTENTE (EJEMPLO: TECHOS, VIGAS, BALCONES, PISOS ELEVADOS, ETC.) EL CLIENTE TIENE QUE ASEGURAR QUE ESTOS SEAN ADECUADOS Y SEGUROS PARA SOPORTAR LA IMPOSICIÓN DE ESA CARGA ADICIONAL, CUANDO SE REQUIERA ANCLAR LA ESTRUCTURA PARA ESTABILIZARLA, EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE ANTES DE HACER EL ANCLADO.
6. EL CLIENTE ES EL ÚNICO RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS ESTRUCTURAS ESTÉN ADECUADAMENTE FIJAS A LA CONSTRUCCIÓN Y DONDE ESTO NO SEA POSIBLE EL USO DE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PROVEAN ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LAS FUERZAS HORIZONTALES IMPUESTAS, ESTO EN COORDINACIÓN DEL REPRESENTANTE DE ULMA ENCOFRADOS PERU S.A.

PLANOS DE REFERENCIA

CTEL-TYL-VTU-EST-DWG-38323

REVISIONES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	APROB.

**ULMA**  
**ULMA Encofrados Perú S. A.**  
 Av. Argentina 2882-Lima, Central: 613-6700  
 OFICINA PRINCIPAL (+511) 613-6700  
 FAX: (+511) 613-6710  
 www.ulma-c.com.pe

PROYECTO:  
**SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA - CALLAO: LINEA 2 - TRAMO 2**

SUB-PROYECTO:  
**PUENTE SANTA ROSA**

CLIENTE:  
**CONSORCIO TRÉN ELÉCTRICO**

DESCRIPCION:  
**SECCIONES TRAMO U34 - U35**

DIBUJO: OPICON	DISEÑO: OPICON	UBICACION: LIMA
APROBADO: OPICON	FECHA: Dic. 2012	LAMINA: PUB-01-08
FORMATO: A3	ESCALA: INDICADA	REV: 08 DE 08



En los cuadros N°01 hasta N°08 (similares a cuadro N°3.2 en el capítulo 3) se presentan las cargas actuantes en las vigas VM20, en las secciones presentadas en la figura N°3.13 del capítulo 3, en las figuras N°01 hasta N°08 se muestran las reacciones obtenidas para estas cargas en las vigas VM20.

Cuadro N°01.- Carga distribuida sobre vigas VM20.

$H_{sección}=3.326m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m3)	Tablero Fenólico (KN/m2)	Sobrecarga (KN/m2)	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	3.326	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	21.24
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.675	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	4.67
P9	0.675	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	9.29
P10	0.565	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.92

Fuente: Elaboración propia.

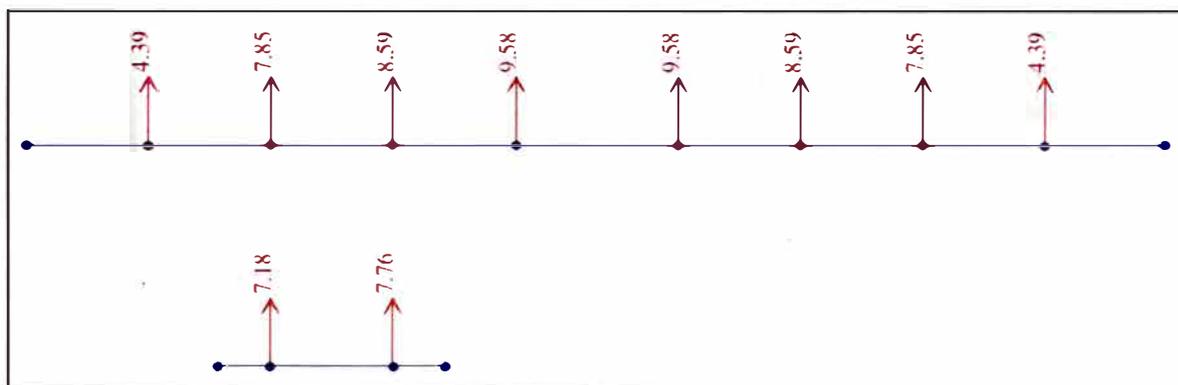


Figura N°01.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=3.326m$  (kN).

Cuadro N°02.- Carga distribuida sobre vigas VM20.

$H_{sección}=3.071m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m3)	Tablero Fenólico (KN/m2)	Sobrecarga (KN/m2)	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	3.071	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	19.65
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.627	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	4.37
P9	0.627	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	8.69
P10	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23

Fuente: Elaboración propia.

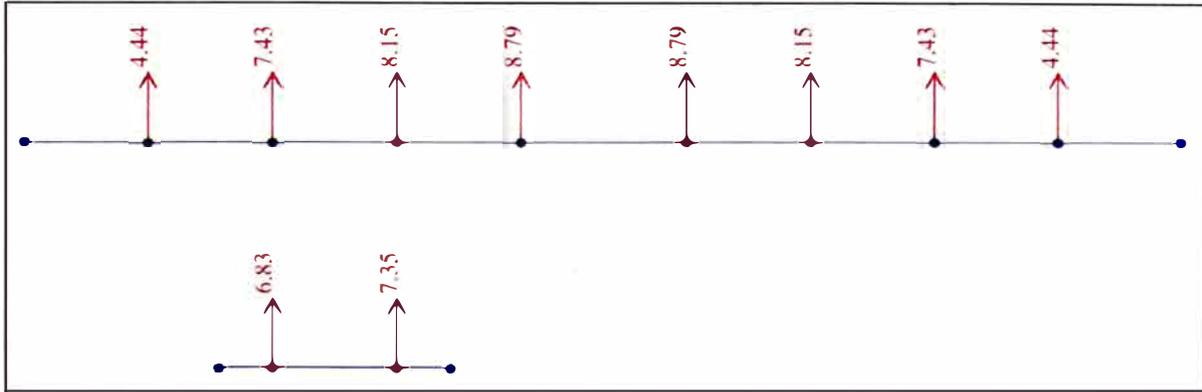


Figura N°02.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=3.071m$  (kN).

Cuadro N°03.- Carga distribuida sobre vigas VM20.

$H_{SECCIÓN}=2.751m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m <sup>3</sup> )	Tablero Fenólico (KN/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (KN/m <sup>2</sup> )	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.751	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	17.65
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.558	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.94
P9	0.558	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.83
P10	0.448	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	6.46

Fuente: Elaboración propia.

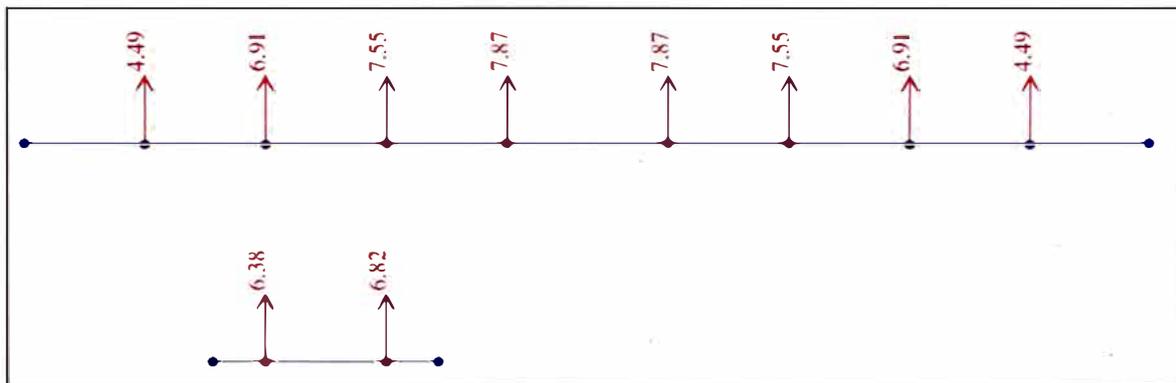


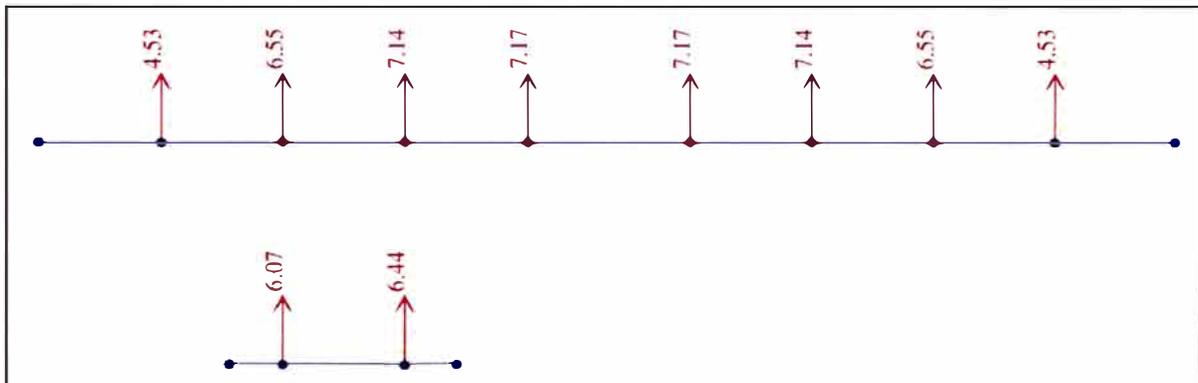
Figura N°03.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=2.751m$  (kN).

**Cuadro N°04.- Carga distribuida sobre vigas VM20**

$H_{sección}=2.526m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m3)	Tablero Fenólico (KN/m2)	Sobrecarga (KN/m2)	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.526	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	16.24
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.510	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.64
P9	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23
P10	0.400	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.86

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°04.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=2.526m$  (kN).**

**Cuadro N°05.- Carga distribuida sobre vigas VM20**

$H_{sección}=2.305m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m3)	Tablero Fenólico (KN/m2)	Sobrecarga (KN/m2)	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.305	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	14.86
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.510	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.64
P9	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23
P10	0.400	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.86

Fuente: Elaboración propia.

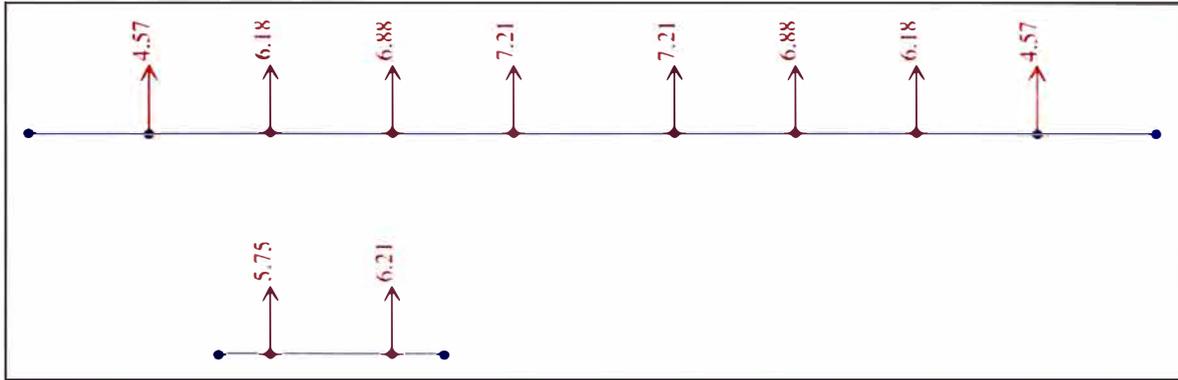


Figura N°05.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=2.305m$  (kN).

Cuadro N°06.- Carga distribuida sobre vigas VM20

$H_{sección}=2.170m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m <sup>3</sup> )	Tablero Fenólico (KN/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (KN/m <sup>2</sup> )	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.170	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	14.02
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.510	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.64
P9	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23
P10	0.400	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.86

Fuente: Elaboración propia.

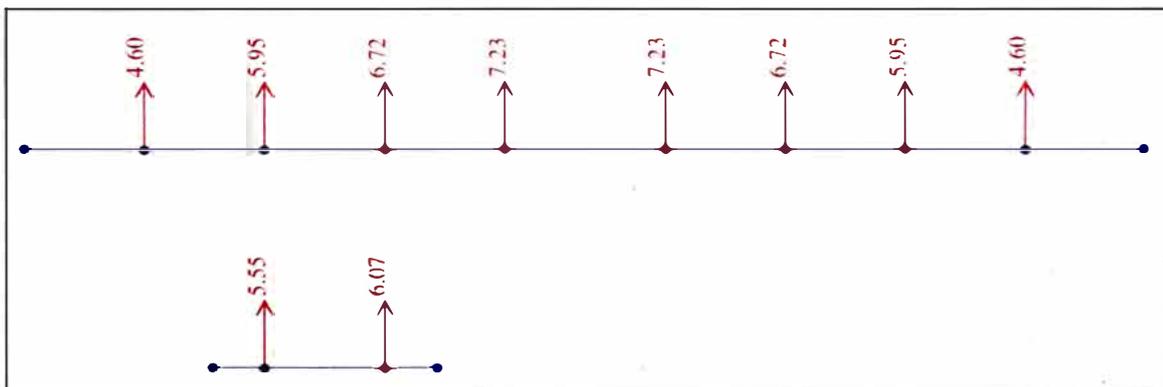


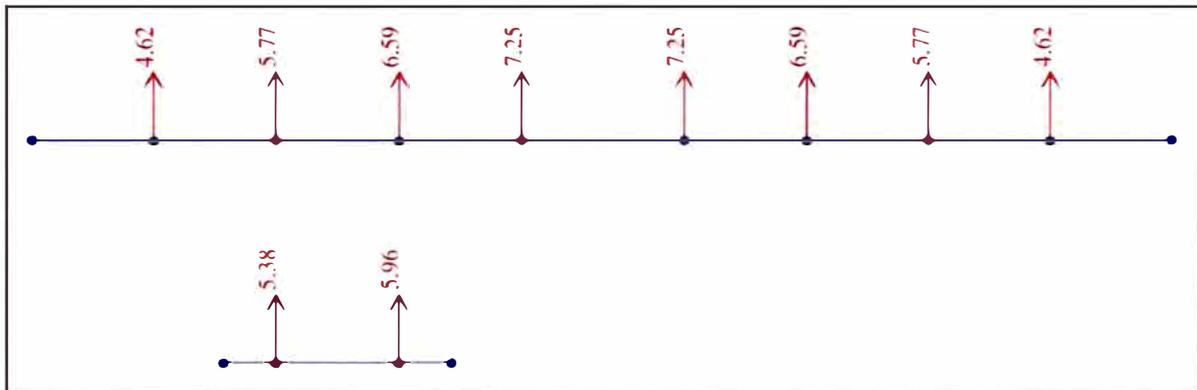
Figura N°06.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=2.170m$  (kN).

**Cuadro N°07.- Carga distribuida sobre vigas VM20**

$H_{sección}=2.060m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m <sup>3</sup> )	Tablero Fenólico (KN/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (KN/m <sup>2</sup> )	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.060	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	13.33
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.510	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.64
P9	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23
P10	0.400	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.86

Fuente: Elaboración propia.



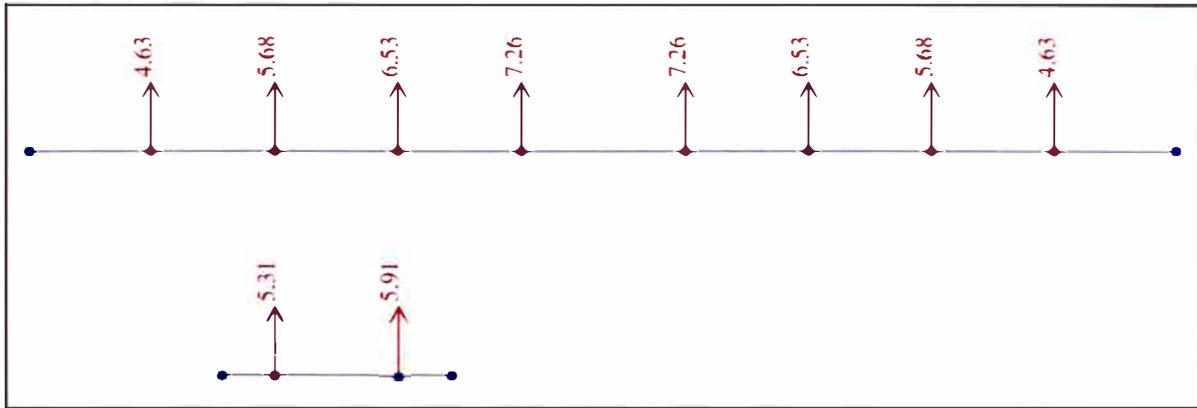
**Figura N°07.- Reacciones sobre vigas VM20 para  $H_{SECCIÓN}=2.060m$  (kN).**

**Cuadro N°08.- Carga distribuida sobre vigas VM20**

$H_{sección}=2.011m$

	espesor losa (m)	P.E. Concreto (KN/m <sup>3</sup> )	Tablero Fenólico (KN/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (KN/m <sup>2</sup> )	Ancho tributario (m)	Peso propio viga (KN/m)	Carga actuante (KN/m)
P1	0.000	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	0.86
P2	0.200	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	3.36
P3	0.352	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.26
P4	0.352	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	2.66
P5	0.450	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.27
P6	2.011	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	13.02
P7	0.850	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	5.77
P8	0.510	25.00	0.10	1.50	0.25	0.055	3.64
P9	0.510	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	7.23
P10	0.400	25.00	0.10	1.50	0.50	0.055	5.86

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°08.- Reacciones sobre vigas VM20 para H<sub>SECCIÓN</sub>=2.011m (kN).**

## **ANEXO 8: PANEL FOTOGRÁFICO.**



**Foto N°01.- Armado de cuerpo de la cimbra MK.**



**Foto N°02.- Armado de base de la cimbra MK.**



**Foto N°03.- Base y cuerpo de Cimbras MK montados.**



**Foto N°04.- Torres Aluprop y cimbras MK colocadas.**



**Foto N°05.- Montaje de cerchas MK en pares.**



**Foto N°06.- Cerchas MK montadas sobre cimbras MK.**



**Foto N°07.- Encofrado de losa inferior (Paneles, Vigas VM20, riostras MK) sobre cimbra Brio.**



**Foto N°08.- Vista de 3 pares de cerchas MK montados sobre cabeza de la cimbra MK.**



**Foto N°09.- Los 6 pares de cerchas MK montados sobre las cimbras MK.**



Foto N°10.- Soporte de losa inferior: Falso puente MK, torre Aluprop y cimbra Brio.



Foto N°11.- Soporte de losa inferior (lado opuesto).



Foto N°12.- Losa inferior, hastiales y losa superior vaciados.



Foto N°13.- Puente Santa Rosa concluido.



Foto N°14.- Detalle de unión entre riostras MK y nudos MK en las cerchas.



Foto N°15.- Detalle de unión entre vigas VM20 y riostras MK sobre torre Alupro.

## **ANEXO 9: PLANILLA DE METRADOS.**

**Cuadro N°1.- Metrado de cerchas y cimbras MK.**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	CERCHAS MK		CIMBRAS MK	PESO EN KG.	
			12	6	9	PESO UNIT. (KG.)	PESO PARCIAL. (KG.)
TUERCA C/SEG NYLON M-20	COMAIN	1056	4		112	0.03	31.68
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	36		6		1.20	43.20
ARRIOSTRAMIENTO V CERCHA MK	MK	24	2			18.60	446.40
CABEZAL BARANDILLA MK	MK	36		6		0.80	28.80
CASQUILLO MK-120 / 52	MK	984	52		40	0.46	452.64
DIAGONAL MK 1,5x1,5/1818	MK	18		3		10.60	190.80
DIAGONAL MK 1,5x2/2201	MK	72			8	12.80	921.60
DIAGONAL MK 1,5x3/3071	MK	24		4		20.90	501.60
DIAGONAL MK 2x2/2524	MK	72			8	16.90	1,216.80
HUSILLO BASE 360 MK	MK	72			8	40.20	2,894.40
MONTANTE HORIZ. MK 1,50/1300	MK	162		9	12	4.40	712.80
MONTANTE HORIZ. MK 2/1800	MK	108			12	6.20	669.60
NUDO 120 MK	MK	24	2			24.30	583.20
NUDO 180 MK	MK	72	6			31.00	2,232.00
NUDO 360 MK	MK	12	1			50.70	608.40
NUDO 60 APOYO MK	MK	24	2			35.60	854.40
PERFIL ARRIOSTR. MK 2/2500	MK	36			4	164.00	5,904.00
PERFIL HUSILLO MK 1,5/2000	MK	36			4	207.00	7,452.00
PERFIL MK-120/2.625 M	MK	216	18			31.44	6,791.04
PERFIL MK-120/3,250	MK	36			4	40.23	1,448.28
PERFIL MK-120/3,625	MK	168	2		16	43.50	7,308.00
PERFIL MK-120/4,125	MK	24	2			49.50	1,188.00
PERFIL MK-120/4,625	MK	24	2			55.50	1,332.00
TORNILLO M20X100 DIN-931-8.8	MK	1428	4	62	112	0.30	428.40
TORNILLO M24X60 DIN-933-8.8	MK	1008			112	0.30	302.40
TUERCA M24 DIN-934-8.8	MK	1008			112	0.11	110.88
U EJE SECUNDARIO MK	MK	144		12	8	3.90	561.60
U EJE SECUNDARIO TERM INAL MK	MK	72		12		2.40	172.80
UNION INTERMEDIA MK-120	MK	72			8	10.80	777.60
UNION TESTA MK	MK	144			16	25.90	3,729.60
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA Y BULC	4632	320	12	80	0.19	880.08
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA Y BULC	4632	320	12	80	0.03	138.96
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	6		1		7.20	43.20
TUBO 48/3.60 M	TUBO 48	12		2		12.96	155.52
		<b>TOTAL</b>				<b>PESO KG.</b>	<b>51,112.68</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°2.- Metrado de torres Aluprop.**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	TORRE ALUPROP	PESO EN KG.	
			2	PESO UNIT. (KG.)	PESO PARCIAL. (KG.)
ALUPROP 3,3-4,8	ALUPROP	96	48	25.40	2,438.40
ALUPROP 4,5-6,0	ALUPROP	96	48	29.60	2,841.60
GARRA ABRAZADERA FUA	ALUPROP	24	12	1.80	43.20
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 0,75M	ALUPROP	228	114	9.50	2,166.00
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,5M	ALUPROP	204	102	14.20	2,896.80
CABEZAL SENCILLO ULMA FLEX	BRIO	96	48	5.50	528.00
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	24	12	1.20	28.80
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	144	72	1.30	187.20
CABEZAL BARANDILLA MK	MK	24	12	0.80	19.20
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA Y BULC	48	24	0.19	9.12
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA Y BULC	48	24	0.03	1.44
TUBO 48/1.35 M	TUBO 48	24	12	4.86	116.64
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	72	36	7.20	518.40
		<b>TOTAL</b>		<b>PESO KG.</b>	<b>11,794.80</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°3.- Metrado de soporte de losa inferior (cimbra Brio).**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	BASE DE CIBRA	CIBRA BRÍO	VIGAS SOBRE CIBRA BRIO	PESO EN KG.	
			1	1	1	PESO UNIT. (KG.)	PESO PARCIAL. (KG.)
BRAZO 1,02	BRIO	504		504		4.40	2,217.60
BRAZO 1,5	BRIO	208		208		6.00	1,248.00
CABEZAL C/HUSILLO 1	BRIO	272		272		13.00	3,536.00
DIAGONAL 1,02X1,5	BRIO	44		44		7.60	334.40
DIAGONAL 1,5X1,5	BRIO	80		80		8.80	704.00
ENCHUFE DOBLE VIGA PORTANTE	BRIO	272		272		1.10	299.20
PIE 1 S/ENCHUFE	BRIO	64		64		4.40	281.60
PIE 1,5 S/ENCHUFE	BRIO	192		192		6.60	1,267.20
ABRAZADERA FIJA 48/48	DORPA	152		152		1.20	182.40
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	114		114		1.30	148.20
UNION RVM20	ENKOFORM V-100	980			980	0.82	803.60
CASQUILLO MK-120 / 52	MK	920	536		384	0.46	423.20
Conector cabezal J-RM	MK	272		272		8.50	2,312.00
PERFIL MK -120/1.875 M	MK	64			64	48.30	3,091.20
PERFIL MK-120/2.25 M	MK	96			96	27.45	2,635.20
PERFIL MK-120/2.625 M	MK	144	32		112	31.44	4,527.36
PERFIL MK-120/3,125	MK	32	32			37.50	1,200.00
PERFIL MK-120/4,125	MK	136	136			49.50	6,732.00
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA Y BULC	1456	1072		384	0.19	276.64
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA Y BULC	1456	1072		384	0.03	43.68
TUBO 48/1.00 M	TUBO 48	8		8		3.60	28.80
TUBO 48/1.50 M	TUBO 48	104		104		5.40	561.60
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	21		21		7.20	151.20
VIGA H 8" X 31 DE 2.50M	VIGAS H	30	30			139.71	4,191.30
VIGA ULMA FLEX 20 / 1.90 M	VIGAS ULMAFLEX	162			162	10.45	1,692.90
VIGA ULMA FLEX 20 / 9.50 M	VIGAS ULMAFLEX	82			82	52.25	4,284.50
		<b>TOTAL</b>				<b>PESO KG.</b>	<b>43,173.78</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°4.- Metrado de soporte de losa superior (cimbra Brio).**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	LOSA CENTRAL		VOLADOS		PESO EN KG.	
			CIBRA BRÍO	VIGAS SOBRE CIBRA BRIO	CIBRA BRIO	VIGAS SOBRE CIBRA BRIO	PESO UNIT. (KG.)	PESO PARCIAL. (KG.)
BRAZO 1,02	BRIO	112			56		4.40	492.80
BRAZO 1,5	BRIO	392	216		88		6.00	2,352.00
CABEZAL C/HUSILLO 0,5	BRIO	99	15		42		9.20	910.80
CABEZAL C/HUSILLO 1	BRIO	90	66		12		13.00	1,170.00
DIAGONAL 1,02X1,5	BRIO	8			4		7.60	60.80
DIAGONAL 1,02X2	BRIO	8			4		8.70	69.60
DIAGONAL 1,5X1,5	BRIO	20	12		4		8.80	176.00
HUSILLO C/PLACA 0,5	BRIO	67	15		26		4.30	288.10
HUSILLO C/PLACA 1	BRIO	122	66		28		7.60	927.20
PIE 0,5 S/ENCHUFE	BRIO	77	33		22		2.20	169.40
PIE 1 S/ENCHUFE	BRIO	58	30		14		4.40	255.20
PIE 1,5 S/ENCHUFE	BRIO	38	18		10		6.60	250.80
PIE 2 S/ENCHUFE	BRIO	16			8		8.80	140.80
TUBO C/DISCO	BRIO	189	81		54		1.40	264.60
ABRAZADERA FIJA 48/48	DORPA	104	48		28		1.20	124.80
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	208	84		62		1.30	270.40
UNION RVM20	ENKOFORM V-100	378				189	0.82	309.96
TUBO 48/1.50 M	TUBO 48	40	2		19		5.40	216.00
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	116	64		26		7.20	835.20
VIGA ULMA FLEX 20 / 2.00 M	VIGAS ULMAFLEX	28				14	11.00	308.00
VIGA ULMA FLEX 20 / 2.30 M	VIGAS ULMAFLEX	132				66	12.65	1,669.80
VIGA ULMA FLEX 20 / 3.80 M	VIGAS ULMAFLEX	54		54			20.90	1,128.60
VIGA ULMA FLEX 20 / 4.00 M	VIGAS ULMAFLEX	40		40			22.00	880.00
VIGA ULMA FLEX 20 / 4.50 M	VIGAS ULMAFLEX	158		32		63	24.75	3,910.50
		<b>TOTAL</b>					<b>PESO KG.</b>	<b>17,181.36</b>

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO 10: PRESUPUESTOS DETALLADOS.**

**Cuadro N°01.- Presupuesto de cerchas y cimbras MK.**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO VENTA (S/)		PRECIO ALQUILER MES (S/)	
			PRECIO UNIT. (S/)	PRECIO PARCIAL (S/)	PRECIO UNIT. MES (S/)	PRECIO PARCIAL. (S/)
TUERCA C/SEG NYLON M-20	COMAIN	1056	1.74	1,837.44	0.05	52.80
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	36	23.43	843.48	0.71	25.56
ARRIOSTRAMIENTO V CERCHA MK	MK	24	571.58	13,717.92	17.15	411.60
CABEZAL BARANDILLA MK	MK	36	28.40	1,022.40	0.85	30.60
CASQUILLO MK-120 / 52	MK	984	9.74	9,584.16	0.29	285.36
DIAGONAL MK 1,5x1,5/1818	MK	18	536.82	9,662.76	16.10	289.80
DIAGONAL MK 1,5x2/2201	MK	72	463.38	33,363.36	13.90	1,000.80
DIAGONAL MK 1,5x3/3071	MK	24	743.21	17,837.04	22.30	535.20
DIAGONAL MK 2x2/2524	MK	72	823.18	59,268.96	24.70	1,778.40
HUSILLO BASE 360 MK	MK	72	1,526.63	109,917.36	45.80	3,297.60
MONTANTE HORIZ. MK 1,50/1300	MK	162	156.24	25,310.88	4.69	759.78
MONTANTE HORIZ. MK 2/1800	MK	108	395.32	42,694.56	11.86	1,280.88
NUDO 120 MK	MK	24	1,238.74	29,729.76	37.16	891.84
NUDO 180 MK	MK	72	1,203.33	86,639.76	36.10	2,599.20
NUDO 360 MK	MK	12	3,185.28	38,223.36	95.56	1,146.72
NUDO 60 APOYO MK	MK	24	1,628.03	39,072.72	48.84	1,172.16
PERFIL ARRIOSTR. MK 2/2500	MK	36	2,917.36	105,024.96	87.52	3,150.72
PERFIL HUSILLO MK 1,5/2000	MK	36	3,750.88	135,031.68	112.53	4,051.08
PERFIL MK-120/2.625 M	MK	216	564.22	121,871.52	16.93	3,656.88
PERFIL MK-120/3,250	MK	36	408.00	14,688.00	12.24	440.64
PERFIL MK-120/3,625	MK	168	540.95	90,879.60	16.23	2,726.64
PERFIL MK-120/4,125	MK	24	661.12	15,866.88	19.83	475.92
PERFIL MK-120/4,625	MK	24	690.23	16,565.52	20.71	497.04
TORNILLO M20X100 DIN-931-8.8	MK	1428	5.17	7,382.76	0.16	228.48
TORNILLO M24X60 DIN-933-8.8	MK	1008	6.47	6,521.76	0.19	191.52
TUERCA M24 DIN-934-8.8	MK	1008	2.09	2,106.72	0.06	60.48
U EJE SECUNDARIO MK	MK	144	106.19	15,291.36	3.19	459.36
U EJE SECUNDARIO TERMINAL MK	MK	72	176.96	12,741.12	5.31	382.32
UNION INTERMEDIA MK-120	MK	72	318.51	22,932.72	9.56	688.32
UNION TESTA MK	MK	144	1,203.33	173,279.52	36.10	5,198.40
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA	4632	6.05	28,023.60	0.17	787.44
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA	4632	0.70	3,242.40	0.02	92.64
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	6	63.10	378.60	7.14	42.84
TUBO 48/3.60 M	TUBO 48	12	113.59	1,363.08	12.85	154.20
		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL VENTA S/.</b>	<b>1,291,917.72</b>	<b>TOTAL ALQ S/.</b>	<b>38,843.22</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°02.- Presupuesto de torres Aluprop.**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO VENTA (S/)		PRECIO ALQUILER MES (S/)	
			PRECIO UNIT. (S/)	PRECIO PARCIAL. (S/)	PRECIO UNIT. MES (S/)	PRECIO PARCIAL. (S/)
ALUPROP 3,3-4,8	ALUPROP	96	1,307.40	125,510.40	39.24	3,767.04
ALUPROP 4,5-6,0	ALUPROP	96	1,474.65	141,566.40	44.23	4,246.08
GARRA ABRAZADERA FUA	ALUPROP	24	101.93	2,446.32	3.06	73.44
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 0,75M	ALUPROP	228	515.27	117,481.56	15.47	3,527.16
MARCO ARRIOSTRAMIENTO 1,5M	ALUPROP	204	620.23	126,526.92	18.60	3,794.40
CABEZAL SENCILLO ULMA FLEX	BRIO	96	58.48	5,614.08	1.75	168.00
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	24	23.43	562.32	0.71	17.04
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	144	22.61	3,255.84	0.68	97.92
CABEZAL BARANDILLA MK	MK	24	28.40	681.60	0.85	20.40
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA	48	6.05	290.40	0.17	8.16
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA	48	0.70	33.60	0.02	0.96
TUBO 48/1.35 M	TUBO 48	24	42.60	1,022.40	4.83	115.92
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	72	63.10	4,543.20	7.14	514.08
		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL VENTA S/.</b>	<b>529,535.04</b>	<b>TOTAL ALQ S/.</b>	<b>16,350.60</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°03.- Presupuesto de soporte de losa inferior (cimbra Brio).**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO VENTA (S/)		PRECIO ALQUILER MES (S/)	
			PRECIO UNIT. (S/)	PRECIO PARCIAL (S/)	PRECIO UNIT. MES (S/)	PRECIO PARCIAL. (S/)
BRAZO 1,02	BRIO	504	91.63	46,181.52	2.75	1,386.00
BRAZO 1,5	BRIO	208	114.24	23,761.92	3.50	728.00
CABEZAL C/HUSILLO 1	BRIO	272	336.46	91,517.12	10.10	2,747.20
DIAGONAL 1,02X1,5	BRIO	44	211.38	9,300.72	6.83	300.52
DIAGONAL 1,5X1,5	BRIO	80	235.76	18,860.80	7.92	633.60
ENCHUFE DOBLE VIGA PORTANTE	BRIO	272	42.70	11,614.40	1.39	378.08
PIE 1 S/ENCHUFE	BRIO	64	106.62	6,823.68	3.37	215.68
PIE 1,5 S/ENCHUFE	BRIO	192	151.71	29,128.32	5.03	965.76
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	152	23.43	3,561.36	0.71	107.92
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	114	22.61	2,577.54	0.68	77.52
UNION RVM20	ENKOFORM V-100	980	54.26	53,174.80	1.63	1,597.40
CASQUILLO MK-120 / 52	MK	920	9.74	8,960.80	0.29	266.80
Conector cabezal J-RM	MK	272	92.16	25,067.52	2.76	750.72
PERFIL MK -120/1.875 M	MK	64	280.81	17,971.84	8.42	538.88
PERFIL MK-120/2.25 M	MK	96	461.16	44,271.36	13.83	1,327.68
PERFIL MK-120/2.625 M	MK	144	564.22	81,247.68	16.93	2,437.92
PERFIL MK-120/3,125	MK	32	487.26	15,592.32	14.62	467.84
PERFIL MK-120/4,125	MK	136	661.12	89,912.32	19.83	2,696.88
TORNILLO M16X100 DIN-931-8.8	TORNILLERIA	1456	6.05	8,808.80	0.17	247.52
TUERCA M16 DIN-934-8.8	TORNILLERIA	1456	0.70	1,019.20	0.02	29.12
TUBO 48/1.00 M	TUBO 48	8	31.55	252.40	3.57	28.56
TUBO 48/1.50 M	TUBO 48	104	47.33	4,922.32	5.37	558.48
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	21	63.10	1,325.10	7.14	149.94
VIGA H 8" X 31 DE 2.50M	VIGAS H	30	626.04	18,781.20	18.77	563.10
VIGA ULMA FLEX 20 / 1.90 M	VIGAS ULMAFLEX	162	113.22	18,341.64	9.43	1,527.66
VIGA ULMA FLEX 20 / 9.50 M	VIGAS ULMAFLEX	82	566.09	46,419.38	47.17	3,867.94
		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL VENTA S/.</b>	<b>679,396.06</b>	<b>TOTAL ALQ S/.</b>	<b>24,596.72</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°04.- Presupuesto de soporte de losa superior (cimbra Brio).**

PRODUCTO	FAMILIA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO VENTA (S/)		PRECIO ALQUILER MES (S/)	
			PRECIO UNIT. (S/)	PRECIO PARCIAL (S/)	PRECIO UNIT. MES (S/)	PRECIO PARCIAL. (S/)
BRAZO 1,02	BRIO	112	91.63	10,262.56	2.75	308.00
BRAZO 1,5	BRIO	392	114.24	44,782.08	3.50	1,372.00
CABEZAL C/HUSILLO 0,5	BRIO	99	232.53	23,020.47	6.97	690.03
CABEZAL C/HUSILLO 1	BRIO	90	336.46	30,281.40	10.10	909.00
DIAGONAL 1,02X1,5	BRIO	8	211.38	1,691.04	6.83	54.64
DIAGONAL 1,02X2	BRIO	8	244.83	1,958.64	7.82	62.56
DIAGONAL 1,5X1,5	BRIO	20	235.76	4,715.20	7.92	158.40
HUSILLO C/PLACA 0,5	BRIO	67	127.57	8,547.19	4.42	296.14
HUSILLO C/PLACA 1	BRIO	122	139.03	16,961.66	4.18	509.96
PIE 0,5 S/ENCHUFE	BRIO	77	92.07	7,089.39	2.75	211.75
PIE 1 S/ENCHUFE	BRIO	58	106.62	6,183.96	3.37	195.46
PIE 1,5 S/ENCHUFE	BRIO	38	151.71	5,764.98	5.03	191.14
PIE 2 S/ENCHUFE	BRIO	16	192.34	3,077.44	6.73	107.68
TUBO C/DISCO	BRIO	189	59.57	11,258.73	1.80	340.20
ABRAZADERA FUA 48/48	DORPA	104	23.43	2,436.72	0.71	73.84
ABRAZADERA GIRATORIA 48/48	DORPA	208	22.61	4,702.88	0.68	141.44
UNION RVM20	ENKOFORM V-100	378	54.26	20,510.28	1.63	616.14
TUBO 48/1.50 M	TUBO 48	40	47.33	1,893.20	5.37	214.80
TUBO 48/2.00 M	TUBO 48	116	63.10	7,319.60	7.14	828.24
VIGA ULMA FLEX 20 / 2.00 M	VIGAS ULMAFLEX	28	119.18	3,337.04	9.93	278.04
VIGA ULMA FLEX 20 / 2.30 M	VIGAS ULMAFLEX	132	137.05	18,090.60	11.42	1,507.44
VIGA ULMA FLEX 20 / 3.80 M	VIGAS ULMAFLEX	54	226.44	12,227.76	18.87	1,018.98
VIGA ULMA FLEX 20 / 4.00 M	VIGAS ULMAFLEX	40	238.35	9,534.00	19.86	794.40
VIGA ULMA FLEX 20 / 4.50 M	VIGAS ULMAFLEX	158	268.15	42,367.70	22.35	3,531.30
		<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL VENTA S/.</b>	<b>298,014.52</b>	<b>TOTAL ALQ S/.</b>	<b>14,411.58</b>

Fuente: Elaboración propia.