

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



MONTAJE DE PUENTES COLGANTES

(PUENTE HERRERIA)

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

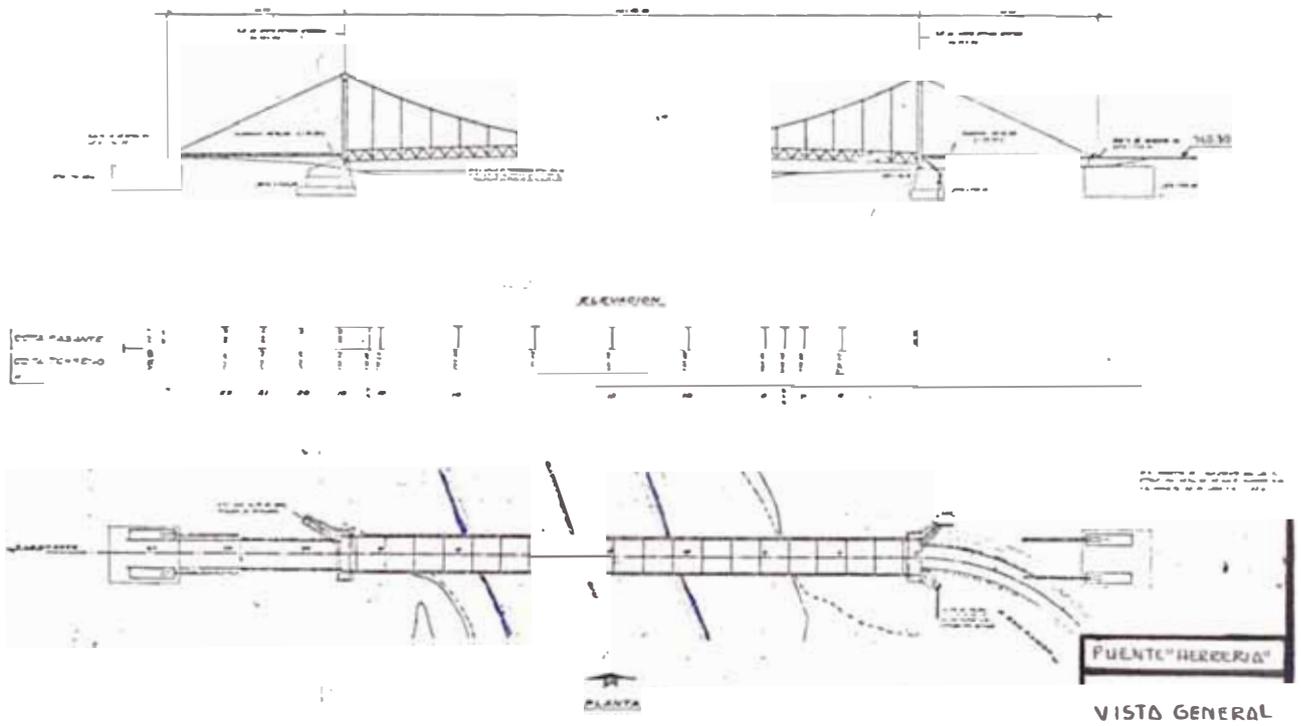
JOSE INGA BAEZ

Lima . Perú

1981

" MONTAJE DE PUENTES COLGANTES "

((PUENTE HERRERIA))



INTRODUCCION

* . * . * . * . * . * . *

OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objetivo el describir detalladamente todas las etapas de Montaje del Puente " Herrería " , Puente Colgante Metálico - Waagner Biro , con fiadores descargados y de 150 m. de luz libre con una sobre carga H20-S16. Además de esto , ofrecer a los futuros Ingenieros que se dediquen a esta Especialidad , alternativas de trabajo de acuerdo a la disponibilidad de Equipo y Mano de Obra , aspecto que adquiere una real importancia en países como el nuestro . Al igual que en otros trabajos se debe tener en cuenta que , cualquier tipo de problema siempre tiene más de una solución ; quedando a nuestro criterio el encontrar el más económico , el más rápido y , sobre todo , el más seguro.

En el Capítulo I empezaremos dando un ligero vistazo al Proyecto de la Infraestructura para ubicarnos dentro de la Obra y poder programar nuestros trabajos no solamente en el tiempo , sino también en el espacio . De paso, conoceremos en detalle las características de los elementos cuya colocación es motivo del presente trabajo.

Luego , en el Capítulo II abordaremos aspectos , aparentemente subjetivos , tales como el análisis de las condiciones bajo las que se van a ejecutar los trabajos . Así veremos que , las altas temperaturas , las lluvias intensas y los fuertes vientos tienen una afluencia decisiva , más aún , cuando de por medio están las vidas humanas . A continuación , realizaremos el Cálculo Estático del Montaje , determinando la geometría y características resistentes de los elementos auxiliares de Montaje , considerando adecuados Factores de Seguridad.

A fin de comprender mejor el Análisis es recomendable dar una repasada a la descrip

ción del Montaje de los diferentes elementos que conforman la Estructura Metálica a fin de conocer el comportamiento de los elementos auxiliares de Montaje y las consideraciones a tomarse para su diseño.

En el Capítulo III trataremos acerca de la mejor ubicación que deben tener los elementos grandes dentro del espacio de trabajo, así como de la forma de llevar el cómputo y selección de las piezas medianas y pequeñas. Asimismo, en este mismo Capítulo veremos que la mejor manera de ejecutar los trabajos será contando con un personal idóneo o dúctil para su instrucción.

Enseguida, del Capítulo IV hacia adelante describiremos paso a paso la ejecución del Montaje dando las recomendaciones del caso a fin de obtener resultados satisfactorios e indicando asimismo, las precauciones a tomar a fin de evitar los fracasos.

En general, las diferencias entre todos los tipos de Puentes Colgantes son salvables desde el punto de vista práctico, por lo que el presente trabajo es válido en sus conceptos fundamentales, para realizar el Montaje de cualquiera de ellos.

Por otro lado, el conocimiento del Análisis Estático nos permitirá elaborar Proyectos de Lanzamiento de Puentes Reticulados Metálicos y el Desmontaje de las Estructuras antiguas para lograr su rehabilitación, pudiéndose generar por esta última consideración un ahorro notable de divisas. Asimismo, como los Capítulos II y III son genéricos, obtendremos el criterio suficiente para emprender el trabajo del Montaje de las Estructuras Metálicas de cualquier índole (naves industriales, silos, etc.) debiéndose incrementar, a lo sumo, el conocimiento de todo lo relativo a las uniones soldadas y las especificaciones bajo las que se ejecutan.

Siendo los Puentes Colgantes, las estructuras metálicas más idóneas

para salvar grandes luces en nuestros ríos torrentosos o quebradas potenciales de -
arrastrar " Huaycos " , hay que darles la importancia que se merecen no sólo en
cuanto a su construcción sino también en cuanto a la elaboración de los Proyec -
tos , ya que nuestras necesidades así lo exigen , integrando de esta manera a --
nuestras poblaciones dispersas ; así como las innumerables vías de penetración , a
las grandes carreteras troncales , caso de la Carretera Marginal de la Selva.

Por último , expongo este modesto trabajo con el ánimo de que sea
útil a los futuros Ingenieros , quienes irán perfeccionando los sistemas de trabajo
descritos, en la medida en que vayan adquiriendo una mayor y mejor experiencia-
en el transcurso de su vida profesional .

..*.*.*.*.*.*

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

La construcción de los Puentes en el Perú, se remonta al Imperio Incaico, quien por su espíritu conquistador requería el pase ininterrumpido de sus tropas a través de los cursos de agua o quebradas, para así continuar con la anexión de territorios, así como para abastecer oportunamente a los Tambos que se encontraban bajo la administración oficial.

Otra de las finalidades, era la de facilitar la administración eficaz de su vasto Imperio mediante las inspecciones periódicas por parte de personalidades oficiales.

TIPOS DE PUENTES

De acuerdo a la disponibilidad de materiales en la zona o al tipo y dimensiones del obstáculo a vencer estos podían ser

- a) Puentes de madera .- Concebidos primitivamente por la observación de un árbol caído, en forma natural, a través de un arroyuelo. Las longitudes de estos puentes eran de 12 a 15 m.
- b) Puentes de consola .- Era el resultado del perfeccionamiento del sistema anterior. Consistía en construir pilas de tronco con sus extremos libres proyectados hacia el centro de luz, acortándose considerablemente la luz del puente. Son los predecesores de los Puentes en " Cantilever ".
- c) Puentes de Piedra .- Los puentes de piedra ó "rumichacas" no eran otra cosa que losas de piedra de considerables dimensiones apoyados en las riberas de los riachuelos o pilares construídos exprefeso.

Estos puentes podían ser de una o varias luces. Entre los primeros podemos citar al Puente que cruza al río Huatanay en el Cuzco, y entre los segundos al Puente Lauricocha y al de Vilca en Yauyos. Las dimensiones de estos puentes monolíticos eran de aproximadamente de 5.00 a 6.00 m. de largo por 2.50 m. de ancho y 0.60 m. de

espesor (tablero).

Dos de estos puentes figuran en el episodio de la captura del Inca Atahualpa en - -
Cajamarca (1,532).

d) Las Oroyas .- Denominadas también "Huaros", no son en realidad puentes sin -
embargo, fue la primera concepción del antiguo peruano acerca del uso de los ca -
bles para el transporte de personas, animales y cosas a travéz de los ríos o quebra -
das.

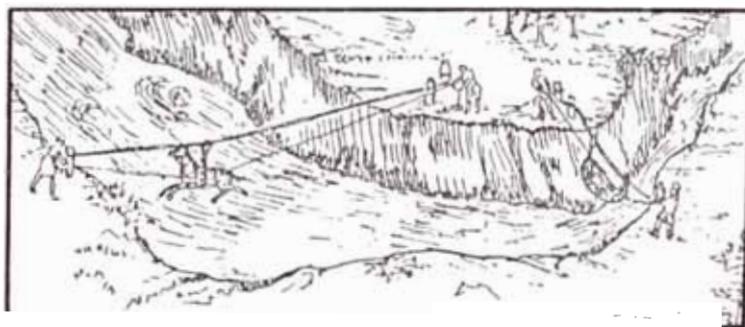


Fig. N°. 01.

Estas Oroyas constaban de
un cable grueso echo de -
fibra vegetal cuyos extre -
mos estaban atados a ár -
boles gruesos o peñascos,
del que pendía la carga -
que se deseaba pasar. -

Dicho cable de suspensión debía de tener movilidad sobre el cable portante de -
manera que la carga se podía jalar con el cable de tracción hacia el lado requeri -
do, tal como se describe en la Fig. N°. 01 que corresponde a un dibujo de Jorge,
Juan y Antonio de Ulloa en 1,748.

e) Los Puentes Colgantes .-

e.1) Origen de los Puentes Colgantes .- Los conquistadores españoles que han dejado
escritas sus impresiones de viajes han expresado su admiración contemplando los -
puentes colgantes incaicos y algunos de ellos han reflexionado tratando de descu -
brir el proceso intelectual mediante el cual se llegó a concebirlos.

El Padre José de Acosta, autor de la " Historia Natural y Moral de las Indias " -
(1,509) describe lo siguiente : " cuando el espacio es muy grande, que no -

pueden con un salto alcanzarle (los monos), usan una maña graciosa, de asirse - uno a otro, y hacer de esta suerte una como cadena de muchos, ordenándose todos o columpiándose el primero, ayudado de la fuerza de los otros, salta, y alcanza y se ase al ramo, y sustenta a los demás, hasta que llegan, uno a la cola del otro"- esta es la denominada " cadena de monos ". (Fig. N°. 02).



Fig. N°. 02

Es una opinión generalizada entre los Historiadores que, en el gobierno del Inca-
Mayta Capac, se inventaron los Puentes Colgantes en el Tahuantinsuyo, y aún se
conserva la tradición de que bastó el que los naturales de la "Provincia de Chum-
vivilcas" vieran la tendida del primer puente para que se rindieran sin resistencia
al soberano cuzqueño, que en son de conquista había llegado hasta sus fronteras.

e.2) Construcción. - Para describir la construcción de los antiguos Puentes Colgantes
en el Perú, nos referiremos a los "Comentarios Reales" del Inca Garcilazo de la -
Vega (1,609) :

" Para hacer un puente de aquellos juntan una grandísima cantidad de mimbre, que
aunque no es la misma de España, es otra especie de rama delgada y correosa .

Hacen de tres mimbres sencillos unas criznejas (en nuestro lenguaje común tren -

zas), muy largas a medida del largo que ha de tener el Puente. De tres criznejas de a tres mimbres, hacen otra de a nueve mimbres, de tres de aquellas hacen otras criznejas, que vienen a tener en grueso veintisiete mimbres, y de tres de estas hacen otra más gruesas, y de esta manera ven multiplicando y engrosando las criznejas, hasta hacerlas más gruesas que el cuerpo de un hombre; de estas muy gruesas hacen cinco criznejas.

Para pasarlas de la otra parte del río pasan los indios nadando o en balzas, llevan asido un cordel delgado, al cual atan una maroma como el brazo, de un cáñamo que los indios llaman "Chahuar". A esta maroma atan una de las criznejas, y tiran de ella gran cantidad de indios, hasta pasarla de la otra parte; y habiéndolas pasado todas cinco, las ponen sobre dos estribos altos que tienen echos de peñas.

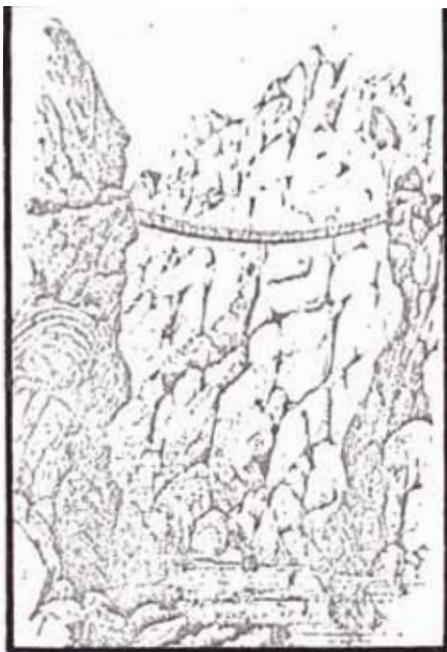


Fig. N°. 03.

El Puente Apurímac (Fig. N°.03), que está en el Camino Real del Cuzco a Lima, tiene un estribo de peña viva y el otro de albañilería de piedra.

Los estribos de albañilería de piedra hacia la parte de tierra son huecos, con fuertes paredes a los lados. En aquellos huecos de una pared a otra, tiene cada estribo atravezadas cinco o seis vigas tan gruesas como bueyes, puestas por su orden y compás, como una escalera de mano; por cada viga de estas hacen dar una vuelta a cada una de las criznejas gruesas de

mimbre, de por sí, y para que el puente esté tirante y no se afloje con su mismo peso, que es grandísimo, pero por mucho que la tiren siempre queda echo arco.

Tres criznejas de las gruesas ponen por suelo del puente, y las otras dos las ponen por barandas a un lado y a otro. Sobre las que sirven de suelo echan gran cantidad de rama atada y puesta por su orden. Echanla para que los pies de las bestias tengan en que asirse y no deslicen y caigan.

De las criznejas bajas que sirven de suelo a las altas que sirven de barandas, entretejen mucha rama y madera delgada, muy fuertemente atada, que sirve de pared a todo el largo del Puente, y así queda fuerte para que pasen sobre ella hombres y bestias". (Fig. N°. 04).

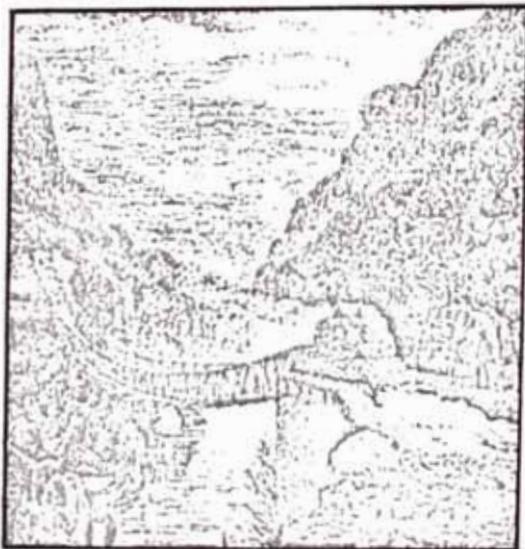


Fig. N°. 04.

El Padre Bernabé Cobo , autor de una "Historia del Nuevo Mundo" (1,642-1,635), agrega que la altura de las paredes de los estribos de albañilería de piedra eran de 8.40 m. a 11.20 m. y con los paramentos inclinados hacia tierra.

Por otro lado, Raymondi, en Noviembre de 1,860 encontró en la orilla del río Chavín lo que en la actualidad podrían ser los estribos de un puente colgante.

Los procedimientos de construcción, obviamente, no eran los mismos en todas las localidades, y que, con toda seguridad se adoptaba el más conveniente, de acuerdo con las condiciones físicas o naturales encontradas en cada caso. Por ejemplo, el Arqueólogo Alemán J.J. Von Tschudi (1.838-1,842) expresa que las "sogas" eran amarradas en, las orillas a estacas de madera. (Fig. N°. 05).

Es importante recordar también, que en el tiempo de los Incas los Puentes Colgan



Fig. N°. 05.

de Francisco Pizarro, etc., quienes con su arraigada concepción de las clases sociales, cuando observaron a su paso parejas de puentes, atribuyeron la utilidad de uno de ellos para los nobles y la otra para la plebe, cuando en realidad sucedía que mientras un puente se reemplazaba, su gemelo seguía funcionando. (Fig.N:06) teoría que se robustece con el conocimiento de que estos puentes doble solo se encontraban en el Camino Real.

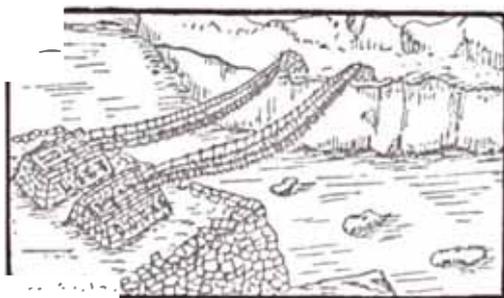


Fig. N°. 06.

tes eran renovados anualmente, acudiendo a ello los pobladores de las comarcas vecinas entre los que se repartía, proporcionalmente, los materiales y herramientas necesarios.

Esta situación generó una idea equivocada entre los conquistadores, llámense Miguel de Estete (1,533), Hernando Pizarro (1,534), Pedro Sancho, secretario

Durante las guerras civiles entre los propios conquistadores, se destruyeron estos puentes por necesidad de defensa militar, perdiéndose el orden y disciplina del Imperio Incaico, pudiéndose asegurar que desde entonces no se han vuelto a construir estos puentes dobles.

e.3) Materiales de que hacían los Puentes Colgantes

De origen vegetal. Con el que estaban contruidos la mayoría de los puentes. El más usado era la denominada "agave tuberosa" ó, comúnmente llamada

"maguey", "penca" o "cabuya", que se puede encontrar en las montañas de Huanavelica, Apurímac y Cajamarca; cerca de Lima entre Matucana y Pampas.

Para preparar las fibras, las hojas de maguey se machacaban entre dos piedras y se sumergían en agua hasta que la materia vegetal se separaba de las fibras; sacadas del agua cuando llegaban a ese estado, se golpeaban con una varilla, se lavaban y se dejaban secar; las sogas o cables eran tejidas a mano sin ayuda de maquinaria o dispositivo alguno. La parte fibrosa de las hojas se insertaba cuando la debilidad manifiesta de las sogas lo requería.

Otro vegetal empleado en la construcción de puentes colgantes es el "Lloque" (Kageneckia lanccolata), que es un arbusto flexible y madera dura.

Otro arbusto empleado era la "Chilca" (Baccharis polyantha), de tallo bastante flexible. Crece con abundancia en las quebradas de la sierra.

e.4) Puentes Colgantes famosos en el antiguo Perú.

Puente Ollantaytambo. - Puente de dos tramos levantado sobre el río Urubamba. Este puente conduce a las canteras de donde se presume se obtuvieron las piedras para las edificaciones líticas que forman las ruinas. Dichas canteras se hallan en la banda opuesta a la que ocupan las ruinas y a una distancia de unos 20 kms. del Puente. La roca explotada es un pórfido rojizo, calificada algunas veces como granito.

El ancho de este Puente era de 1.20 m.

Puente Apurímac. - Notable obra de la Ingeniería Incaica, construido sobre el río del mismo nombre ("río Soberano").

Según la descripción de Garcilazo de la Vega los cables se sostenían de un lado por un estribo de albañilería de piedra, y del otro estaban sujetas de la roca misma de la ladera.



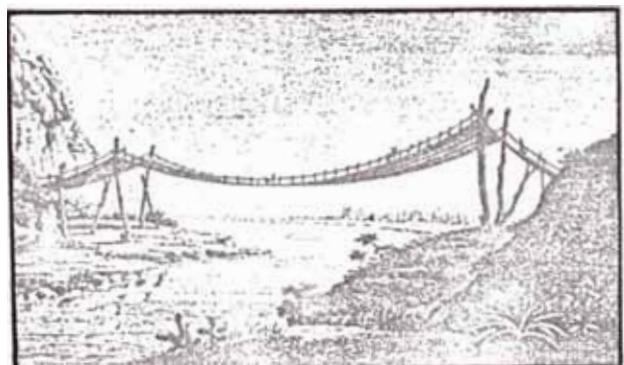
Fig. N°. 07.

Puente de Penipe .- Estaba sobre el río Chambo, muy profundo y de corriente ra
pidísima, en territorio del actual Ecuador.

Tenía una luz de 40 m. y un ancho de 2.00 m.

Las gruesas cuerdas de pita se hallaban recubiertas por pequeñas piezas cilíndri -
cas de bambú. (Fig. N°. 08).

Fig. N°. 08.



La perforación de túneles que apa-
recen en la Fig. N°. 07 no fue
practicada por los incas; los que e
llos perforaron fueron de muy per-
foraron fueron de muy pequeña
longitud , principalmente para
trabajos mineros. La imponente
estructura se hallaba en un verda-
dero cañón de la quebrada , con-
flancos, por consiguiente , casi a
pico.

Tenía una luz de 45 m. y la par
te inferior de su tablero distaba -
36 m. de la superficie del agua.

Los cables que eran cinco, de cabu
ya o planta de maguey, hacían una
flecha de 3.60 a 4.50 m.

Puente Pampas .- Construído sobre el río del mismo nombre , se le cruzaba -
viajando de Jauja al Cuzco.

Este Puente tenía una luz de 41 m. y su tablero inferior estaba a 14 m. sobre
sus aguas.

..*.*.*.*.*.*

CAPITULO II
* . * . * . * . * . * . *

DESCRIPCION DEL PUENTE
* . * . * . * . * . * . * . * . * . *

1.1 UBICACION.

El Puente Herrería se encuentra ubicado en el Km. 36 + 040 de la Carretera-Tarma - Oxapampa , jurisdicción de la Provincia de Chanchamayo del Departamento de Junín.

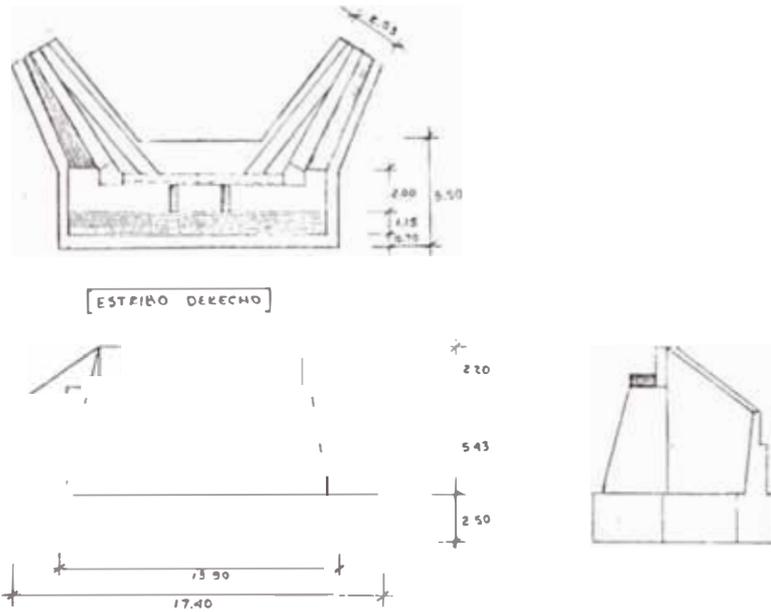
1.2 DESCRIPCION.

a) Infraestructura .-

Previamente a la ejecución del montaje, es necesario tener un conocimiento bastante detallado acerca de la forma , dimensiones y tipo de las diferentes estructuras componentes de la Infraestructura , así como de su ubicación a fin de colocar correctamente los apoyos de los elementos auxiliares de montaje , tales como los apoyos de la Pluma, dados de anclaje de los cables de la Grúa Telesférica, dados de anclaje de los vientos , etc.

Este conocimiento también es necesario a fin de efectuar los movimientos-estrictamente necesarios durante los trabajos propiamente de montaje o, de abastecimiento, resguardándose de este modo la seguridad del personal de operarios. Otro de los beneficios que se desprende de esto lo constituye aquello de que en la Programación de los trabajos las Líneas de Flujo pueden ser trazados correctamente.

Tal como se puede apreciar en el Plano de Vista General la Infraestructura es tá conformada por :



Estribo Derecho -
Estructura de con-
creto ciclópeo de
10.15 m. de alto,
con parapeto de
concreto y arma-
do y cimenta-
ción tipo zapata.
(Fig. N°. 09).

Fig. N°. 09.

Estribo Izquierdo -
Estructura de con-
creto ciclópeo -
también de 10.15
mts. de alto , con
parapeto de concre-
to armado y cimen-
tación tipo zapa-
ta.
(Fig. N°. 10)

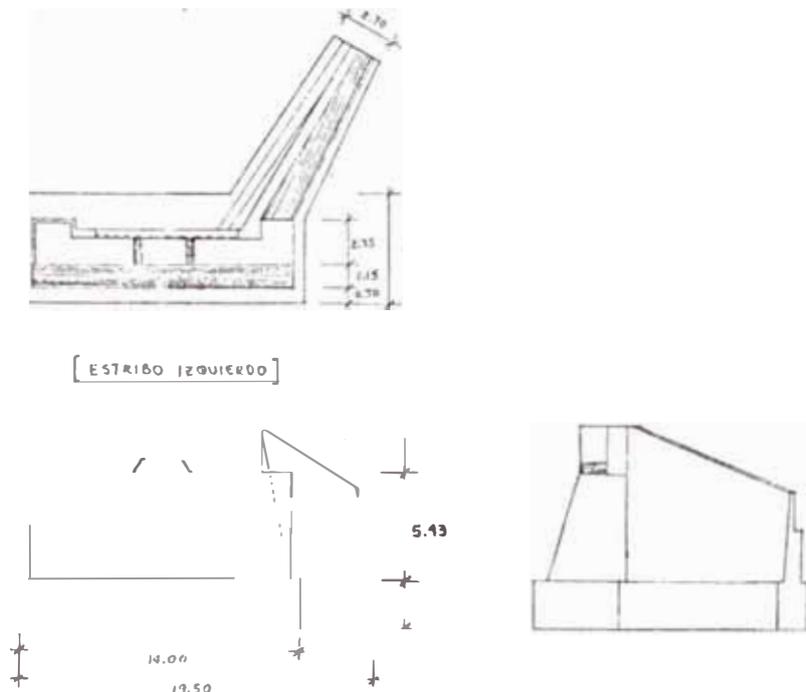
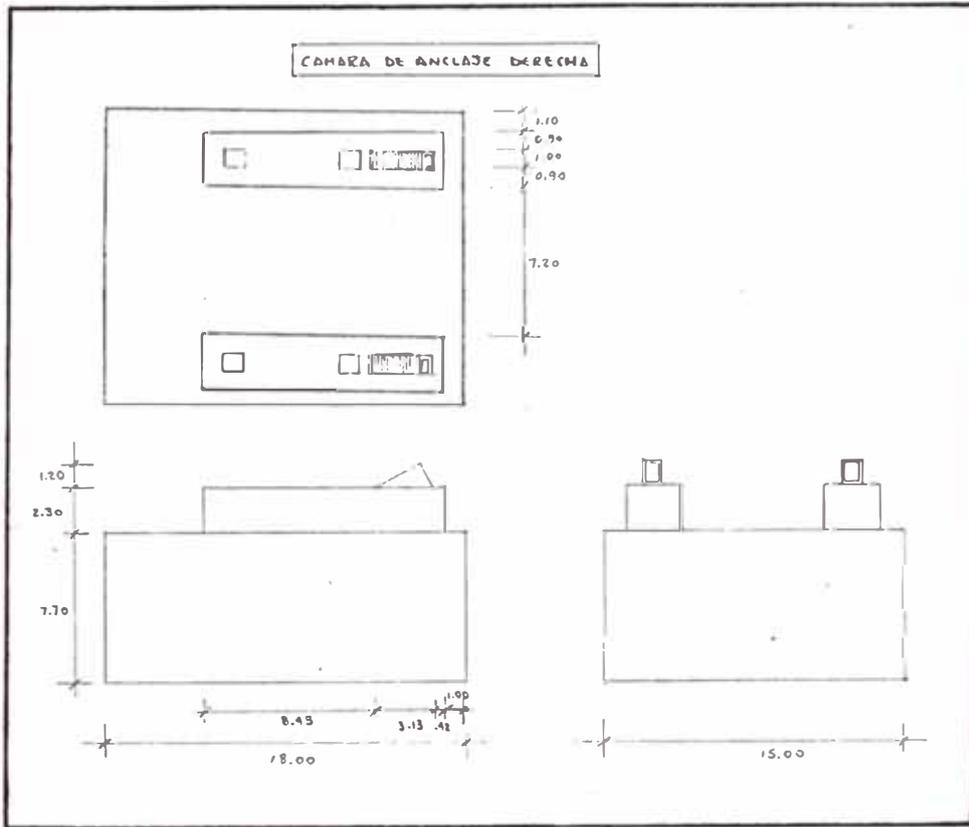


Fig. N°. 10

Las cotas de cimentación de ambos estribos es la 750.25 siendo la cota de la ra-

sante en ambos la 760.25 m.s.n.m.



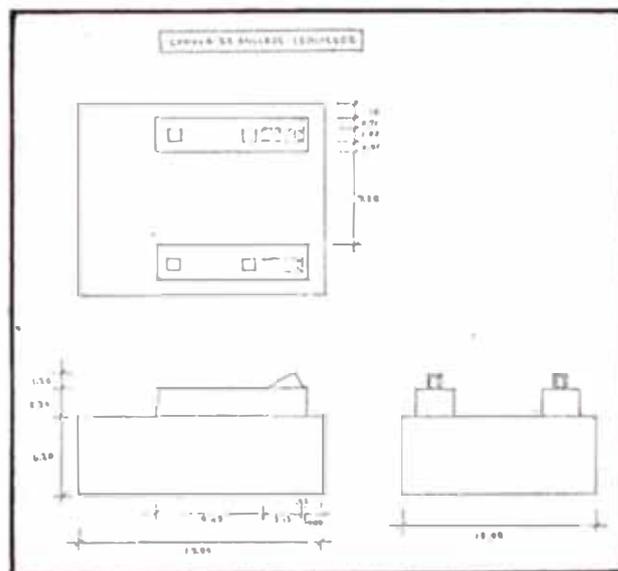
Cámara de Anclaje Derecha. Macizo de anclaje cuya cimentación es de concreto ciclópeo y, parcialmente, de concreto simple $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, así como su elevación. Tiene una altura de 11.20 m. (Fig. N°. 11)

Fig. N°. 11

Cámara de Anclaje Izquierda.

Al igual que la Cámara Derecha, consta de concreto ciclópeo y simple $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$. Este macizo tiene una altura de

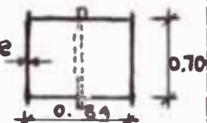
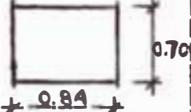
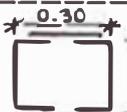
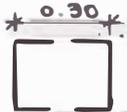
Fig. N°. 12.



consideran los correspondientes a las placas de amarre ni los de la pernería, pudiéndose asumir que estos constituyen un 5 % del peso total.

El conocimiento de estos pesos se hace imprescindible puesto que de acuerdo a ello vamos a programar el sistema de trabajo, así como determinar el equipo adecuado.

TABLA N° 01
* . * . * . * . * . * . * . *

Posición	DESCRIPCIÓN	LON - GITUD M.	FORMA - DE LA SECCION	PESO Tn.	OBSERVACIONES.
11	Pie de Pilón	1.550		1.610	$e = 0.025$ m. sección indicada a media altura.
10P 10S	Pilón	Sup. = 9.511 Inf. = 10.342		Sup. = 5.76 Inf. = 6.15	$e.70 = 0.020$ $e.84 = 0.025$
1	Silla de Cambio de Dirección	1.41		2.419	$e = 0.04$ Sección indicada a media altura.
21	Viga Inferior	8.99		0.71	Peso indicado es del conjunto de los dos canales.
19	Viga Superior	8.72		0.688	Peso indicado es del conjunto de los dos canales.
27	Arriostre Interior	13.52		0.801	Peso indicado es del conjunto de los dos canales.
29	Arriostre Exterior	13.52		0.801	Peso indicado es del conjunto de los dos canales.

Los Cables .- Los cables transmiten directamente los esfuerzos producidos en el Tablero hacia las Torres y Cámaras de Anclaje.

Los cables están conformados por torones galvanizados de 5.5 mm. de diámetro, -
dispuestos en forma concéntrica y helicoidal en número de :

$$1 + 6 + 12 + 18 + 24 + 24 + 30 + 36 = 127.$$

El acero con el que están fabricados es de la calidad St 160 teniendo un módulo -
de elasticidad igual a $2'300,000 \text{ kg/cm}^2$, individualmente y en conjunto los cua -
tro cables $1'630,000 \text{ kg/cm}^2$.

A cada lado del Puente tendremos cuatro cables siendo en total ocho. De -
cada grupo de cables , uno de ellos, el denominado de posición N°. 20 tie -
ne las respectivas marcas para su ubicación en la Silla de Cambio de Direc -
ción sobre las Torres y colocación de las Péndolas.

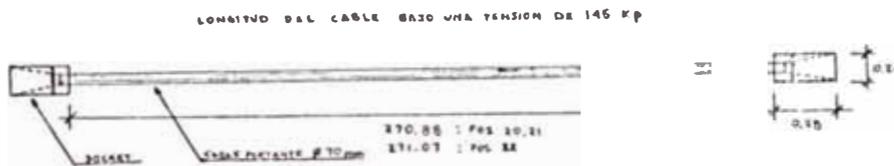


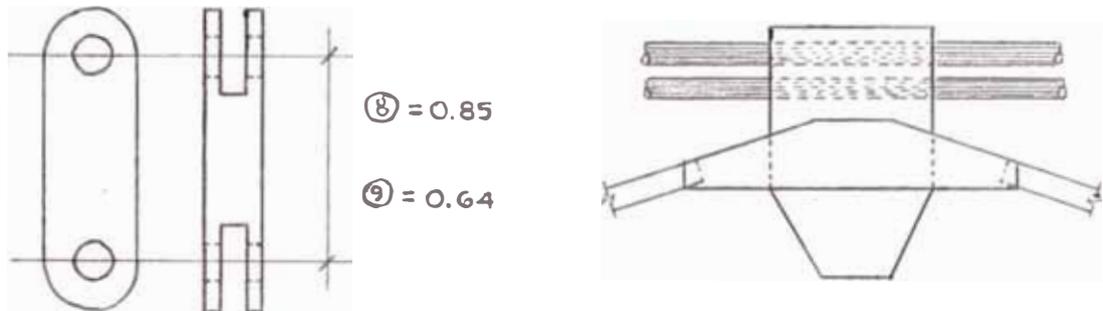
Fig. N°. 014.

Para efectos -
del anclaje -
en las respec -
tivas Cámaras
de Anclaje, -
los cables es

tán dotados de unos terminales denominados "sockets", los cuales no son otra co -
sa que protuberancias de forma cilíndrica fabricados con un acero de la calidad -
St 50.

Tal como se puede apreciar en la Fig. N°. 14, los cables de la posición 20 son los
interiores con una longitud de 270.88 y un peso de 6.387 Tn., los cables de la po -
sición 21 son los exteriores y con las mismas características que el anterior. Los -
cables de la posición 22 son los superiores tanto interior como exterior con una -
longitud cada uno de 271.07 m. y un peso de 6.391 Tn. El conjunto de los cua -
tro cables toma una longitud de 270.54 m. con una flecha de 18.00m., bajo cor -

Las Péndolas de las posiciones 8, 9 y 10 son rígidas teniendo la siguiente geometría :



Las longitudes de Péndola dadas en la Tabla N°. 02, corresponden bajo el estado de carga estático total.

Las pinzas de las posiciones 1 - 7 están compuestos por tres piezas, dos exteriores y una central, las que están sujetas al Cable Portante por pernos debidamente ajustados (Fig. N°. 16')

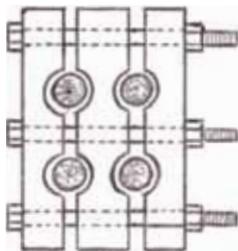


Fig. N°. 16.'

Viga de Rigidez. - La Viga de Rigidez absorbe los esfuerzos de deformación generados por la flexibilidad de los Cables.

Está compuesta por 20 tramos o "módulos" de la forma y dimensiones indicadas en la Fig. N°. 17 .

Para efectos de control del lanzamiento los extremos o empalmes de los " módulos " se han enumerado del 0 al 10 , hacia el centro de luz.

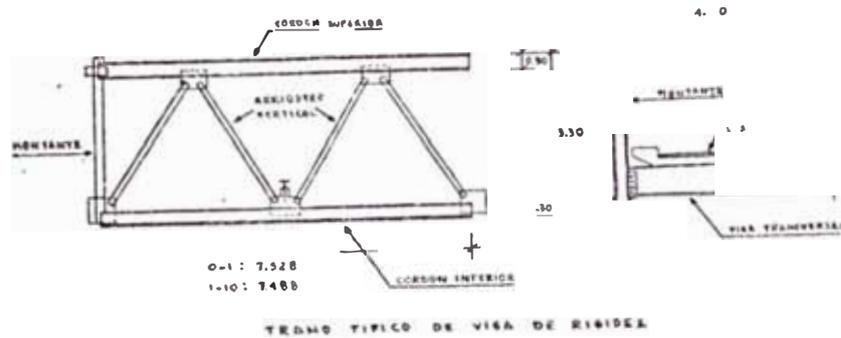


Fig. N°. 17

Las características de los elementos componentes de cada "módulo" se dan en la Tabla N°. 03 .

Los pesos indicados son bastantes aproximados válidos , en todo caso, para efectos del cómputo del peso propio del módulo

Asumiendo que para las operaciones de izamiento son necesarios ocho operarios sobre el módulo , incluyendo sus herramientas , tendrán un peso aproximado de $0.600 Tn.$, con lo que cada módulo se considerará que tiene un peso de $8.84 + 0.60 = 9.44 \approx 9.50 Tn.$

Para los elementos compuestos , llámese cordones , diagonales y arriostres los pesos dados son el conjunto : elementos + planchas de unión + pernos .

TABLA N^o. 03

..*.*.*.*.*.*.*.*

ELEMENTO	TRAMO	POSICION	LONGITUD M.	SECCION	PESO ELEM. (Tn.)	PESO TOTAL	CALIDAD - ACERO
CORDON INFERIOR	0-1	2,3 P+S	7.528		0.890	1.780	St 37
	1-2	5,6	7.488				St 44
	2-3	8,9	7.488				St 44
	3-10	13,14	7.488				St 52
MONTANTE.	0-1	17	3.55		0.250	0.500	St 52
	1-2	15	3.55				St 52
	2-3	15	3.55				St 52
	3-10	15	3.55				St 52
VIGA - TRANSVERSAL	0-1	1,5	8.43		1.200	2.400	St 37
	1-2	2,5	8.43				St 37
	2-3	2,5	8.43				St 37
	3-10	2,5	8.43				St 37
ARRIOSTRE VERTICAL	0-1	18,20 PyS	3.11		0.140	1.120	St 37
	1-2	PyS					St 37
	2-3	19,21	3.11				St 37
CORDON SUPERIOR	0-1	1 P+S	7.54		0.860	1.720	St 37
	1-2	4	7.50				St 37
	2-3	7 PyS	7.50				St 37
		10	7.50				St 37
ARRIOSTRE HORIZONTAL	0-1	7,8,9,10 PyS	4.95		0.240	0.960	St 37
	1-2	11,12 PyS	5.09-5.20				St 37
	2-3	13,14 PyS	5.62-5.51				St 37
	3-10	13,14	5.62				St 37
BARANDAS	0-1	18P, 19P	7.528		0.090	0.360	St 37
	1-2	20, 21	7.488				St 37
	2-3	20, 21	7.488				St 37
	3-10	20, 21	7.488				St 37

PESO DEL "MODULO" = 8.84 Tn

CAPITULO II

..*.*.*.*.*.*

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

.

2.1 CONDICIONES PARA EL MONTAJE

Un aspecto importante que hay que tomar en consideración no sólo para programar los trabajos sino para tomar las debidas precauciones a fin de que ellos den un óptimo resultado, es el cabal conocimiento de bajo qué condiciones se van a llevar a efecto aquellos.

Indudablemente, factores como la temperatura del medio ambiente, los vientos, las precipitaciones pluviales, etc. van a redundar en alguna medida en el rendimiento del personal de operarios de montaje, siempre sujetos por supuesto, a la experiencia que ellos tengan por la variedad de trabajos que hayan ejecutado, así como por ser originarios de tal o cual lugar de condiciones similares a la zona de trabajo.

Temperatura.- A mayor temperatura las operaciones de montaje se realizarán más lentamente y con menor seguridad puesto que el personal trabajará extenuado por el calor imperante, manifestándose esto en la excesiva sed, así como por el malestar que se experimenta debido al contacto de la piel con la estructura metálica que ha absorbido íntegramente la temperatura ambiente. Esto ocurre en zonas como Chanchamayo y, en general zonas de Ceja de Selva. Durante el montaje del Puente "Herrería", por ejemplo, se ha trabajado con temperaturas máximas de hasta 35°C.

En estos casos, se recomienda que el personal utilice guantes y las ropa más ligera posible (desechándose totalmente el uso de harapos debido a que cualquier hila -

cha puede entorpecer su movimiento creándole riesgos innecesarios). Asimismo, - sobre todo durante el lanzamiento de la Viga de Rigidez, es recomendable proporcionar abundante agua fresca para el consumo de los operarios cuando arrecie el calor.

Viento .- En los lugares con viento fuerte las maniobras se realizarán torpemente y con una relativa estabilidad. En casos como este hay que utilizar permanentemente los dispositivos de seguridad tales como los cinturones de seguridad y anteojos , en caso de viento con polvo.

Lluvias .- Las lluvias forman sobre la superficie de la Estructura Metálica una delgada película resbaladiza que provoca la inestabilidad ante cualquier movimiento sobre ella . Cuando se trate de los llamados " chaparrones ", esto es, lluvias de gran intensidad y de poco tiempo de duración , es preferible suspender los trabajos. Y , cuando las lluvias sean de poca intensidad siempre usar los cinturones de seguridad , así como los cascos .

En general , es una buena práctica programar los trabajos de Montaje en épocas de verano , puesto que además de no presentarse las lluvias torrenciales, los ríos y riachuelos toman el nivel de aguas mínimas cabiendo la posibilidad de utilizar parte del cauce del río en ambos márgenes como plataformas de lanzamiento o simplemente , como zona de trabajo , reduciéndose el tiempo de trabajo debido al acortamiento de las distancias.

2.2 ANALISIS ESTATICO DEL MONTAJE .-

El Montaje , como es obvio , tiene una secuencia lógica de procedimiento, esto es , primero las Torres , luego los Cables, en seguida las Péndolas y , finalmente, la Viga de Rigidez.

Individualmente , cada estructura también conserva una secuencia de ensamblaje; -

por ejemplo, tenemos que en las Torres primero se colocan los apoyos, luego el Pie de Pilón, enseguida el primer y segundo cuerpo y, finalmente, la Silla de Cambio de Dirección. Asimismo, en el Lanzamiento de los Cables, primero se lanza el interior inferior, luego el exterior inferior y, finalmente, los superiores en el mismo orden. Para la colocación de las Péndolas, primero se colocan las Pinzas y luego las Péndolas propiamente dichas.

En el caso de la Viga de Rigidez, el ensamblaje se realiza empezando por las vigas transversales, luego los cordones inferiores y montantes, enseguida las diagonales y, finalmente, los cordones superiores.

No pudiéndose determinar las magnitudes de los esfuerzos por efecto dinámico, ya que los distintos parámetros son sumamente variables, más aún cuando interviene el elemento humano, haremos el análisis de todas las etapas de montaje considerándolos en estado estático. De esta manera, también nos estamos manteniendo dentro del margen de seguridad.

2.2.1 Montaje de las Torres .- El montaje de las Torres del Puente " Herrería " se realizó con Pluma, apoyada en el centro de la plataforma y con " vientos " y tirfors debidamente dispuestos, tanto para su movimiento en el plano vertical, como en el horizontal. Sin embargo, también analizaremos el montaje utilizando paneles de Puentes Bailey, de manera que los futuros Ingenieros de Montaje cuenten con otra alternativa de trabajo.

a) Montaje utilizando pluma .-

Ante todo hay que indicar que la Pluma se deberá diseñar de manera que permita un espacio adecuado de maniobra para la colocación de la Silla de Cambio de Dirección sobre la Torre (Fig. N°. 18) y, de tal peso que no constituya un lastre para las maniobras a realizarse.

El apoyo de la Pluma se puede ubicar en el eje longitudinal del Tablero o en la dirección del eje longitudinal de cada una de las columnas. En el primer caso, luego de montar una columna, cambiaremos su dirección aflojando o traccionando los tirantes respectivos; en el segundo caso, luego de montar una columna se tendría que desmontar la Pluma y volver a montarla en la dirección de la otra columna, con una apreciable pérdida de tiempo. Para conservar la estabilidad de la Pluma bajo cualquier estado de carga tenemos que colocar más de un tirante, aproximadamente de cuatro a seis, dependiendo el número de estos, de la magnitud de la sollicitación. Sin embargo, considerando que para el manipuleo de los tirfors u otro equipo de tracción, no se cuente con personal calificado o que, accidentalmente, el Ingeniero responsable del Montaje tenga que ausentarse dejando la dirección de los trabajos a un Maestro de Obra con poca experiencia o a cualquier otro operario con igual deficiencia, de manera que, éstos, en una maniobra incorrecta, recarguen las mayores sollicitaciones sobre uno o dos de los tirantes ubicados pudiéndose producir el colapso de los mismos; el análisis estático, considera que la Pluma está soportada por un solo tirante.

Asimismo, consideraremos dos estados de carga, el primero, constituido por su peso propio y el segundo, el instante en que iza el elemento más pesado de la columna, esto es, el primer cuerpo. Durante el desarrollo del cálculo podremos apreciar las grandes dificultades que hay que vencer para ubicar a la Pluma en su posición de trabajo así como las limitaciones que hay que tomar en cuenta para ejecutar correctamente el montaje de las Torres.

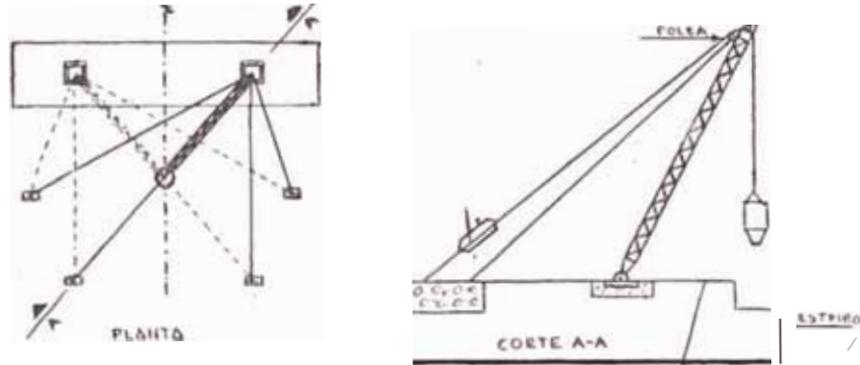
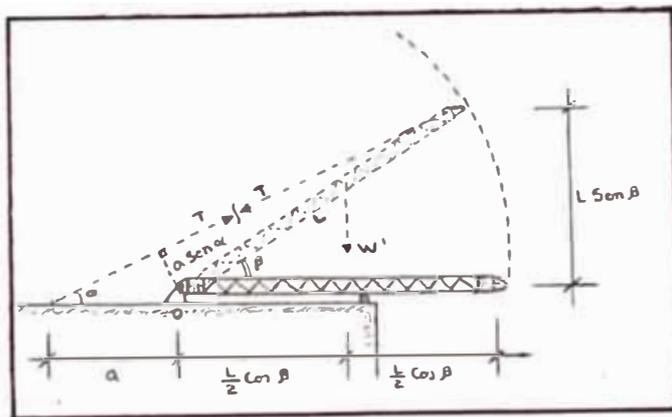


FIG. # 18

a.1) Primer Estado de Carga : peso propio de la pluma



$$\sum M_o : T \cdot a \cdot \text{Sen } \alpha - W' \cdot \frac{L}{2} \cdot \text{Cos } \beta = 0$$

$$\therefore T = \frac{W' \cdot L \cdot \text{Cos } \beta}{2 \cdot a \cdot \text{Sen } \alpha}$$

$$\text{Tambi\u00e9n: } \text{Tg } \alpha = \frac{L \cdot \text{Sen } \beta}{a + L \cdot \text{Cos } \beta}$$

de donde obtenemos :

FIG # 19.

$$\text{Sen } \alpha = \frac{L \cdot \text{Sen } \beta}{\sqrt{L^2 + a^2 + 2 \cdot L \cdot a \cdot \text{Cos } \beta}}$$

$$\text{Luego : } T = W' \cdot \frac{L \cdot \text{Cos } \beta}{2 \cdot a \cdot \frac{L \cdot \text{Sen } \beta}{\sqrt{L^2 + a^2 + 2 \cdot L \cdot a \cdot \text{Cos } \beta}}}$$

$$T = W' \cdot \frac{\sqrt{L^2 + a^2 + 2 \cdot L \cdot a \cdot \cos \beta}}{2 \cdot a \cdot \operatorname{Tg} \beta}$$

o sea : $T = W' \cdot f(\beta)$,

$$\text{donde } f(\beta) = \frac{\sqrt{L^2 + a^2 + 2 \cdot L \cdot a \cdot \cos \beta}}{2 \cdot a \cdot \operatorname{Tg} \beta}$$

En nuestro caso vamos a asumir : $L = 27.50 \text{ m.}$

$a = 12.00 \text{ m.}$

$W' = 3.10 \text{ Tn.}$

$$\therefore f(\beta) = \frac{\sqrt{900.25 + 660 \cdot \cos \beta}}{24 \cdot \operatorname{Tg} \beta}$$

Tabulando los valores de $f(\beta)$ para valores de $\beta = 0^\circ$

hasta $\beta = \operatorname{Arc} \operatorname{Tg} \left(\frac{23}{15} \right) = 57^\circ$

TABLA N° 04
..*.*.*.*.*.*.*

β	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	57°
$f(\beta)$	∞	18.8	9.3	6.1	4.5	3.5	2.8	2.3	1.9	1.5	1.3	1.0	1.0
T	∞	58.3	28.8	18.9	14.0	10.9	8.7	7.1	5.9	4.7	4.0	3.1	3.1

Puesto que, las operaciones de posicionamiento de la Pluma no conllevan el riesgo de la pérdida de vidas humanas y más aún, tratándose de situaciones temporales, podemos trabajar en el diseño con un factor de seguridad igual a 1.4, por lo que las cargas de trabajo serán $T' = 1.4 \times T$.

TABLA N° 04
* . * . * . * . * . * . * . *

β	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	57°
T'	∞	81.6	40.3	26.5	19.6	15.3	12.2	9.9	8.3	6.6	5.6	4.3	4.3

Como los tirfors trabajan con cables de $\phi = 5/8''$, obviamente, tendre - mos que utilizar cables de este diámetro como tirantes o vientos.

En la Tabla N°. 08 del Anexo vemos que la tensión de ruptura de este cable es de 15.6 tn (cable tipo 6 x 19 Strand Core Bright) con lo - que trabajaríamos dentro del márgen de seguridad desde los 25°. Para - cumplir con nuestro cometido vamos a emplear el mecanismo mostrado en la Fig . N°. 20 sólo hasta sobrepasar los 25° ó , hasta llegar a ella cuan - do se quiera desmontar la Pluma.

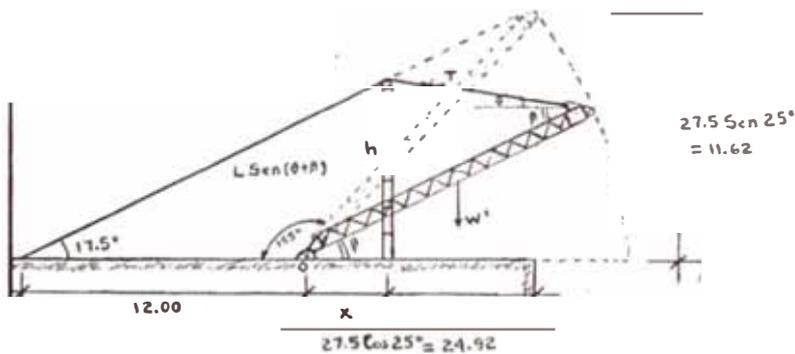


FIG . N°. 20 .

$$\text{Como } T_g \alpha = \frac{27.5 \cdot \text{Sen } \beta}{12 + 27.5 \cdot \text{Cos } \beta}$$

$$\text{Para } \beta = 25^\circ \quad \Rightarrow \quad \alpha = 17.5^\circ$$

Dicho mecanismo no es - otra cosa que un pórtico con rodillos en su corona ción , en la dirección de cada tirante principal que tiene la finalidad de des - viar la dirección de las - tensiones sobre los tiran - tes a fin de reducir las.

Por triángulos semejantes : $\frac{h}{11.62} = \frac{12+x}{36.92}$, donde si $x = 0$

$\implies h = 3.78 \approx 3.80 \text{ m.}$

$\Theta = \frac{\text{ArTg}(h-L \cdot \text{Sen } \beta)}{L \cdot \text{Cos } \beta - x} = \text{Arctg} \frac{3.8-27.5 \cdot \text{Sen } \beta}{27.5 \cdot \text{Cos } \beta} = \text{Arctg} \left(\frac{3.8-27.5 \text{Sen } \beta}{27.5 \text{Cos } \beta} \right)$

$\Sigma \text{ Mo: } T \cdot L \cdot \text{Sen} (\theta + \beta) = W' \cdot \frac{L}{2} \cdot \text{Cos } \beta$

$T = W' \cdot \frac{\text{Cos } \beta}{2 \cdot \text{Sen} (\theta + \beta)} = W' \cdot f(\theta + \beta)$

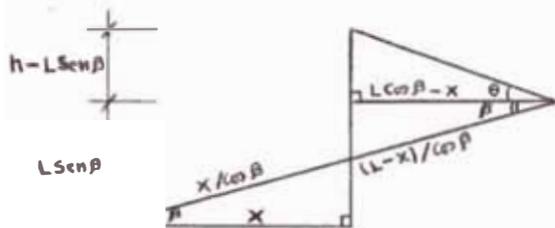
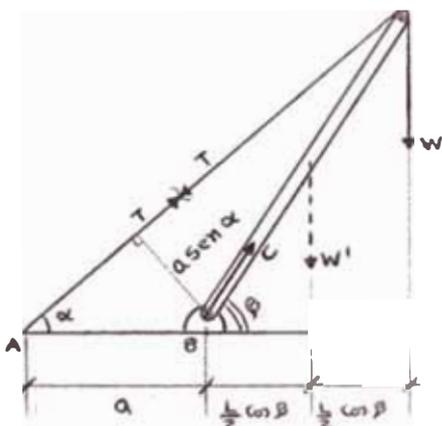


TABLA N° 05
* . * . * . * . * . * . *

β	5°	10°	15°	20°	25°
θ	2.9°	- 2.1°	- 7.1	-12.7	-17.4
$f(\theta + \beta)$	3.62	3.58	3.58	3.70	3.42
$T = W' \cdot f(\theta + \beta)$	11.22	11.10	11.10	11.47	10.6

Considerando el FS = 1.4 : $T' = 11.4 \times 1.4 = 16.05 \text{ Ton.} < 31.2 \text{ Ton., OK!}$

a.2) Segundo Estado de Carga : peso propio de la Pluma + peso del primer cuerpo de la Columna.



$\Sigma M_A: C \cdot a \cdot \text{Sen } \alpha = W' \left(a + \frac{L \cdot \text{Cos } \beta}{2} \right) +$

$W (a + L \cdot \text{Cos } \beta)$

de donde :

$C = \frac{(W' + W) (2 \cdot a + L \cdot \text{Cos } \beta)}{2 \cdot a \cdot \text{Sen } \alpha} +$

$\frac{W (L \cdot \text{Cos } \beta)}{2 \cdot a \cdot \text{Sen } \alpha}$

$$\sum M_B : T.a.\text{Sen}\alpha = W' \cdot \frac{L}{2} \cdot \text{Cos}\beta + W.L.\text{Cos}\beta$$

de donde :

$$T = (W' + 2.W) \left(\frac{L \cdot \text{Cos}\beta}{2.a.\text{Sen}\alpha} \right)$$

Para : $W' = 3.1 \text{ Ton.}$

$W = 6.1 \text{ Ton.}$

$L = 27.5 \text{ m.}$

$a = 12.0 \text{ m.}$

$$C = \frac{9.19 + 17.52 \cdot \text{Cos}\beta}{\text{Sen}\alpha}$$

$$T = 17.53 \cdot \frac{\text{Cos}\beta}{\text{Sen}\alpha}$$

β	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	57°
α	17.5°	21°	24.6°	28.1°	31.7°	35.4°	39°	40.5°
$\text{Cos}\beta$	0.9063	0.8660	0.8192	0.7660	0.7071	0.6428	0.5736	0.5446
$\text{Sen}\alpha$	0.3007	0.3584	0.4163	0.4710	0.5254	0.5793	0.6293	0.6494
C (Ton)	83.4	68.0	56.6	48.0	41.1	35.3	30.6	28.8
T (Ton)	52.8	42.3	34.5	28.5	23.6	19.4	16.0	14.7

TABLA N° . 06

Utilizaremos un F.S. = 2.00 bajo la condición de que los cables a usarse sean nuevos y que , en el instante de ejecutarse este trabajo , no haya personal bajo su área de influencia que ponga en peligro su vida.

Entonces, las cargas de trabajo serán :

β	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	57°
C (Ton)	166.8	136.0	113.2	96.0	82.2	70.6	61.2	57.6
T (Ton)	105.6	84.6	69.0	57.0	47.2	38.8	32.0	29.4

TABLA N° . 06"

En la Tabla N°.06' observamos que la sollicitación máxima sobre el tirante es de 29.4 Ton., los cuales se podrían soportar ubicando una polea en el lado posterior del extremo libre de la Pluma (Fig. N°. 21). Con esto lograríamos que la tensión resistente sea de :

$$2 \times 15.6 = 31.2 \text{ Ton.} > 29.4 \text{ Ton., O. K.}$$

También deducimos de esto que, cuando la Pluma no está cargada podrá inclinarse hasta hacer un ángulo con la horizontal, no ya, de 25° como se supuso inicialmente, sino de 15°, obteniéndose entonces un F.S. = $\frac{31.2}{18.9}$

$$= 1.65$$

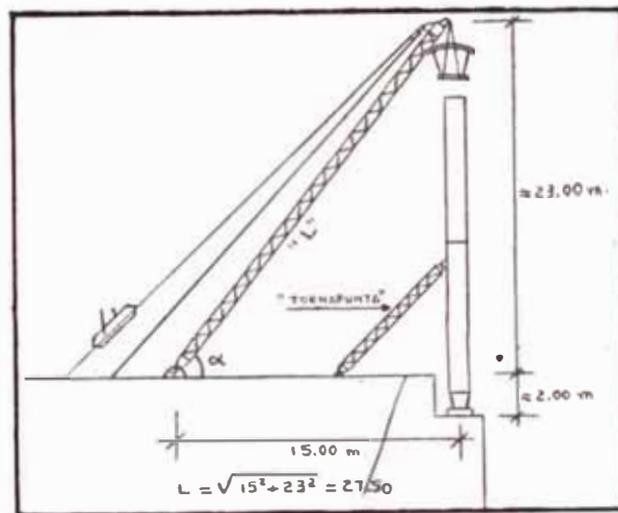


FIG. N°. 21

En cuanto a la sollicitación sobre la Pluma, cuando trabajamos con ésta en su posición más erecta, tendremos una compresión de 58 Ton. pero, considerando un margen adicional de seguridad tomaremos esta sollicitación como 60 Ton.

Conclusiones :

- 1.- Para los tirantes se utilizarán cables de $\varnothing = 5/8"$, tipo Strand Core Bright 6 x 19, debiendo estos ser nuevos -

(para los tirantes principales).

- 2.- La fuerza de compresión a considerar para el diseño de la Pluma será de 60 Ton.
- 3.- La colocación de la Pluma en su posición de trabajo se hará con un pórtico de 4.00 m. de alto y ubicado sobre el apoyo de la Pluma.
- 4.- En todo momento de carga la Pluma deberá estar en su posición más erecta y, cuando no esté cargada podrá inclinarse hasta hacer un ángulo mínimo de 15° con la horizontal.

..*.*.*.*.*.*.*.*.*.*.*.*.*.*

ción transversal, la columna de celosía tiene menor resistencia al pandeo que, la de alma llena.

Para el diseño se deberá verificar :

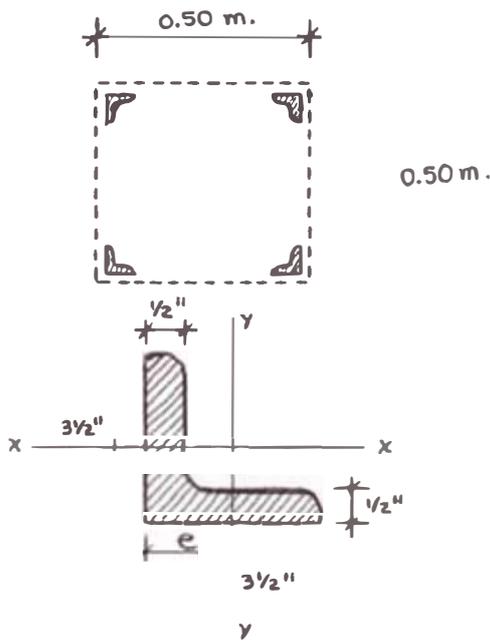
- a) La resistencia al pandeo de la columna debido a la carga axial
- b) La resistencia al pandeo local de los elementos principales
- c) La resistencia al cortante de la celosía.

DISEÑO :

a) ELEMENTOS PRINCIPALES

a.1) Predimensionamiento :

Asumiremos inicialmente una sección de la forma :



en donde, como elementos principales utilizaremos 4 ángulos de 3 1/2" x 3 1/2" - x 1/2" cuyas características son :

Acero : A - 36 (F_y = 2,500 kg/cm²).

A = 3.25 pulg²

e = 1.06 pulg

I = 3.60 pulg⁴

r_x = r_y = 1.06 pulg

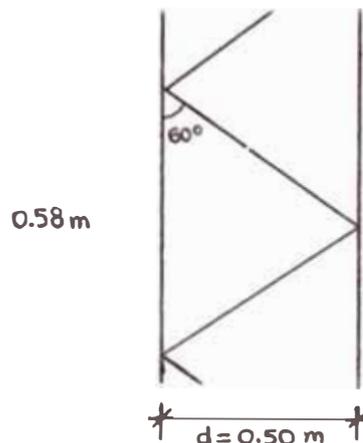
Utilizando enlace simple tendremos :

Θ = 60°

a.2) Esfuerzo actuante :

P' = 60 Ton. x 2.2 = 132 kips

σ_a = $\frac{P'}{A} = \frac{132}{4 \times 3.25} = 10.15 \text{ Ksi}$



a.3) Esfuerzo admisible :

El radio de giro de la sección transversal está dada por : $r = \sqrt{r_o^2 + d_1^2}$

donde : $d_1 = \frac{d - e}{2}$

r_o = radio de giro de un ángulo

d = ancho de la columna de celosía

l_1 = distancia entre conectores medida sobre el elemento principal

Reemplazando valores : $r = \sqrt{1.06^2 + (10 - 1.06)^2} = 9.00$

$$l_1/r = \frac{58/2.54}{9.00} = 2.54$$

para $l_1/r = 2.54$: $\sigma = 21.50 \text{ Ksi} > 10.15 \text{ Ksi}$, O.K. !

$$P = 13 \times 21.5 = 280 \text{ Kips} > P' = 132 \text{ Kips}$$

(ver Apéndice A-5-84 del Manual AISC - 73)

El espaciamiento entre puntos conectados será de tal manera que la relación de esbeltez de los miembros principales comprendidos entre ellos, sea menor que la esbeltez de la columna armada.

$$l_1/r_o = \frac{22.83}{1.06} = 21.54$$

$$l/r = \frac{2,750/2.54}{9.00} = 120 > 21.54 , \text{ O.K. !}$$

Finalmente tenemos que : $\sigma_a < \sigma$

a.4) Verificación de la resistencia al pandeo de los elementos principales debido a carga axial :

La resistencia al pandeo de una columna de celosía, articulada en los extremos y

sujeta a carga axial está dada por la siguiente expresión : $P_{crit} = \frac{\pi^2 E \cdot I}{(Kl)^2}$

donde : $E = 29,000 \text{ kips/in}^2$
 $I = r^2 \cdot A = 9.00^2 \times 13 = 1,053 \text{ in}^4$
 $l = 27.5 \text{ m.} = 2,750 \text{ cm.} = 1,082.68 \text{ in}$

Los valores de K se deducen teóricamente mediante el análisis aproximado de la deformación de la celosía por cortante. En una columna de celosía se supone que ésta, sometida a una cortante V actúa como una armadura simple de nudos articulados. Estos valores de K se obtienen con la fórmula :

$$K = \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{(L/r)^2} \cdot \frac{A}{A_d} \cdot \frac{1}{\text{Cos } \Theta \cdot \text{Sen}^2 \Theta}}$$

- donde : $L =$ longitud de pandeo
 $r =$ radio de giro de la sección transversal de la columna
 $A =$ área de la sección transversal de la columna
 $A_d =$ área de la sección transversal de los elementos de la celosía diagonal de un tablero.

Reemplazando valores :

$$L/r = 1,082.68/9.00 = 120.30$$

$$A/A_d = \frac{4 \times 3.25}{4 \times 5/8 \times 3/8} = 13.86$$

$$\text{luego, } K = 1.01, \text{ y } P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 \times 29,000 \times 1,053}{(1.01 \times 1,082.68)^2} = 252 \text{ Kips} > 132 \text{ Kips, O.K. !}$$

También se debe cumplir : La longitud no arriostrada del ángulo entre extremos de enlace será tal que la relación $l_x/r_x, l_y/r_y, l_z/r_z$ no exceda la relación L/r de la columna considerada como un todo . Luego , para :

$$L = 1,082.68 \text{ in.}$$

$$r = 9.00 \text{ in}$$

$$l_x = l_y = 22.8 \text{ in} :$$

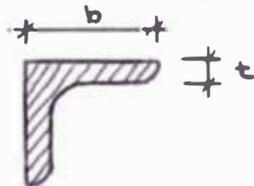
$$L/r = 120.3$$

$$I_x/r_x = I_y/r_y = 22.8/1.06 = 21.51 < 120.3, \text{ O.K.}$$

$$I_z/r_z = 11.4/0.683 = 16.69 < 120.3, \text{ O.K.}$$

a.5) Verificación de la resistencia al pandeo local de los elementos principales:

Esta verificación se realiza debido a que cuando el elemento principal de una columna de celosía pandea localmente, ésta puede fallar aún antes que se alcance la carga crítica P_{crit} . Para evitar esto se trata que las dimensiones del ángulo cumplan con la siguiente expresión :



$$b/t < 637/\sqrt{F_y}, \quad F_y : \text{Kg/cm}^2$$

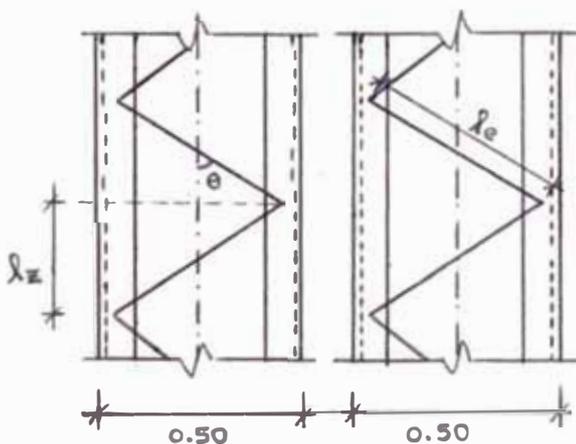
En nuestro caso : $b/t = 3.5/0.5 = 7.00$

$$637/\sqrt{F_y} = 637/\sqrt{2,500} = 12.74 > 7.00, \text{ O.K.}!$$

b) ENLACE .-

b.1) Disposición :

En una columna de celosía , formado por 4 ángulos ubicados en las esquinas , la colocación de los enlaces en dos caras adyacentes deberá ser en forma alternada para evitar que el ángulo pandee con respecto a su eje principal $z - z$ (radio mínimo).



Cuando se quiera utilizar enlaces simples:

$$\theta \geq 60^\circ$$

Cuando se quiera utilizar enlaces dobles:

$$\theta \geq 45^\circ$$

Además, como el enlace es un elemento secundario, se deberá cumplir :

$l_e/r_e < 140$, donde : r_e = radiode giro del enlace.

En nuestro caso :

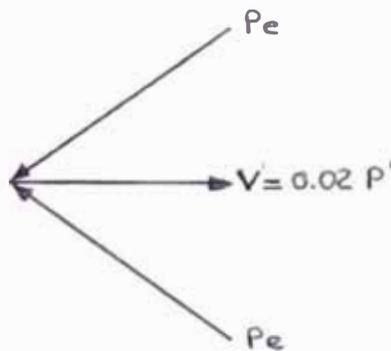
$$l_e = \sqrt{50^2 + 29^2} = 57.8$$

Y como $l_e/r_e = 140$, entonces : $r_e = 57.8/140 = 0.42$

luego el espesor de la barra de enlace se obtendrá de : $t_e = \sqrt{12} r_e$, de donde reemplazando valores encontramos $t_e = \sqrt{12} \cdot 0.42 = 1.45$ cm.

b.2) Resistencia al cortante de la celosía :

Para asegurar el trabajo integral de los elementos principales, la celosía se deberá diseñar de manera que pueda resistir los esfuerzos debido a las cargas transversales externas que actúan sobre la columna. El valor mínimo del cortante con que se diseñan los enlaces equivalen al 2% de la carga axial P' .



$$V = 2 \cdot P_e \cdot \cos 30^\circ = 0.02 \cdot P'$$

de donde :

$$P_e = \frac{0.02 \cdot P'}{2 \cdot \cos 30^\circ} = 0.01 \cdot P' = 0.60 \text{ Ton.}$$

luego :

$$l_e/r_e = 57.8/0.42 = 137.62, \text{ y}$$

$$\sigma_{\text{admis.}} = 8.66 \text{ Ksi} = 606 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{entonces : } A = \frac{600 \text{ Kg}}{606 \text{ Kg/cm}^2} = 0.99 \text{ cm}^2.$$

$$\text{de donde obtenemos el ancho del enlace : } \frac{0.99}{1.45} = 0.68 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Finalmente, largo} &= 57.8/2.54 = 22.75 \text{ in} = 22 \frac{3}{4}'' \\ \text{espesor} &= 1.45/2.54 = 0.57 \text{ in} = 5/8'' \\ \text{ancho} &= 0.68/2.54 = 0.27 \text{ in} = 3/8'' \end{aligned}$$

b.3) Soldadura :

- Resistencia admisible : $F_w = 0.0707 W_s \cdot F_v$

donde :

$W_s =$ tamaño de la soldadura de filete en mm.

$$F_v = \begin{cases} 0.3 F'_y \\ 0.4 F_y, \text{ siendo :} \end{cases}$$

F'_y : punto fluencia electrodo

F_y : punto fluencia metal base

si utilizamos electrodos E - 60 y acero A - 36 :

$$F_v = 0.3 \times 60 = 18 \text{ Ksi}$$

$$F_v = 0.4 \times 36 = 14.4 \text{ Ksi}$$

tomamos : $F_v = 14.4 \text{ Ksi}$, con lo que $F_w = 71.26 W_s$

Utilizando una soldadura de filete de $W_s = 5 \text{ mm}$. : $F_w = 356.3 \text{ Kg/cm}^2$

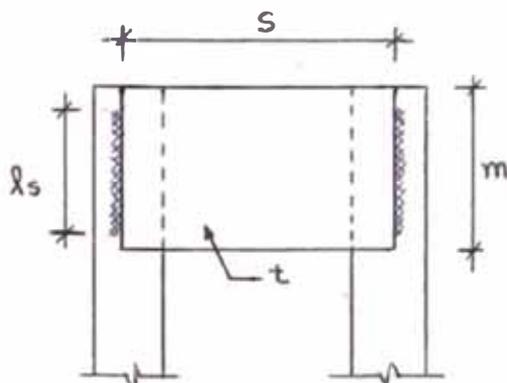
- Longitud de soldadura :

$$l_s = \frac{P_e}{F_w} = \frac{600}{356.3} = 1.68 \text{ cm.}$$

pero , se recomienda soldar en todo el contorno del enlace.

c) PLANCHA DE AMARRE EXTREMA

c.1) El AISC recomienda :



$t > S/50$, t : espesor de la plancha.

$$m \geq S$$

$$l_s \geq m/3$$

debiendo estar estas planchas, lo más cerca posible de los extremos .

En nuestro ejemplo : $S = 50 - 2.54 \times 1.06 = 44.6 \text{ cm} = 17 \frac{1}{2}''$

$t = 44.6/50 = 0.89 \text{ cm.} = 3/8''$

$m = S = 44.6 \text{ cm.} = 17 \frac{1}{2}''$

Luego , utilizaremos planchas de : $17 \frac{1}{2}'' \times 17 \frac{1}{2}'' \times 3/8''$

c.2) Soldadura :

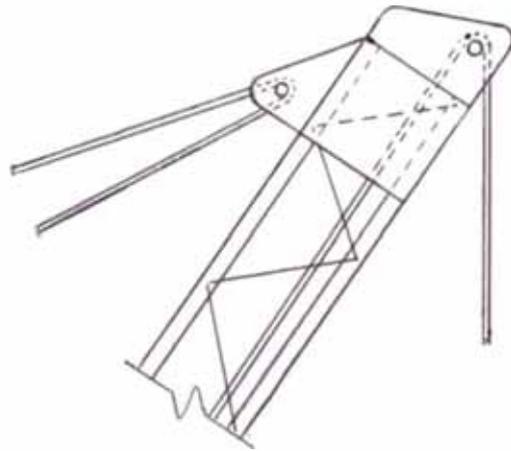
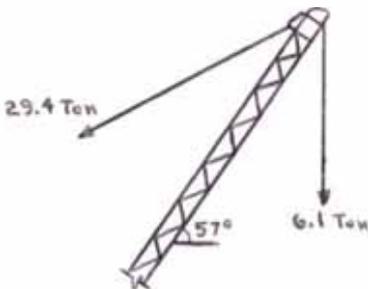
$F_w = 71.26 W_s$, si $W_s = 5 \text{ mm.}$: $F_w = 356.3 \text{ Kg/cm}^2$.

Soldando en los 4 lados : $2.l_s = N/F_w = \frac{P'/4}{F_w} = \frac{15,000}{356.3} = 42.1 \text{ cm.}$

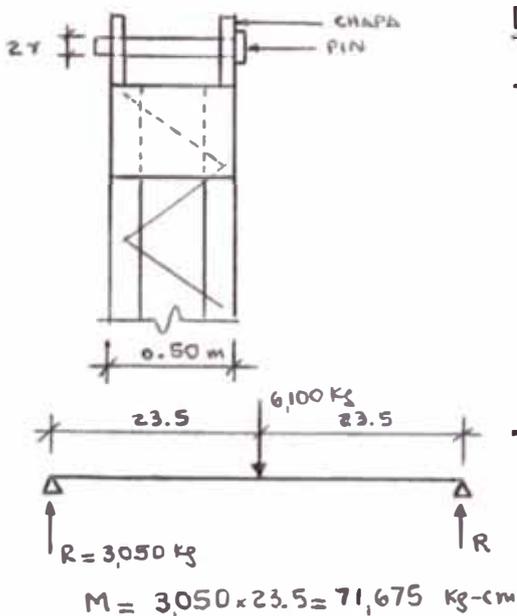
luego , $l_s = 21.05 \text{ cm.}$, en ambos lados.

d) ARTICULACIONES .

d.1) Superior :



- Chapa delantera



Diseño del Pin :

- Por flexión : $r_M = \sqrt[3]{\frac{4 M}{\pi \sigma_M}}$

$M = 0.8 F_y$: esfuerzo admisible por flexión.

$r_M = \sqrt[3]{\frac{4 \times 71,675}{\pi \times 0.8 \times 2,500}} = \sqrt[3]{45.63} = 1.4''$

- Por cortante :

$r_V = \sqrt{\frac{V}{\pi \sigma_V}}$
 $\sigma_V = 0.4 F_y$: esfuerzo admis. por cortante

$$r_v = \sqrt{\frac{3.050}{\pi \times 0.4 \times 2,500}} = 0.99 \text{ cm.} = 0.4''$$

$$M = 3,050 \times 23.5 = 71,675 \text{ Kg - cm.}$$

- Por aplastamiento de la Chapa :

$$r_b = \frac{P}{2 t \sigma_b}$$

$$\sigma_b = 0.8 F_y: \text{esfuerzo admis. de aplastamiento de la Chapa.}$$

Asumiendo :

$$t = 1'' = 2.54 \text{ cm.}, t: \text{espesor de la chapa.}$$

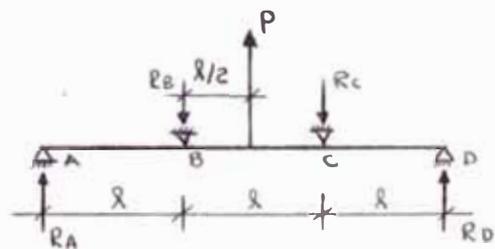
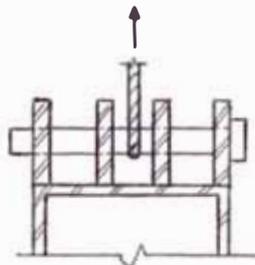
$$\sigma_b = \frac{3.050}{2 \times 2.54 \times 0.8 \times 2,500} = 0.3 \text{ cm.} = 0.1''$$

Tomamos como diámetro del Pin el mayor de los obtenidos :

$$\phi = 2 \times r = 2 \times 1.4'' = 2.8'' = 2 \frac{7}{8}'' \text{ O.K. !}$$

- Chapa posterior .-

Diseño del Pin .



$$M_B = \frac{Pl}{8}$$

donde : $P = 29,400 \text{ kg.}$

$$l = 15 \text{ cm.}$$

$$\text{Luego: } M_B = M_C = 29,400 \times \frac{15}{8} = 55,125 \text{ kg - cm.}$$

$$\sum F_y : R_A - R_B + 14,700 = 0$$

$$R_A - R_B = -14,700.$$

$$\sum M_B : R_A \times 15 = 55,125 \Rightarrow R_A = \frac{55,125}{15} = 3,675 \text{ kg}$$

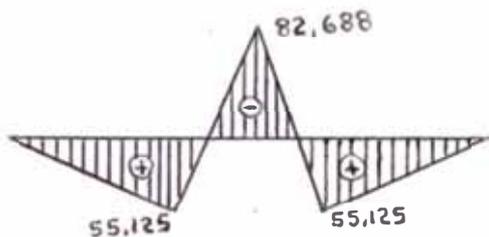
$$R_B = 3,675 + 14,700 = 18,375$$

$$\text{Luego : } M_B = 55,125 \text{ kg} - \text{cm} \quad (+)$$

$$R_A = 3,675 \text{ kg} \quad (+)$$

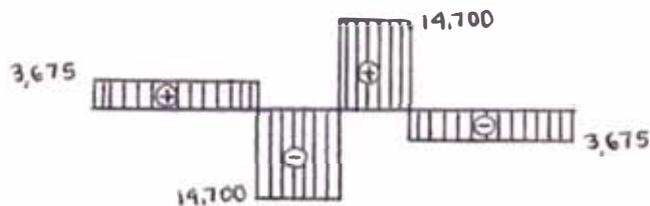
$$R_B = 18,375 \quad (-)$$

Diagrama de momentos :



$$M_{\text{máx.}} = 82,688 \text{ kg} - \text{cm}.$$

Diagrama de cortantes :



$$V_{\text{máx}} = 14,700 \text{ kg}.$$

$$\text{- Por flexión : } r_M = \sqrt[3]{\frac{4 \times 82,688}{\pi \times 2,000}} = 3.75 \text{ cm.} = 1.48''$$

$$\text{- Por cortante : } r_V = \sqrt{\frac{14,700}{\pi \times 1,000}} = 2.16 \text{ cm.} = 0.85''$$

$$\text{- Por aplastamiento de la Chapa : } r_b = \frac{14,700}{2 \times 2.54 \times 2,000} = 1.45 \text{ cm.} \\ = 0.57''$$

Luego, tomamos el mayor, por lo que el diámetro del pin será :

$$\varnothing = 2 \times r = 2 \times 1.48 = 2.96 \approx 3''$$

Para secciones con huecos de pasador el AISC - 74 establece un esfuerzo-

admisible en tracción de : $f_t = 0.45 F_y = 0.45 \times 2,500$

$$f_t = 1,125 \text{ kg/cm}^2.$$

también, $f_t = \frac{P}{A}$ de donde $A = \frac{P}{f_t} = \frac{18,375}{1,125} = 16.33 \text{ cm}^2$

si tomamos como espesor de la plancha $t = 1" = 2.54$, la longitud de la plancha en la sección crítica será de : $\frac{16.33}{2.54} = 6.43 \text{ cm}.$

Soldadura :

- Chapa delantera :

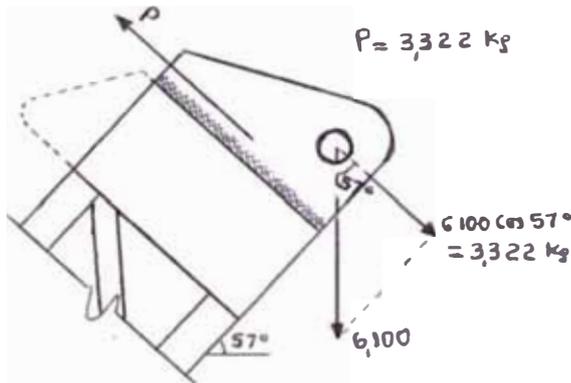
Utilizando :

Electrodo E - 60

Acero A- 36

$W_s = 5 \text{ mm}.$

tendremos que $F_w = 356.3 \text{ kg/cm}^2$
(esfuerzo admisible por cm. de soldadura de filete)

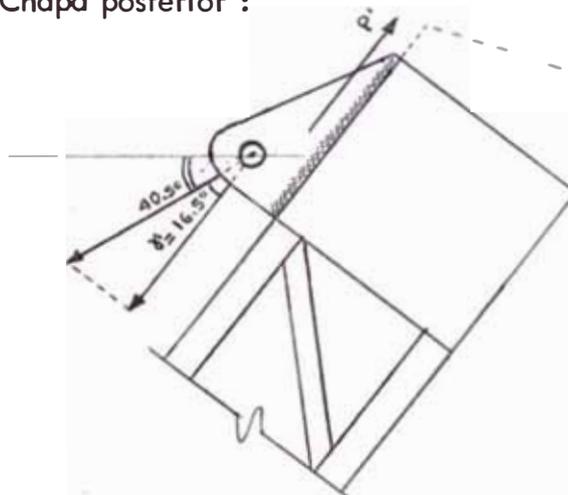


Luego , la longitud de la soldadura será de :

$$l_s = \frac{1,661}{356.3} = 4.66 \text{ cm. para cada chapa}$$

sin embargo, se recomienda soldar en todo el contorno.

- Chapa posterior :



$$= 57^\circ - 40.5^\circ = 16.5^\circ$$

$$P' = 18,375 \text{ Cos } 16.5^\circ = 17.618 \text{ kg}$$

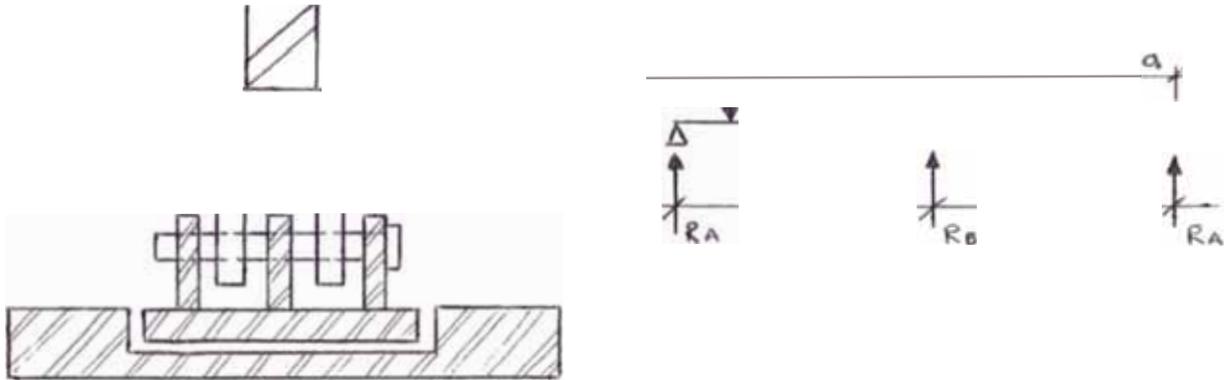
Utilizando los mismos elementos del caso anterior :

Longitud de la

$$\begin{aligned} \text{soldadura} & \quad \frac{17,618}{353.3} \\ & = 49.5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

lo que significan 24.8 cm. a cada lado de las chapas.

d.2) Inferior :



$$M_B = \frac{P a b (1 + a)}{2 l^2}$$

donde : $P = 30,000 \text{ kg.}$

$$a = 5.00 \text{ cm.}$$

$$b = 23.5 \text{ cm.}$$

Luego: $M_B = \frac{30,000 \times 5 \times 23.5 \times 33.5}{2 \times 28.5^2} = 72,692 \text{ Kg - cu.}$

$$\Sigma F_y = 2 R_A + R_B = 60,000.$$

$$\Sigma M_B = R_A \times 28.5 - 30,000 \times 23.5 - 72,692 = 0$$

$$R_A = \frac{72,692 + 30,000 \times 23.5}{28.5} = 27,287 \text{ kg.}$$

$$R_B = 60,000 - 2 \times 27,287 = 5,426 \text{ kg.}$$

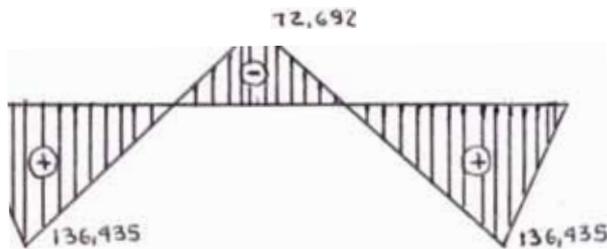
En resumen :

$$M_B = 72,692 \text{ kg - cm (-)}$$

$$R_A = 27,287 \text{ kg (+)}$$

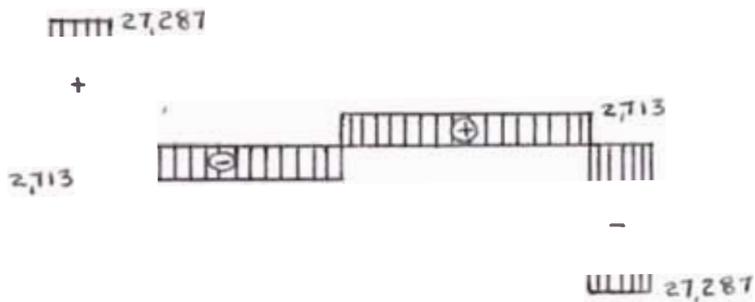
$$R_B = 5,426 \text{ kg (+)}$$

Diagrama de momentos



$$M_{\text{máx}} = 136,435 \text{ kg-cm.}$$

Diagrama de cortantes



$$V_{\text{máx}} = 27,287 \text{ kg.}$$

Diseño del Pin .-

- Por flexión : $r_M = \sqrt[3]{\frac{4 \times 136,435}{\pi \times 2,000}}$ - 4.43

- Por cortante : $r_V = \sqrt{\frac{27,287}{\pi \times 1,000}}$ - 2.95

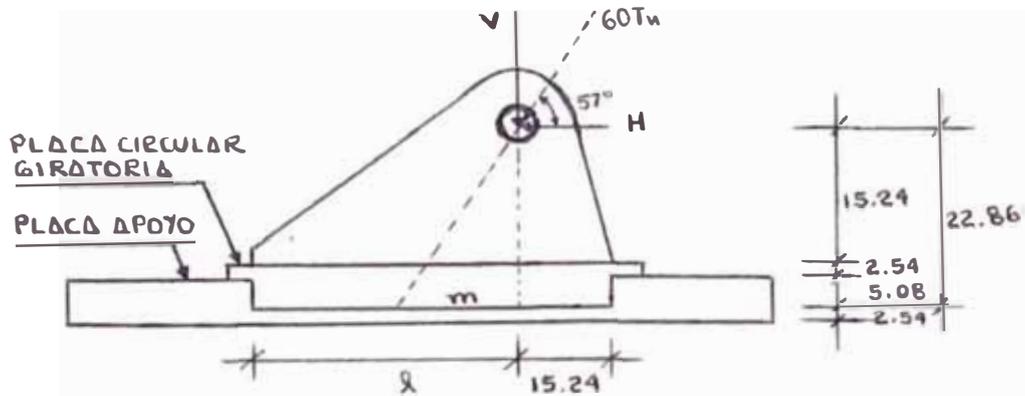
- Por aplastamiento de la chapa : $r_b = \frac{27,287}{2 \times 2.54 \times 2,000}$ - 2.69

Luego , tomamos como diámetro del Pin el mayor de los obtenidos, o sea :

$$\phi = 2 \times r = 2 \times 4.43 = 8.86 \approx 3 \frac{1}{2}''$$

Diseño de la Placa Giratoria .~

- Inicialmente asumimos la siguiente geometría en elevación :



$$H = 60 \cos 57^\circ = 33 \text{ Tn.}$$

$$V = 60 \sin 57^\circ = 50 \text{ Tn.}$$

$$m = 22.86 \cot 57^\circ = 14.8$$

- Geometría en Planta :

Para calcular las dimensiones de la base , tomamos al efecto del volteo - como el más perjudicial para su estabilidad.

El factor de seguridad a considerar será F.S. = 1.5

$$\text{Luego : F.S.} = \frac{M_r}{M_a}$$

$$\text{donde : } M_r = \text{momento resistente} = V \cdot l$$

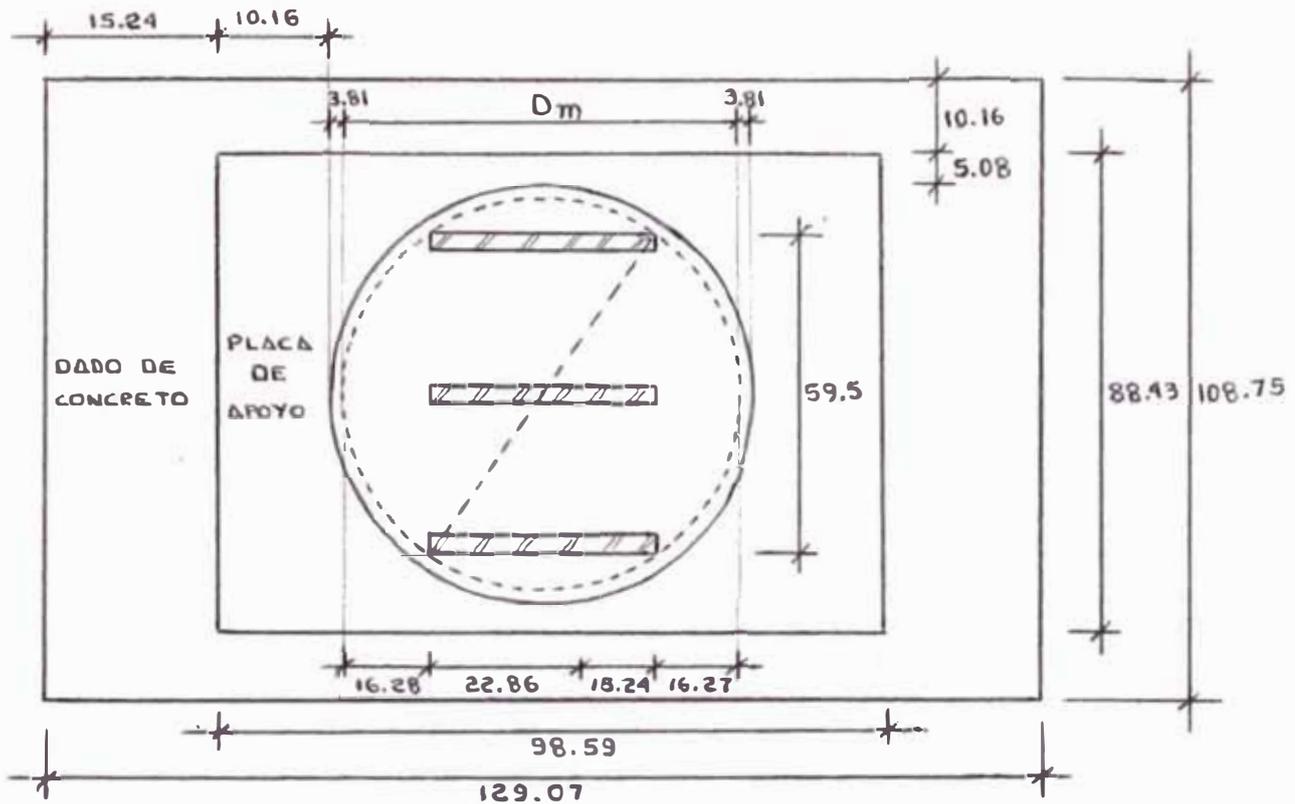
$$M_a = \text{momento solicitante} = H \times 22.86$$

$$\text{entonces : } 1.5 = \frac{V \cdot l}{H \times 22.86} \Rightarrow l = 22.86 \times 1.5 \times \frac{H}{V}$$

$$l = 22.86 \times 1.5 \times \frac{33}{50} =$$

$$22.63 \approx 9''$$

luego , tomamos $l = 9'' = 22.86 \text{ cm.}$



donde : $D = \sqrt{38.10^2 + 59.5^2}$
 $D = 70.65$
 $D_m = 70.65$
 $DM = 70.65 + 2 \times 3.81$
 $= 78.27$

a) Verificación de la estabilidad al volteo .-

Dado el carácter temporal de las cargas aplicadas , el factor de seguridad - asumido en el cálculo anterior es aceptable.

b) Aplastamiento en el vértice posterior .-

- Esfuerzo solicitante : $\sigma_b = \frac{33,000}{0.5 \times 5.08 \times 70.65} = 183.89 \text{ kg/cm}^2$

- Esfuerzo admisible de aplastamiento : $\sigma_{\text{admis.}} = 1.35 F_y = 1.35 \times 2,500 = 3,375 \text{ Kg/cm}^2$.

Luego , $\sigma_{\text{admis.}} \gg \sigma_b$, O.K. !

luego : $\sigma = \frac{50,000}{2,267} \left(1 \pm \frac{6 \times 3.81}{59.5} \right) = 22.06 \left(1 \pm 0.38 \right)$

$\sigma_1 = 22.06 \times 0.62 = 13.68 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 = 22.06 \times 1.38 = 30.44 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzos que como se pueden observar resultan menores que los de aplastamiento en la base, así como los de compresión en el concreto en el que va a ir apoyado ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$).

b) Cálculo del N°. de pernos de anclaje .-

$n = \frac{P}{\sigma_v \cdot A_v}$

donde : n : número de pernos

P : fuerza cortante total = 33,000 kg.

σ_v : esfuerzo permisible de corte = 1,055 kg/cm² (el rosca do está incluido en el plano de corte)

A_v : area de la sección de cada perno = 3.88 cm² ($\varnothing 7/8''$)

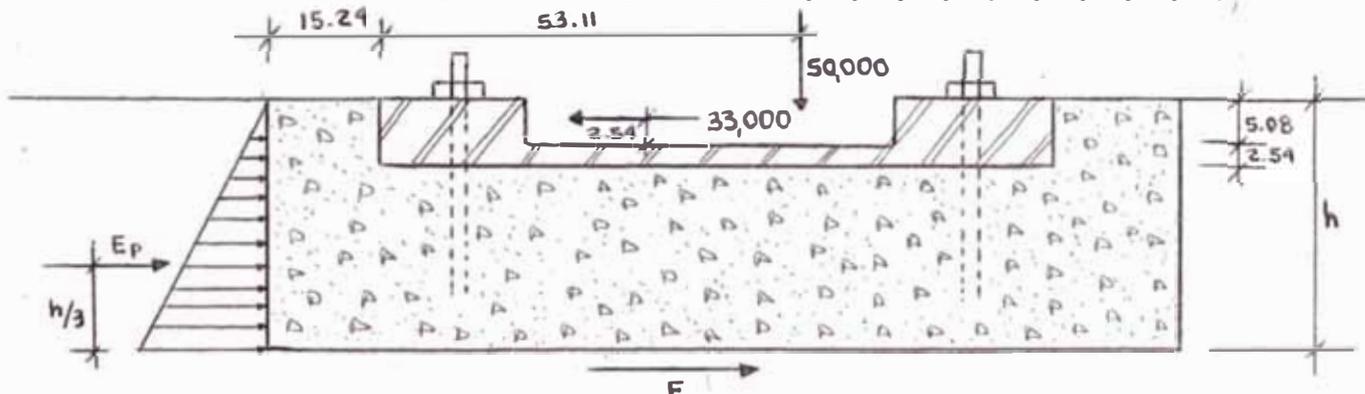
luego :

$n = \frac{33,000}{1,055 \times 3.88} = 8.06$

Sin embargo, colocaremos 8 pernos $\varnothing 7/8''$ por consideraciones ya hechas en la verificación de la estabilidad al volteo.

DISEÑO DEL DADO DE CIMENTACION

* * * * *



a) Estabilidad al volteo .-

Consideremos un F.S. = 2.00 y el volúmen de la placa de apoyo como si fuera de concreto.

- Volúmen a descontar = $\frac{M \times 0.706^2}{4} \times 0.05 = 0.02 \text{ m}^3$

- Momento solicitante : $M_a = 33,000 (h - 0.025)$

- Momento resistente : $M_r = 50,000 \times 0.68 + (1.29 \times 1.09 \times h - 0.02) \times 2,400 \times \frac{1.29}{2} + E_p \times \frac{h}{3}$

$$E_p = \frac{1}{2} w h^2 c = \frac{1}{2} \times 1,600 \times h^2 \times \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2), \quad (\phi = 38^\circ) \quad \textcircled{1}$$

$$E_p = 3,363 h^2 \dots \textcircled{2}$$

② en ① : $M_r = 33,969 + 2,177 h + 3,363 h^2 \times \frac{h}{3}$

$$M_r = 33,969 + 2,177 h + 1,121 h^3$$

entonces : $2.00 = \frac{33,969 + 2,177 h + 1,121 h^3}{33,000 (h - 0.025)}$

$$33,969 + 2,177 h + 1,121 h^3 = 66,000 h - 1,650$$

de donde : $f(h) = 35,619 - 63,823 h + 1,121 h^3 = 0$

resolviendo: para $h = 0.5612 \Rightarrow f(h) = -0.3$

finalmente, se tiene que por condición de estabilidad al volteo el peralte del dado de cimentación será de $h = 0.57 \text{ m}$.

b) Estabilidad al deslizamiento .-

Por la temporalidad de la carga máxima utilizaremos un factor de seguridad F.S. = 1.00 y como coeficiente de fricción bloque - suelo $f = 0.55$

Fuerza solicitante = 33,000 kg.

Fuerza resistente = Fricción en la base + empuje pasivo.

$$\begin{aligned} \text{- Fricción en la base} &= Fr = [(1.29 \times 1.09 \times h - 0.02) \times 2,400 + \\ &50,000] \times 0.55 \\ &= 1,856 h - 26 + 27,500 \\ &= 1,856 h + 27,474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Empuje pasivo} &= Ep = \frac{1}{2} \times 1,600 \times \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{38^\circ}{2} \right) h^2 = \\ &3,363 h^2. \end{aligned}$$

$$\text{Luego : } 1.00 = \frac{1,856 h + 27,474 + 3363 h^2}{33,000}$$

$$\text{de donde : } f(h) = 3,363 h^2 + 1,856 h - 5,526 = 0$$

$$\delta \quad f(h) = h^2 + 0.55 h - 1.64 = 0$$

$$\text{entonces : } h = \frac{-0.55 \pm \sqrt{0.55^2 - 4(-1.64)}}{2}$$

$$\text{de donde : } h_1 = 1.03$$

$$h_2 = -1.58$$

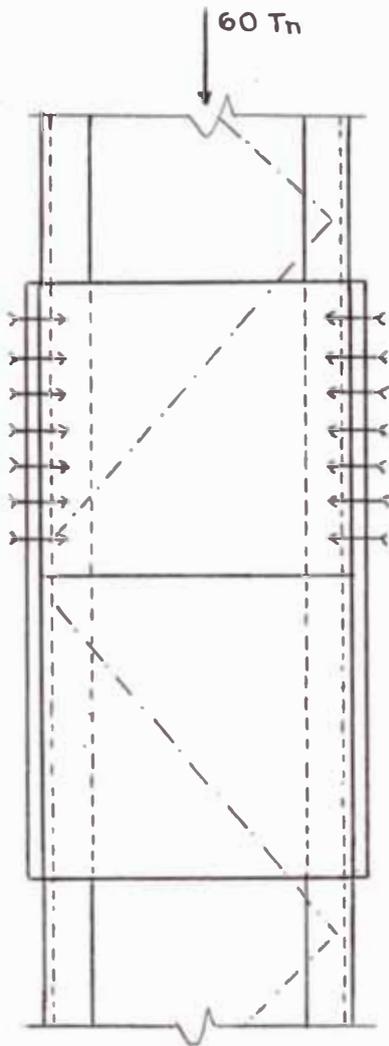
finalmente, por estabilidad al deslizamiento el peralte del dado de cimentación será de $h = 1.03$ m.

Luego: el peralte definitivo del dado será $h = 1.03$ m.

DISEÑO DE LOS EMPALMES ENTRE LOS
* . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . *

CUERPOS DE LA PLUMA.
* . * . * . * . * . * . * . * . * . *

El empalme será del tipo contacto con pernos A 325 (grado 5) de $\varnothing = 3/4"$ (en los que el roscado está excluido de los planos de corte).



a) Por corte :

$$N_v = \frac{P}{\sigma_v A_v}$$

donde : $P = 60,000 \text{ kg}$

$$\sigma_v = 1,546 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_v = 2.86 \text{ cm}^2 (\phi = 3/4")$$

luego : $N_v = \frac{60,000}{1,546 \times 2.86} = 13.56 \approx 14$

b) Por aplastamiento : (entre perno y placas)

$$N_b = \frac{P}{\sigma_b A_a}$$

donde : $A_a = \sum d \cdot t$: área proyectada

$t = 1.00 \text{ cm (3/8")}$: espesor de las placas

$$\sigma_b = 1.35 f_y = 1.35 \times 2,500 = 3,375 \text{ kg/cm}^2$$

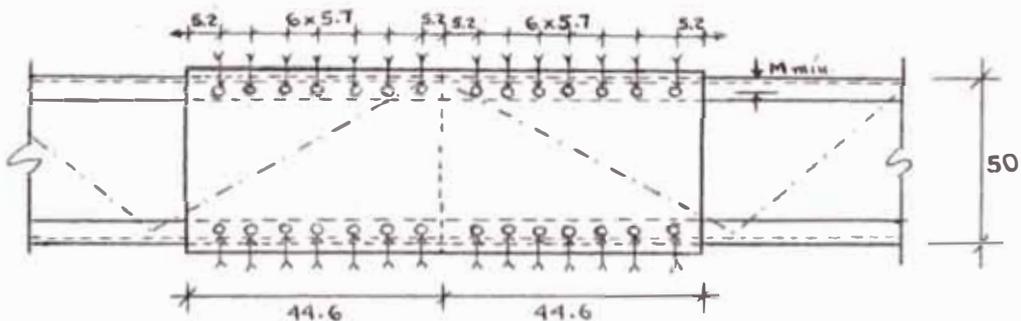
Luego : $N_b = \frac{60,000}{3,375 \times 1.91 \times 1.00} = 10$

Finalmente , colocaremos 14 pernos en cada plancha de empalme (a cada lado).

c) Espaciamiento :

c.1) Distancia entre pernos : $d = 3\phi = 3 \times 1.91 = 5.73 \text{ cm.}$

c.2) Distancia mínima al borde : $M_{mín.} = 3.2 \text{ cm.}$



Conclusiones :

- 1.- Como se habrá podido observar, las dimensiones encontradas son a veces mucho mayores que las realmente requeridas. Sin embargo, como el presente trabajo tiene un carácter netamente didáctico, se prescindirán de los reajustes respectivos, debiendo efectuarse éstos en la práctica, puesto que una buena solución debe ser también económica.
- 2.- La geometría de las Articulaciones podrán ser prefijadas , debiendo adecuarlas a las posiciones de trabajo, luego del cual se verificarán las características resistentes.
- 3.- Las longitudes de soldadura encontrados son teóricos. En la práctica se soldarán todos los contornos no solamente para incrementar su resistencia sino también para evitar la concentración de esfuerzos por una distribución asimétrica de estas.

* . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . *

$$W_c = 0.00396 \text{ Ton/m} \times \frac{265.35 \text{ m}}{2} = 0.53 \text{ Ton.}$$

$$W_n = T_{\text{máx.}} \times \text{Sen}\alpha = 7,706 \times \text{Sen } 21^\circ 33.5'$$
$$= 2,831 \text{ kg.} = 2.83 \text{ Ton.}$$

$$H_1 = (0.53 + 2.83) \times 0.15 = 0.50 \text{ Ton. ,}$$

coeficiente de fricción hierro - hierro : $\mu = 0.15$

$$F_v = 0.134 \times 22.2 = 2.97 \text{ Ton (aplicado a un tercio de altura)}$$

Area que se opone al viento por cada columna :

$$A = 0.70 \times 24 + 0.24 \times 22.4 = 16.8 + 5.4 = 22.2 \text{ m.}$$

$$f = 0.134 \text{ Ton/m}^2 : \text{ fuerza unitaria de empuje}$$

C = fuerza de compresión que soporta la columna :

Análisis :

Tomando momentos respecto al apoyo de la columna :

$$3.36 \times 0.43 + 0.5 \times 25.45 + 1.5 \times 0.41 + 2.5 \times 0.398 + 6.42 \times 23.7 + 15.3 \times 0.19 = 8.0 \times C$$

$$C = \frac{1.44 + 12.73 + 0.62 + 0.99 + 152.15 + 2.91}{8.00} = \frac{170.84}{8.00} = 21.36 \text{ Tn.}$$

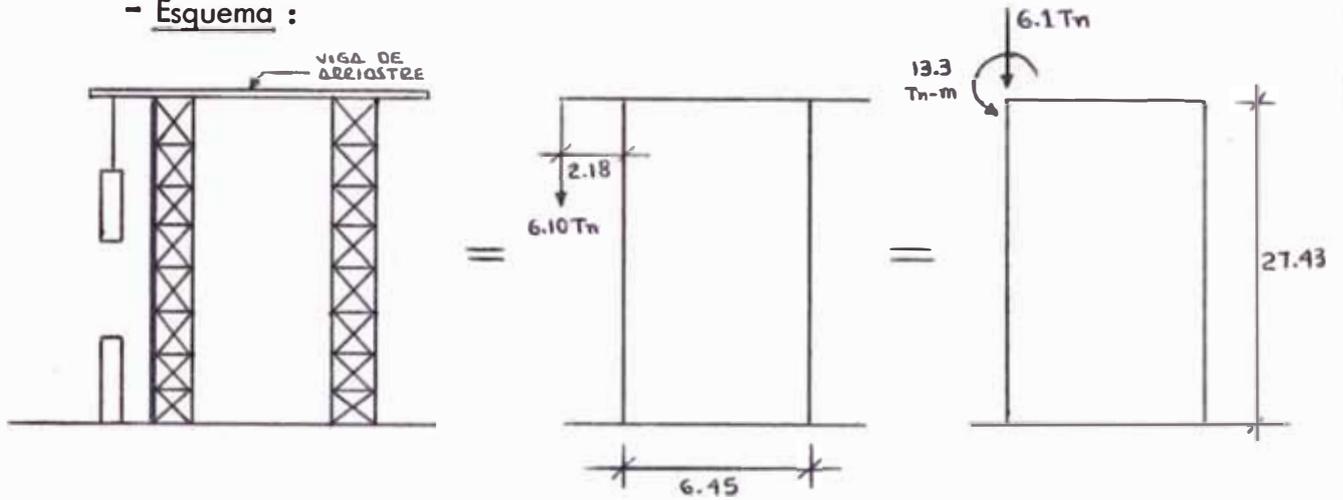
Finalmente : $C = 22 \text{ Ton.}$, fuerza de compresión con la que se diseñará la columna, al igual que la Pluma.

b) Montaje utilizando paneles Bailey

El sistema de trabajo consiste en ubicar dos torres interiores formados por dos paneles Bailey BB.1 , arriostrados con bastidores BB.2 .

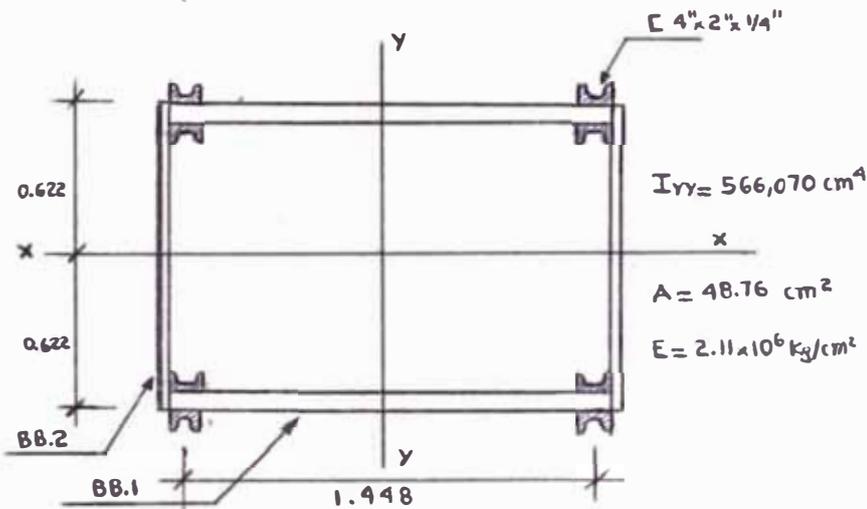
La altura de las torres será tal que permita cubrir la altura total de las columnas dejando cierta holgura para realizar las maniobras propias del trabajo.

- Esquema :



- Sección Transversal :

FIG. N°. 22



Como se podrá observar en la Fig. N°. 22, el eje crítico de flexión es el $y-y$, debido a la carga axial así como a la orientación del momento aplicado.

El análisis lo haremos considerando solamente a la torre sometida a la flexo-compresión

esto, debido a que la viga horizontal que los arriestra no logra una articulación perfecta con ellos.

Obviaremos el análisis del pandeo alrededor del eje $x-x$, colocando "vientos" a media altura y perpendicular a dicho eje.

En el "Manual de Puentes Bailey" (Pág. 202) se dan los valores del momento de inercia para las diferentes construcciones con los elementos Bailey y en él podemos observar el correspondiente al Puesto tipo Simple - simple-

en el cual la disposición de los paneles BB.1 es similar al de la torre que vamos a analizar.

- Verificación de la columna :

Considerando la columna de celosía :

$$\sigma_a + \sigma_b \leq \sigma_{\text{admis.}}$$

donde : σ_a = esfuerzo por carga axial

σ_b = esfuerzo por flexión

$\sigma_{\text{admis.}}$ = esfuerzo admisible

a) Cálculo de la sollicitación :

$$\sigma_a = \frac{6.100 \text{ kg.}}{48,76 \text{ cm}^2} = 125 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{M/d}{A} = \frac{1'330,000 \text{ Kg-cm}/144,8 \text{ cm.}}{48,76 \text{ cm}^2} = 188 \text{ kg/cm}^2$$

por lo tanto : $\sigma_a + \sigma_b = 125 + 188 = 313 \text{ kg/cm}^2$

b) Cálculo de $\sigma_{\text{admis.}}$:

- radio de giro : $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{566.070}{48,76}} = 108 \text{ cm.}$

- relación de esbeltez: $\frac{k \cdot l}{r} = \frac{2743}{108} = 25.4$

- $C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2'130,000}{2,500}} = 129.7$

Como $\frac{k \cdot l}{r} = 25.4$, $C_c = 129.7$

entonces : $\sigma_{\text{admis.}} = \left[1 - \frac{(k \cdot l/r)^2}{2 \cdot C_c^2} \right] \frac{F_y}{F.S.}$

donde : $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{k \cdot l/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{k \cdot l/r}{C_c} \right)^3 \leq 1.92$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{(25.40)}{129.7} - \frac{1}{8} \left(\frac{25.40}{129.7} \right)^3 = 1.74$$

$$\text{Luego : } \sigma_{\text{admis.}} = \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{25.40}{129.7} \right)^2 \right] \frac{2,500}{1.74} = 1,409 \text{ kg/cm}^2.$$

Finalmente, tenemos que :

$$\sigma_a + \sigma_b = 313 < \sigma_{\text{admis.}} = 1,409, \text{ O.K. !}$$

- Diseño de la viga de arriostre :

Entrando con el momento solicitante $M = 13.3 \text{ Ton}\cdot\text{m}$ a la Tabla Sx.6 - de la Obra "Diseño Estructural en Acero" del Ing^o Luis Zapata B., encontramos que, para la longitud no arriostada de 2.18 m. corresponde - un perfil CS 20 x 85 cuyas características son :

$$\begin{aligned} A &= 108.1 \text{ cm}^2 & , & & t_f &= 2.0 \text{ cm.} \\ d &= 21.7 \text{ cm} & , & & b &= 21.5 \text{ cm.} \\ w &= 1.25 \text{ cm} & , & & I &= 8,950.2 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

a) Verificación por corte :

Los esfuerzos unitarios permisibles de corte se tomarán como - - -

$$F_v = 0.4 F_y, \text{ siempre y cuando la relación } d/w \leq 3,455 / \sqrt{F_y}$$

$$\text{en nuestro caso : } \frac{d}{w} = \frac{21.7}{1.25} = 17.36$$

$$\frac{3,455}{\sqrt{2,500}} = 69.1 > 17.36, \text{ O.K.}$$

$$\text{luego : } F_v = 0.4 \times 2,500 = 1,000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{esfuerzo de corte actuante} = \frac{6,100}{108} = 56.48 \text{ Kg/cm}^2 < 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

b) Verificación de la compacidad de la sección.

Se debe cumplir para el ala no atiesada :

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}}$$

$$\text{luego : } \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{21.5}{2 \times 2.00} = 5.38$$

$$\frac{545}{\sqrt{2,500}} = 10.9, \text{ luego : } 5.38 < 10.9, \text{ O.K.}$$

El alma debe cumplir :

$$\frac{d}{t} \leq \frac{5,366.5}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y} \right), \text{ cuando } \frac{f_a}{F_y} \leq 0.16$$

$$\text{ó, } \frac{d}{t} \leq \frac{2,155}{\sqrt{F_y}}, \text{ cuando } \frac{f_a}{F_y} > 0.16$$

$$\text{como } f_a = \frac{M}{S} = \frac{1'330,000}{824.9} = 1,612 \text{ Kg/cm}^2, \frac{f_a}{F_y} = \frac{1,612}{2,500} = 0.64$$

$$\text{entonces : } \frac{d}{t} = \frac{21.7}{2} = 10.85$$

$$\frac{2,155}{\sqrt{F_y}} = \frac{2,155}{\sqrt{2,500}} = 43.1 > \frac{d}{t}, \text{ O.K. : la sección es compacta}$$

luego, la sección llegará al punto de fluencia sin pandearse localmente, desarrollándose el momento plástico sin inestabilidades locales.

2.2.2. Lanzamiento de los Cables.-

Características del Cable portante de la grúa teleférica :

$$\varnothing = 1 \frac{1}{8}'' : \text{diámetro}, l_1 = 50 \text{ m.}$$

$$A = 4.90 \text{ cm}^2 : \text{área metálica}, l_2 = 151 \text{ m.}$$

$$w = 3.96 \text{ Kg/m} : \text{peso unitario}, h = 23.80 \text{ m.}$$

$$Tr = 67.2 \text{ Ton.} : \text{carga de ruptura}$$

$$E = 1'680,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ módulo de elasticidad}$$

a) Primer estado de carga .- peso propio del cable de la grúa teleférica .

$$\text{- momentos máximos : - fiadores: } M_1 = \frac{w \cdot l_1^2}{8} = \frac{3.96 \times 50^2}{8} = 1,238 \text{ kg-m}$$

$$\text{- tramo central : } M_2 = \frac{w \cdot l_2^2}{8} = \frac{3.96 \times 151^2}{8} = 11,287 \text{ Kg - m.}$$

$$\text{haciendo } f(T_g \alpha 1) = T_g \alpha 1 - 0.476 - 0.1152 \sqrt{1 + T_g^2 \alpha 1} = 0$$

$$\text{y resolviendo encontramos : } \alpha 1 = 31.4^\circ$$

$$\text{entonces : } \text{Cos } \alpha 1 = 0.8808$$

$$\text{y, } H_1 = 806 \frac{(0.8808)}{0.9376} = 757 \text{ Kg}$$

$$\text{tambi\u00e9n : } f_1 = \frac{M_1}{H_1} = \frac{1,238}{757} = 1.64 \text{ m.}$$

$$T_g \beta = \frac{23.8}{50} = 0.476 \implies \text{Cos } \beta = 0.9029$$

a.1) Longitud del cable :

$$L = 2 \cdot l_1 \left(\frac{1}{\text{Cos } \beta} + \frac{8}{3} n_1^2 \text{Cos}^3 \beta \right) + l_2 \left(1 + \frac{8}{3} n_2^2 - \frac{32}{5} n_2^4 \right)$$

$$\text{reemplazando valores : } L = 2 \times 50 \left[\frac{1}{0.9029} + \frac{8}{3} \left(\frac{1.64}{50} \right)^2 \times 0.9029^3 \right] \\ + 151 \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{14}{151} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{14}{151} \right)^4 \right]$$

$$L = 2 \times 55.48 + 154.39 = 265.35$$

a.2) Tensi\u00f3n m\u00e1xima :

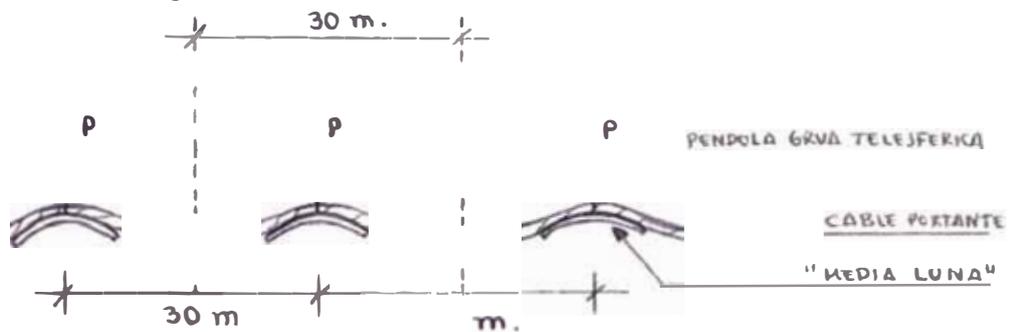
$$T_w = \frac{H_2}{\text{Cos } \alpha 2} = \frac{806}{0.9376} = 860 \text{ Kg.}$$

b) Segundo estado de carga : peso propio del cable de la gr\u00faa teles -
f\u00e9rica + peso propio del Cable colgan -
te + peso propio del equipo de monta -
je.

Por el principio de superposici\u00f3n de efectos, analizaremos solo el -
estado de carga que considera el peso propio del Cable colgan -
te y el del equipo de montaje ya que el primer estado de carga ha sido -
analizado anteriormente.

En este estado de carga $f_1 = 0$. Por consiguiente, a los efectos conseguidos en este estado de carga añadiremos los conseguidos en el estado anterior.

- Medrado de carga :

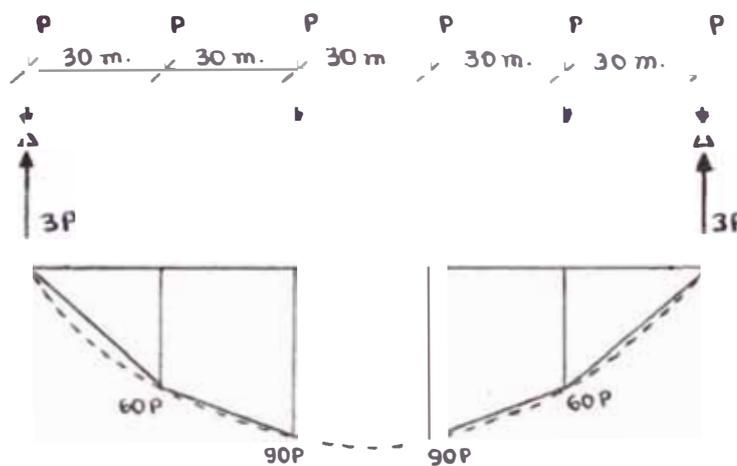


sobre cada péndola actúa : cable colgante = $24.3 \times 30 = 729 \text{ Kg}$

equipo de montaje = 250 Kg

$P = 979 \text{ Kg} \approx 1 \text{ Ton}$

- Análisis :



Asimilando la configuración tomada por el cable, al de una parábola, el momento máximo a considerar no será $90 P = 90,000 \text{ Kg-m}$, si nó $M_{\text{máx}} = 95,000 \text{ Kg-m}$ (dibujando a escala el diagrama de momentos)

a) Longitud del cable :

Suponiendo que la flecha resultante es de $f_2 = 15.00 \text{ m.}$:

$$H_2 = \frac{95,000 \text{ Kg-m}}{15 \text{ m.}} = 6,333 \text{ Kg.}$$

$$T_g \alpha 2 = 4 \left(\frac{15}{151} \right) = 0.3974 \implies \text{Cos} \alpha 2 = 0.9293$$

$$L' = 2 l_1 \left(\frac{1}{\text{Cos} \beta} \right) + l_2 \left(1 + \frac{8}{3} n^2 - \frac{32}{5} n^4 \right)$$

$$L' = 2 \times 50 \left(\frac{1}{0.9029} \right) + 151 \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{15}{151} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{15}{151} \right)^4 \right]$$

$$L' = 2 \times 55.38 + 154.88 = 265.64 \text{ m.}$$

b) Tensión máxima :

$$T_p = \frac{H_2}{\text{Cos} \alpha 2} = \frac{6,333}{0.9293} = 6,815 \text{ Kg.}$$

- Tensión Total : $T_w + p = 860 + 6,815 = 7,675 \text{ Kg.}$

- Incremento de longitud por tensión : $\Delta L = \frac{T_w \cdot p \times L'}{A \times E}$

$$\Delta L = \frac{7,675 \times 265.64}{4.9 \times 1'680,000} = 0.25 \text{ m.}$$

- Incremento de longitud geométrica : $\Delta' L = L' - L$

$$\Delta' L = 265.64 - 265.35 = 0.29 \text{ m.} \neq 0.25$$

a') Suponiendo que la flecha resultante es de $f = 14.5 \text{ m.}$:

$$H_2 = \frac{95,000}{14.5} = 6,552 \text{ Kg.}$$

$$T_g \alpha 2 = 4 \left(\frac{14.5}{151} \right) = 0.3841 \implies \text{Cos} \alpha 2 = 0.9335$$

$$L' = 2 \times 50 \left(\frac{1}{0.9097} \right) + 151 \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{14.5}{151} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{14.5}{151} \right)^4 \right]$$

$$L' = 2 \times 55.38 + 154.63 = 265.39 \text{ m.}$$

b) Tensión máxima :

$$T_p = \frac{H_2}{\text{Cos} \alpha 2} = \frac{6,552}{0.9335} = 7,019 \text{ Kg.}$$

- Tensión total : $T_w + p = 860 + 7,019 = 7,879 \text{ Kg.}$

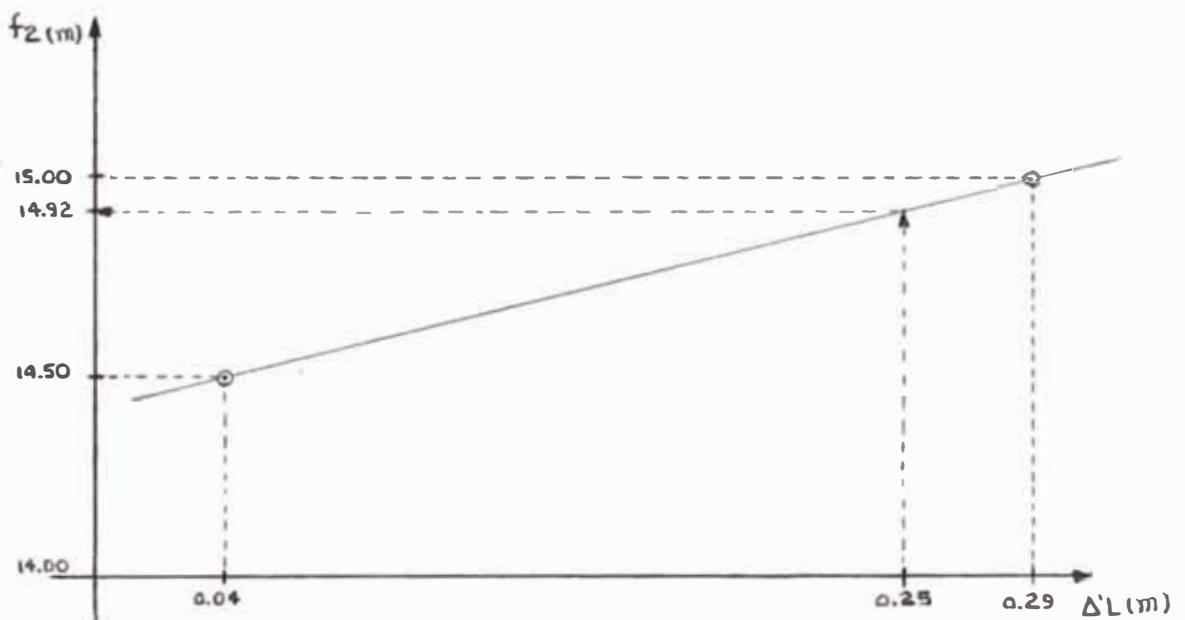
- Incremento de longitud por tensión :

$$\Delta L = \frac{7,879 \times 265.39}{4.9 \times 1'680,000} = 0.25 \text{ m.}$$

- Incremento de longitud geométrica :

$$\Delta L' = 265.39 - 265.35 = 0.04 \text{ m.}$$

Graficando los valores hallados para las longitudes :



a") Del gráfico obtenemos $f_2 = 14.92 \text{ m.}$

$$\text{Luego : } H_2 = \frac{95,000}{14.92} = 6,367 \text{ Kg.}$$

$$T_g \alpha 2 = 4 \left(\frac{14.92}{151} \right) = 0.3952 \implies \text{Cos } \alpha 2 = 0.9300$$

$$L' = 2 \times 50 \left(\frac{1}{0.9290} \right) + 151 \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{14.92}{151} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{14.92}{151} \right)^4 \right]$$

$$L' = 2 \times 55.38 + 154.84 = 265.60 \text{ m.}$$

b") Tensión máxima :

$$T_p = \frac{H^2}{\cos^2 \alpha} = \frac{6,367}{0.9300} = 6,846 \text{ Kg.}$$

- Tensión total : $T_w + p = 860 + 6,846 = 7,706 \text{ Kg.}$

- Incremento de longitud por tensión :

$$\Delta L = \frac{7,706 \times 265.60}{4.9 \times 1'680,000.} = 0.25 \text{ m.}$$

- Incremento de longitud geométrica :

$$\Delta^1 L = 265.60 - 265.35 = 0.25 \text{ m.} = \Delta L, \text{ O.K. !}$$

En resumen tendremos : $f_2 = 14.92 \text{ m.}$

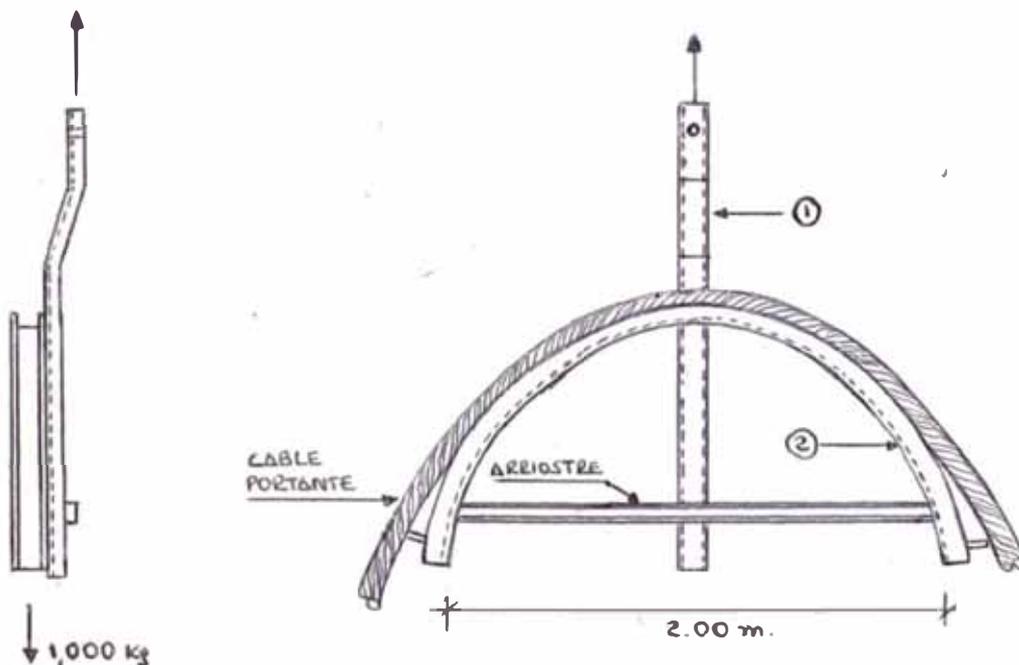
$$L = 265.60 \text{ m.}$$

$$H_{\text{máx.}} = 6,367 + 806 - 757 = 6,416 \text{ Kg.}$$

$$T_{\text{máx.}} = 7,706 \text{ Kg.}$$

$$F. S. = \frac{67.20}{7.706} = 8.75$$

DISEÑO DE LA "MEDIA LUNA" - SOPORTE DEL CABLE

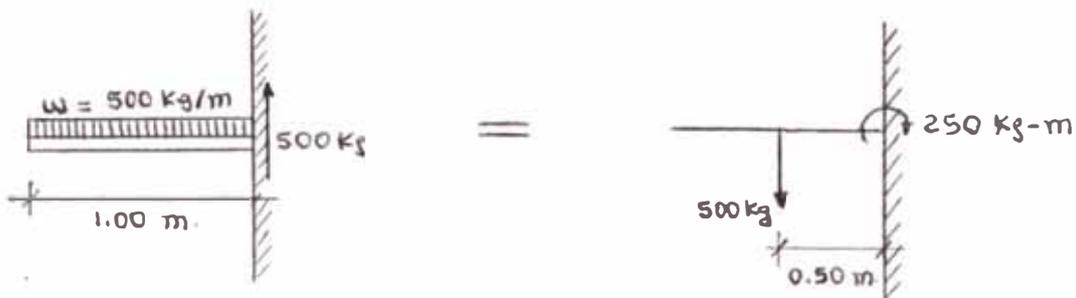


a) Soporte vertical ① : $\text{C } 1'' \times 3'' \times 1/4''$; $A = 7.30 \text{ cm}^2$.

$$\sigma = \frac{1,000 \text{ kg}}{7.3 \text{ cm}^2} = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

Esfuerzo permisible en tracción : $0.6 F_y = 0.6 \times 2,500 = 1,500 > 137 \text{ O.K. !}$

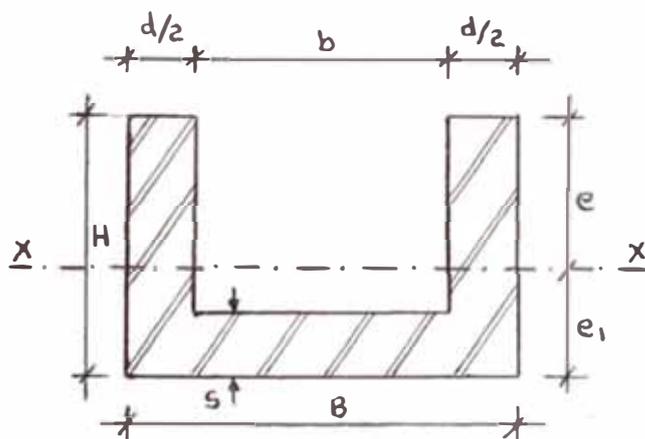
b) Apoyo del cable ② : $\text{C } 2 \ 1/4'' \times 3 \ 7/8'' \times 1/4''$



$$M = 250 \text{ Kg} - \text{m} = 25,000 \text{ Kg-cm}.$$

La sección asumida es equivalente a $\text{C } 5.72 \times 9.84 \times 0.64$

en la cual :



$$B = 9.84$$

$$H = 5.72$$

$$d/2 = s = 0.64$$

$$b = 8.56$$

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{d \cdot H^2 + b \cdot s^2}{d \cdot H + b \cdot s}$$

reemplazando valores :

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{41.88 + 3.51}{7.32 + 5.48} = \frac{1}{2} \cdot \frac{45.39}{12.80} = 1.77 \text{ cm}.$$

$$\text{tambi\u00e9n : } e = H - e_1 = 5.72 - 1.77 = 3.95 \text{ cm}.$$

y : $I_{xx} = \frac{B \cdot e^3 - b \cdot h^3 + d \cdot e^3}{3}$, en donde reemplazando valores -

tenemos :

$$I_{xx} = \frac{54.56 - 12.35 + 78.88}{3} = 121.09 \text{ cm}^4.$$

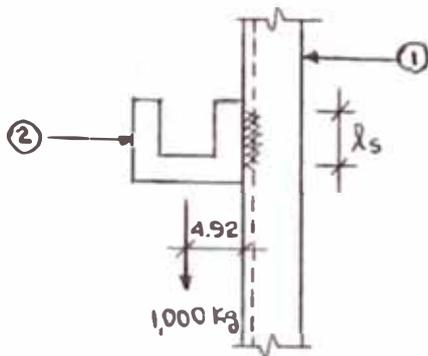
$$\sigma_b = \frac{M \cdot e}{I} = \frac{25,000 \times 3.95}{121.09} = 815 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_{\text{admis.}} = 0.6 F_y = 0.6 \times 2,500 = 1,500 \text{ Kg/cm}^2 > 815 , \text{ O.K!}$$

c) Unión soporte - apoyo

- Solicitaciones : $2 \times 500 = 1,000 \text{ kg}$ (cortante para soldaduras)

$$1,000 \times 4.92 = 4,920 \text{ kg-cm (momento para verificar apoyo)}$$



-Longitud de soldadura :

$$2 l_s = \frac{10,000 \text{ kg}}{356.3 \text{ kg/m}} = 2.8 \text{ cm.}$$

$l_s = 1.4 \text{ cm}$ (se soldará en toda la altura del canal de apoyo)

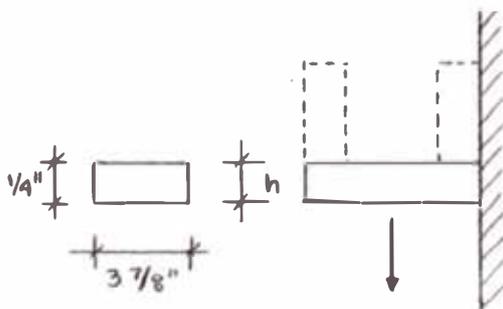
- Verificación del apoyo :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot h/2}{\frac{b h^3}{12}} = \frac{6M}{b h^2}$$

$$h = \sqrt{\frac{6M}{b \sigma}}$$

Haciendo :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_{\text{admis.}} = 0.6 F_y = \\ &= 0.6 \times 2,500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1,500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



$$h = \sqrt{\frac{6 \times 4,920}{9.84 \times 1,500}} = 1.41 \text{ cm} = 5/8" > 1/4" = 0.64 \text{ cm.}$$

Luego , el canal de apoyo será de dimensiones :

$$\text{C } 2 \frac{1}{4}" \times 3 \frac{7}{8}" \times \frac{5}{8}"$$

DISEÑO DE LA PENDOLA

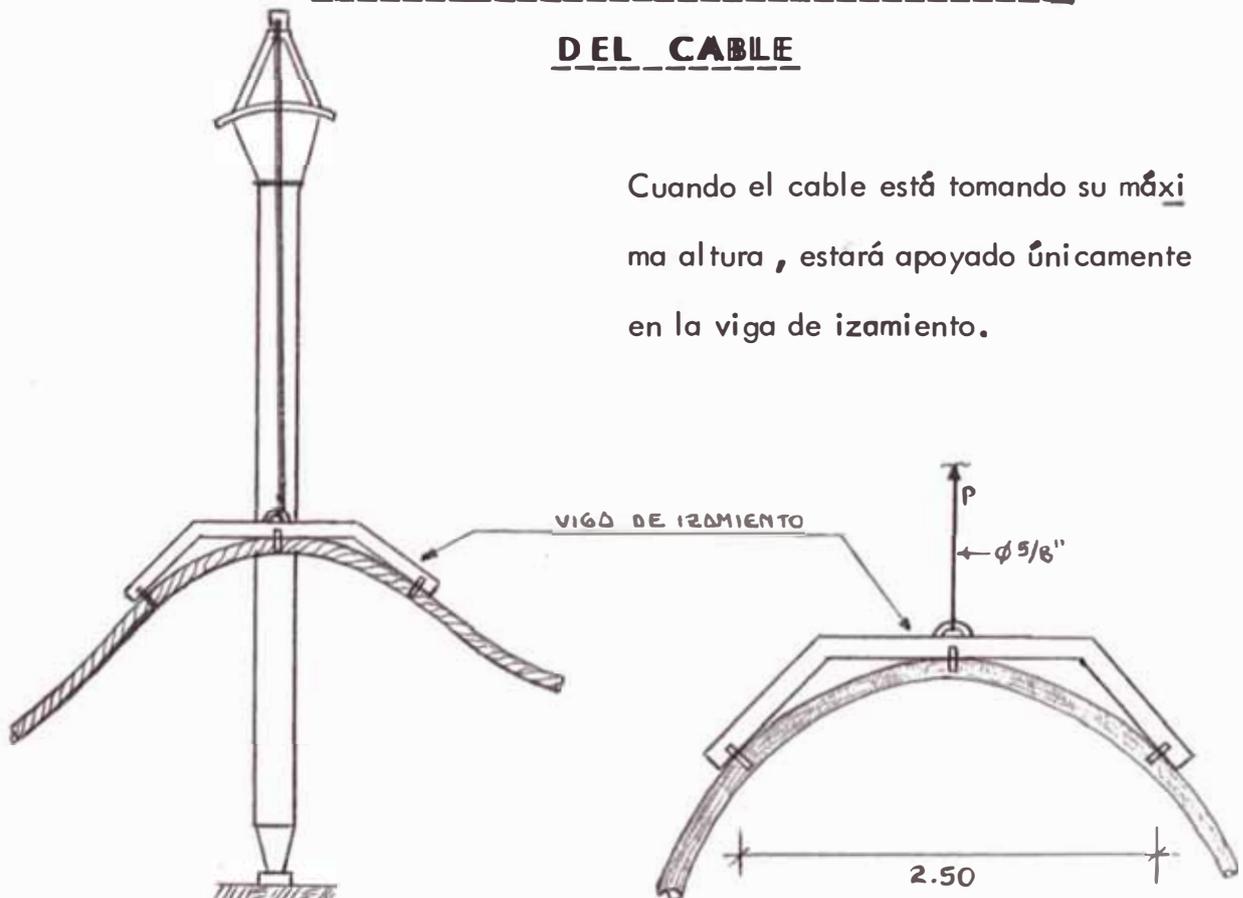
Fuerza solicitante = 1,000 Kg

Teóricamente, el Cable 6 x 19 STRAND CORE BRIGHT $\phi = 1/4"$ sería suficiente para soportar la fuerza solicitante; sin embargo, como trabajamos con tirfors de $5/8"$ de abertura , lo lógico es que trabajemos con cables de este diámetro , que tienen una tensión de ruptura de 15.6 ton.

DISEÑO DE LA VIGA DE IZAMIENTO

DEL CABLE

Quando el cable está tomando su máxima altura , estará apoyado únicamente en la viga de izamiento.

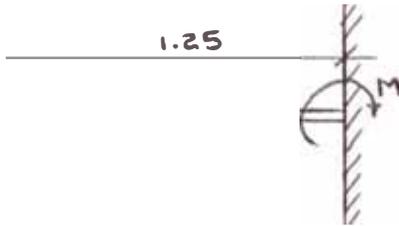


Metrado de cargas :

$$\text{p.p. del Cable} = \frac{6.40}{2} = 3.20 \text{ Ton.}$$

$$\text{p.p. de la viga de izam.} = \frac{0.20 \text{ Ton.}}{3.40 \text{ Ton.}} \approx 3.50 \text{ Ton.}$$

Análisis :



$$M = 2,016 \times 1.25 = 2,520 \text{ Kg-m}$$

$$M = 252,000 \text{ Kg-cm}$$

Utilizando dos canales unidos por las alas del tipo \square 2" x 6" x 1/3" cuyas características -

$$P = 84 \times 24 = 2,016 \text{ Kg}$$

son :

$$w = 10.5 \text{ lb/pie} = 15.64 \text{ kg/m}$$

$$A = 3.07 \text{ pulg}^2 = 19.81 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 5.00 \text{ pulg}^3 = 81.94 \text{ cm}^3$$

$$\text{Para : } \square \times \square \text{ , } S_x = 163.88 \text{ cm}^3$$

$$\text{Luego, } \sigma = \frac{M}{S} = \frac{252,000}{163.88} = 1,537 \text{ Kg/cm}^2$$

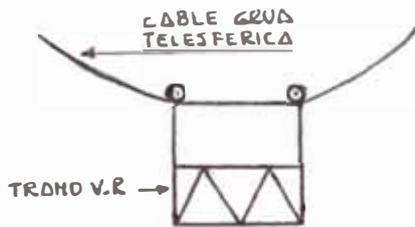
$$\sigma_{\text{admis.}} = 0.6 \times 2,500 = 1,500 \approx 1,537 \text{ , O.K !}$$

Entonces la sección a utilizarse será : \square : 2 \square 2" x 6" x 1/3"

2.2.3. Lanzamiento de la Viga de Rigidez .-

Estado de carga : p.p. cable grúa teleférica + p.p. 1er. tramo

FIG. N° 23 Viga de Rigidez + equipo de montaje



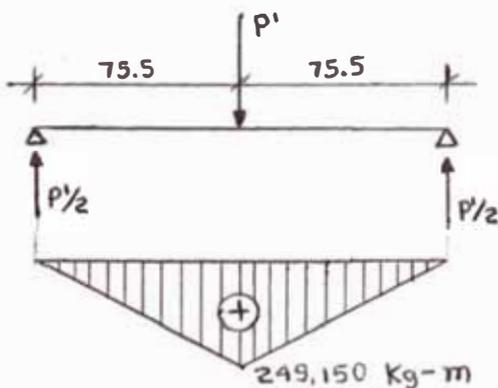
La configuración real que adquieren los cables al paso de un tramo de V.R. es la que se observa en la Fig. N° 23 ; sin embargo , debido a que el tramo sólo ocupa 1/20 de la luz del puente , podemos asumir que éste peso se aplica puntualmente.

- Metrado de cargas :

p.p. 1er. tramo de V. R.	=	9.5 Ton.
p.p. 3ra. viga transversal	=	1.1 Ton.
p.p. montantes centrales	=	1.2 Ton.
<u>p.p. equipo de montaje + operarios</u>	=	<u>1.4 Ton.</u>
2 P'	=	13.2 Ton.

Luego , para cada cable : $P' = 13,200/2 = 6,600 \text{ Kg.}$

- Análisis :



$$M_{\text{máx}} = 3,300 \text{ kg} \times 75.5 \text{ m.}$$

$$M_{\text{máx}} = 249,150 \text{ Kg} - \text{m}$$

a) Suponiendo que se forma una flecha en el centro de $f_2 = 18.00 \text{ m.}$

$$H_2 = \frac{249,150}{18} = 13,842 \text{ Kg}$$

$$Tg \alpha_2 = 4 \left(\frac{18}{151} \right) = 0.4768 \implies \cos \alpha_2 = 0.9026$$

$$Tg \alpha'_2 = \left(\frac{18}{75.5} \right) = 0.24 \implies \cos \alpha'_2 = 0.9727$$

- Longitud del Cable :

$$L = 2 \left(\sqrt{23.8^2 + 50^2} + \sqrt{18^2 + (151/2)^2} \right) = 265.98 \text{ m.}$$

b) Tensión máxima :

$$T = \frac{H_2}{\cos \alpha_2} = \frac{13,842}{0.9727} = 14,230 \text{ Kg}$$

$$\text{Tensión total : } T_w + p = 860 + 14,230 = 15,090 \text{ Kg.}$$

Incremento de longitud por tensión :

$$\Delta L = \frac{T \cdot L}{A \cdot E} = \frac{15,090 \times 265.98}{4.9 \times 1'680,000.} = 0.49 \text{ m.}$$

Incremento geométrico de longitud :

$$\Delta' L = L' - L = 265.98 - 265.35 = 0.63 \text{ m.}$$

a') Suponiendo que la flecha que se forma es de $f = 17.50 \text{ m.}$

$$H_2 = \frac{249,150}{17.5} = 14,237 \text{ Kg.}$$

$$Tg \alpha_2 = \frac{17.5}{75.5} = 0.2318 \implies \cos \alpha_2 = 0.9742$$

Longitud del cable :

$$L = 2 \left(\sqrt{23.8^2 + 50^2} + \sqrt{17.5^2 + 75.5^2} \right) = 265.75 \text{ m.}$$

b') Tensión máxima :

$$T = \frac{H_2}{\cos \alpha_2} = \frac{14,237}{0.9742} = 14,614 \text{ Kg}$$

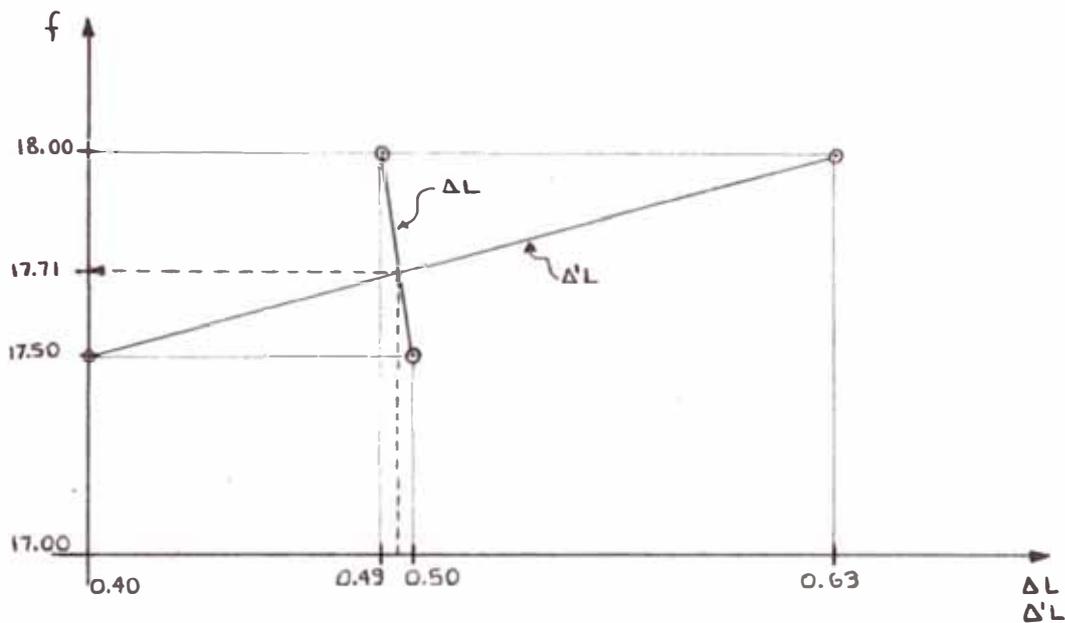
$$\text{Tensión total : } T_w + p = 860 + 14,614 = 15,474 \text{ Kg.}$$

Incremento de longitud por tensión :

$$\Delta L = \frac{15,474 \times 265.75}{4.9 \times 1'680,000.} = 0.50 \text{ m.}$$

Incremento geométrico de longitud :

$$\Delta^i L = 265.75 - 265.35 = 0.40 \text{ m.}$$



a") Luego, del gráfico obtenemos : $f = 17.71 \text{ m.}$

$$H_2 = \frac{249,150}{17.71} = 14,068 \text{ kg.}$$

$$\text{Tg} \alpha_2 = \frac{17.71}{75.5} = 0.2346 \implies \text{Cos} \alpha_2 = 0.9736$$

Longitud del cable :

$$L = 2 (\sqrt{23.8^2 + 50^2} + \sqrt{17.71^2 + 75.5^2}) = 265.85 \text{ m.}$$

b") Tensión máxima :

$$T = \frac{14,068}{0.9736} = 14,449 \text{ Kg.}$$

$$\text{Tensión total : } T_w + p = 860 + 14,449 = 15,039 \text{ Kg.}$$

Incremento de longitud por tensión :

$$\Delta L = \frac{15,039 \times 265.85}{4.9 \times 1,680,000} = 0.49 \text{ m.}$$

Incremento geométrico de longitud :

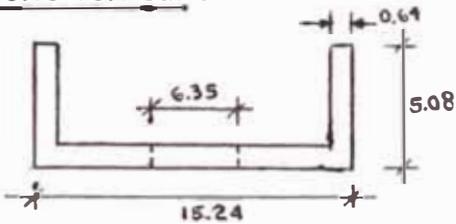
$$\Delta^i L = 265.85 - 265.35 = 0.50 \approx 0.49 \text{ m.} = \Delta L$$

$$y, \sigma = \frac{M}{S} = \frac{26,400}{25.14} = 1,050 \text{ Kg/cm}^2 < 0.6 \times 2,500 = 1,500 \text{ Kg/cm}^2, \text{ O.K.}!$$

- Diseño por corte : $\tau_v = \frac{1,650 \text{ Kg}}{31.67 \text{ cm}^2} = 52 \text{ Kg/cm}^2$

$$\tau_{\text{admis.}} = 0.4 \times 2,500 = 1,000 \text{ Kg/cm}^2 \gg 52 \text{ Kg/cm}^2$$

Soporte vertical :

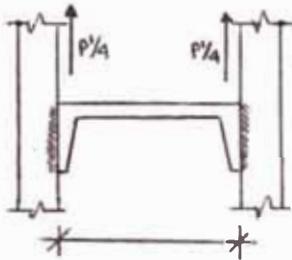


$$\begin{aligned} \text{Area neta} &= 15.24 \times 0.64 + 2 \times 4.44 \times 0.64 \\ &- 6.35 \times 0.64 = 11.37 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Esfuerzo solicitante = $\frac{1,650}{11.37} = 145 \text{ Kg/cm}^2$

- Esfuerzo admisible = $0.45 \times 2,500 = 1,125 \text{ Kg/cm}^2 > 145 \text{ Kg/cm}^2, \text{ O.K.}!$

Soporte horizontal :



Fuerza solicitante sobre cada filete de soldadura :

$$P'/4 = 3,300/4 = 825 \text{ Kg}$$

$$\text{Fuerza admisible de la soldadura} = 353.6 \text{ Kg}$$

(con $W_s = 5 \text{ mm}$)

Longitud de la soldadura : $l_s = \frac{825}{353.6} = 2.33 \approx 1''$, a cada lado.

$$H = 0.50 + 7.09 = 7.59 \text{ Tn.}$$

Además, de las figuras obtenemos :

$$\text{Tg } \alpha = \frac{0.65/2}{2.06} = 0.1578$$

}

$$\begin{aligned} \text{Sen } \alpha &= 0.1557 \\ \text{Cos } \alpha &= 0.9878 \end{aligned}$$

$$\text{Tg } \beta = \frac{0.65/2}{1.03} = 0.3155$$

}

$$\begin{aligned} \text{Sen } \beta &= 0.3008 \\ \text{Cos } \beta &= 0.9536 \end{aligned}$$

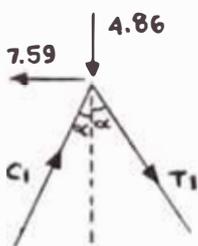
Tomando como Cuerpo Libre a toda la Estructura :

$$\sum M_F = 0 : G_H \times 1.03 = H \times 3.09 \implies G_H = \frac{3.09 \times 7.59}{1.03} = 22.77$$

$$\sum F_{\text{horiz.}} = 0 : G_H = F_H + H \implies F_H = G_H - H = 22.77 - 7.59 = 15.18$$

$$\sum F_{\text{vert.}} = 0 : V = F_V \implies F_V = 4.86$$

-Nudo superior :



$$\sum F_{\text{vert.}} = 0 \implies C_1 \cdot \text{Cos } \alpha - 4.86 - T_1 \cdot \text{Cos } \alpha = 0$$

$$\delta C_1 - T_1 = \frac{4.86}{\text{Cos } \alpha} = \frac{4.86}{0.9878} = 4.92$$

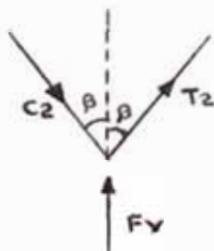
$$\sum F_{\text{horiz.}} = 0 \implies C_1 \cdot \text{Sen } \alpha - 7.59 + T_1 \cdot \text{Sen } \alpha = 0$$

$$\delta C_1 + T_1 = \frac{7.59}{\text{Sen } \alpha} = \frac{7.59}{0.1557} = 48.74$$

de donde : $C_1 = 26.83 \text{ Tn.}$ (compresión)

$T_1 = 21.91 \text{ Tn.}$ (tracción)

-Nudo inferior :



$$\sum F_{\text{vert.}} = 0 \implies F_V + T_2 \cdot \text{Cos } \beta - C_2 \cdot \text{Cos } \beta = 0$$

$$C_2 - T_2 = \frac{F_V}{\text{Cos } \beta} = \frac{4.86}{0.9536} = 5.09$$

$$\sum F_{\text{horiz.}} = 0 \implies T_2 \cdot \text{Sen } \beta + C_2 \cdot \text{Sen } \beta - F_H = 0$$

$$C_2 + T_2 = \frac{F_H}{\text{Sen } \beta} = \frac{15.18}{0.3008} = 50.46$$

de donde : $C_2 = 27.78 \text{ Tn}$ (compresión)

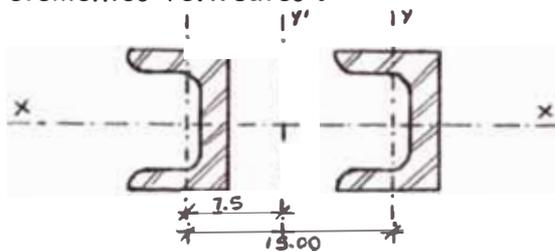
$T_2 = 22.68 \text{ Tn}$ (tracción)

Diseño .-

Diseñaremos los elementos en compresión, haciendo extensiva la geometría que se obtenga a los elementos en tracción, previendo una inversión de esfuerzos por un movimiento brusco de parte del equipo de tracción.

La fuerza de compresión a considerar para el diseño será $C_1 = 26.83 \text{ Tn}$. debido a que se presenta en la longitud más grande de pandeo; esto es, $l = \sqrt{2.06^2 + 0.325^2} = 2.09 \text{ m}$.
ó $l = 209 \text{ cm}$.

En una sección representativa de la altura mayor tendremos la siguiente -
disposición de los elementos verticales :



- Empezaremos tanteando con un canal americano Standard de 6"x2" y 15.63 Kg/m, de las siguientes características :

$A = 19.81 \text{ cm}^2$,

$r_x = 5.64 \text{ cm}$,

$r_y = 1.35 \text{ cm}$

$I_x = 629 \text{ cm}^4$

$I_y = 36 \text{ cm}^4$

Para los dos canales : $r_x = 5.64 \text{ cm}$

$l_x = 209 \text{ cm}$

$\frac{I_x}{r_x} = \frac{209}{5.64} = 37$

luego : $\sigma \text{ permis.} = 1,350 \text{ Kg/cm}^2$

de donde : $P_{\text{permis.}} = 1,350 \times 39.62 = 53,487 \text{ Kg} =$

$53.49 \text{ Tn} > 26.83 \text{ Tn}$, O.K.

Por otro lado, $I_y = 39.62 \times 7.5^2 + 2 \times 36 = 2,300 \text{ cm}^4$

$r_y = \sqrt{\frac{2,300}{39.62}} = 7.62 \text{ cm.}$

luego, $\frac{I_y}{r_y} = \frac{209}{7.62} = 27 \implies \sigma_{\text{admis.}} = 1,400 \text{ Kg/cm}^2$

y, $P_{\text{admis.}} = 55,468 \text{ Kg} > 26,830 \text{ Kg}$

Considerando el pandeo de un canal :

para $[6'' \times 2'' : r_y = 1.35 \text{ cm}$

y como los canales van a ir arriostrados con platinas soldadas a un ter-

cio de altura, tendremos : $I_y = \frac{209}{3} = 70$

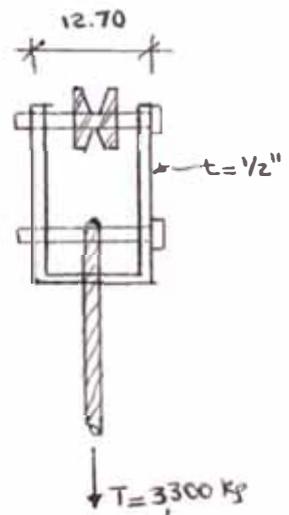
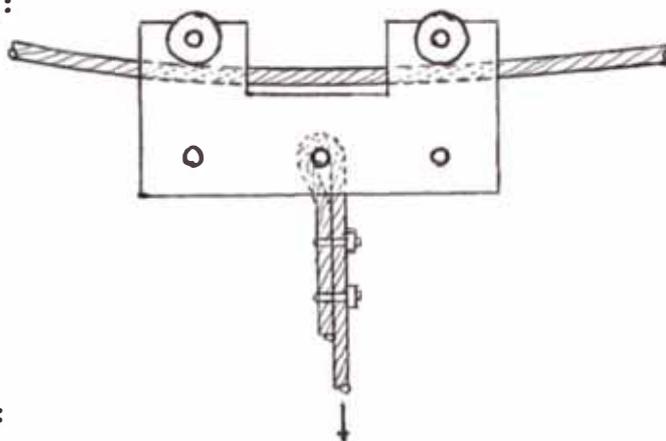
y, $\frac{I_y}{r_y} = \frac{70}{1.35} = 52 \implies \sigma_{\text{admis.}} = 1,264 \text{ Kg/cm}^2$

y, $P_{\text{admis.}} = 1,264 \times 19.81 = 25,040 \text{ Kg} = 25.04 \text{ Tn}$

luego : $25.04 \text{ Tn} > \frac{26.83}{2} = 13.42 \text{ Tn.}$

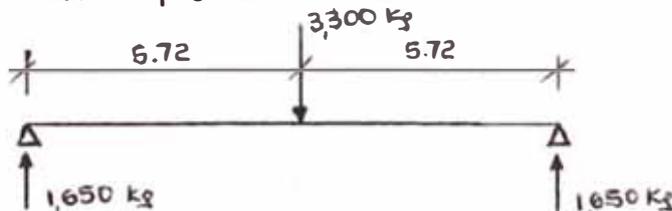
DISEÑO DEL CARRO DE LA GRUA TELESFERICA

- Esquema :



- Diseño :

a) Diámetro del pasador inferior :



Momento máximo = $1,650 \times 5.72 = 9,438 \text{ Kg-cm}$

Cortante máximo = $1,650 \text{ Kg}$

- Por flexión : $r_M = \sqrt[3]{\frac{4 \times 9,438}{\pi \times 2,000}} = 1.82 \text{ cm}$

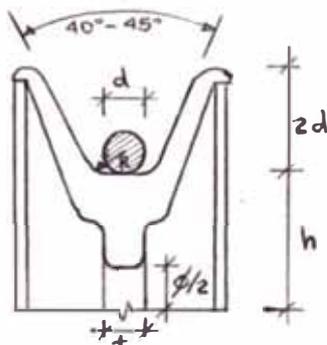
- Por cortante : $r_V = \sqrt{\frac{1,650}{\pi \times 1,000}} = 0.72 \text{ cm}$

Luego, tomamos como diámetro el mayor: $\varnothing = 2 \times 1.82 = 3.64 \text{ cm}$
 $\approx 1 \frac{1}{2}''$

Por seguridad, se asumirá para los ejes de las rondanas superiores un diámetro igual a los del pasador inferior. Además, se ubicarán dos pasadores laterales a este último, para efectuar maniobras complementarias al Lanzamiento.

b) Poleas de Deslizamiento :

Las dimensiones básicas de las Poleas deberán cumplir con las relaciones dadas en la siguiente figura :



donde : $R = 0.53 d - 0.55 d$

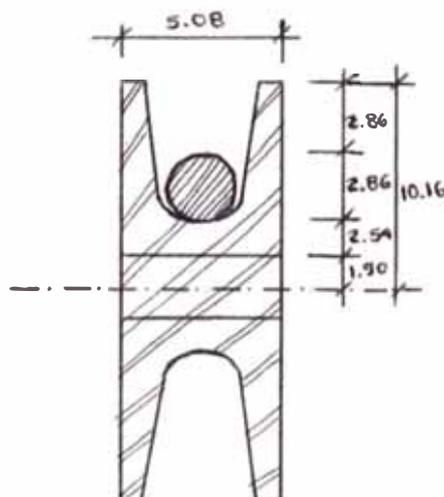
entonces : $d = 1 \frac{1}{8}'' = 2.86 \text{ cm}$

$t = d = 2.86 \text{ cm}$

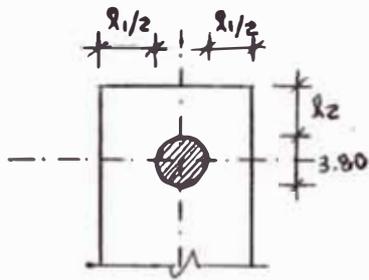
$\varnothing = 1 \frac{1}{2}'' = 3.81 \text{ cm}$

$h = 1 \frac{3}{4}'' = 4.44 \text{ cm}$

Finalmente, en forma definitiva las poleas tendrán las siguientes dimensiones



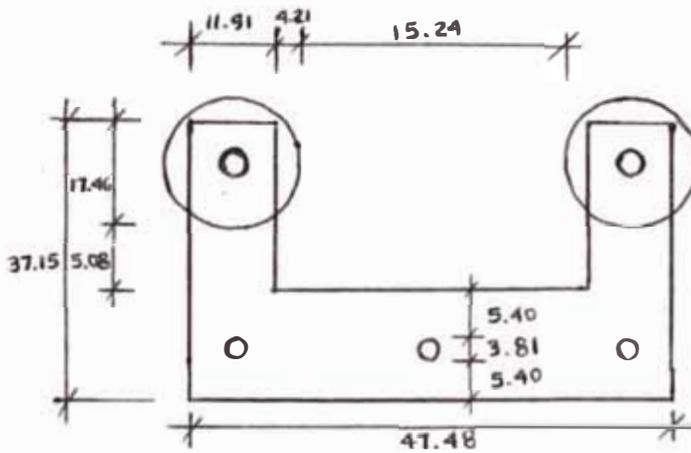
c) Dimensionamiento de las "chapas" del Carro :



Como las chapas están sujetas a tensión, se debe cumplir la siguiente relación : $l_2 \gg \frac{2}{3} l_1$

Luego, si $l_2 = 5.40 \implies l_1 \ll \frac{2}{3} \times 5.40 = 8.10$

Con las nuevas dimensiones encontradas, el "Carro" tendrá la siguiente geometría :

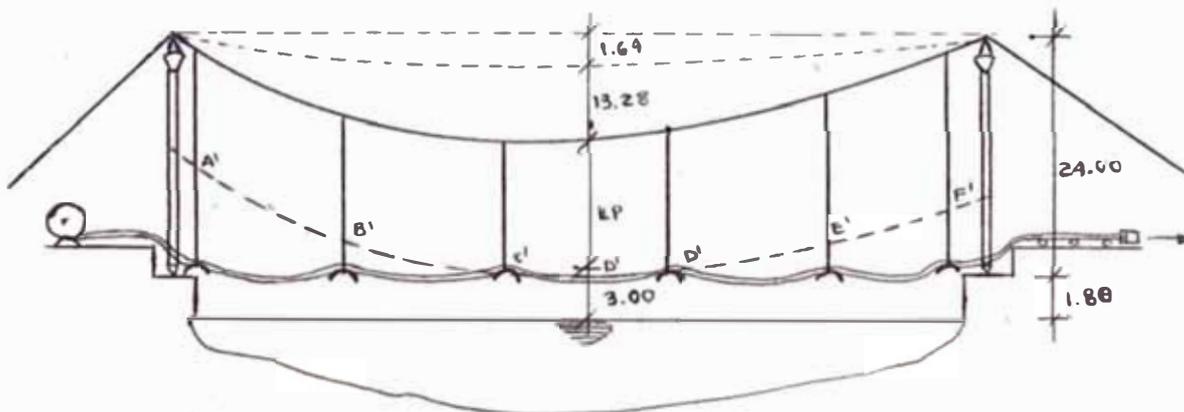


DETERMINACION DE LAS LONGITUDES DE PENDOLA

PARA EL LANZAMIENTO

Caso I .- Lanzamiento de los Cables Colgantes

Cuando el terminal del Cable Portante haya pasado a la otra margen, la configuración que tome la Grúa Telesférica será la siguiente :

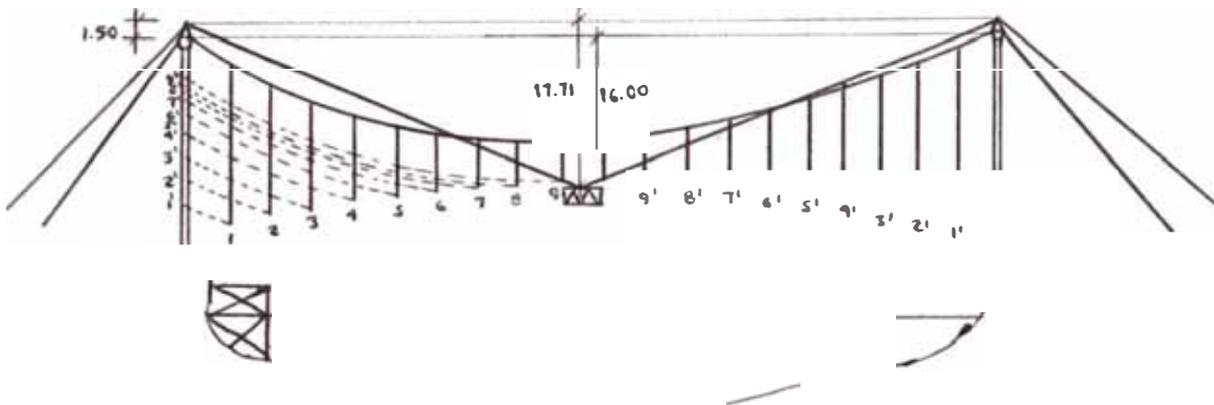


De la figura deducimos que la longitud de las péndolas deberá ser, en principio, de por lo menos 24.00 m., teniendo que izarse con el tirfor de las péndolas las "medias lunas" hacia los puntos F', E', D', C', B' y A', sucesivamente, para conservar la altura libre recomendable de 3.00 m., entre el paso de los Cables y el nivel de las Arugas Extraordinarias.

Por lo tanto, las distancias constantes A-A', B-B', C-C', etc. serán iguales a : $24.00 + 1.80 = 14.92 - 3.00 = 7.88 \text{ m.} \quad 8.00 \text{ m.}$

De lo anterior concluimos que la longitud de las péndolas podrán ser 8.00m. si se dispone de una grúa u otro equipo similar con el que las "medias lunas" puedan ser colocadas directamente en los puntos F', E', D', etc.

Caso II .- Lanzamiento de la Viga de Rigidez



En este caso la longitud de las péndolas será de , inevitablemente, 24.00m como mínimo, porque el gran peso de cada "módulo" no permitirá realizar ninguna maniobra que permita ganar altura y acortar la longitud de las péndolas.

Al igual que en el caso anterior, para conservar la altura libre de paso, los "módulos" deberán ser izados hasta los puntos 9', 8', 7', etc.

2.3 EQUIPO Y MANO DE OBRA NECESARIOS.-

2.3.1 Mano de Obra .-

Como la cantidad y tipo de personal necesario dependen del sistema de trabajo utilizado, los aquí mencionados están referidos al nuestro. Sin embargo, existe un equipo básico y permanente, que es el de la Dirección Técnica y Apoyo, que lo conforman :

- 1 Ingeniero Residente
- 2 Capataces
- 1 Topógrafo
- 1 Soldador
- 2 Almaceneros
- 1 Mecánico
- 1 Ayudante de mecánico
- 1 Sanitario
- 1 Operador del bote con motor fuera de borda.

Cuando hablamos del personal necesario, nos estamos refiriendo a los Operarios de montaje.

Como los frentes de trabajo son ambos márgenes, se formarán cuadrillas básicas en cada una de ellas, siendo por ello necesarios los dos capataces y los dos almaceneros.

a) Montaje de las Torres :

- Cuando el montaje se realiza con Pluma se requerirá de un operador de -
tirfor en cada tirante: 4 operarios tirfor tirantes + 1 operario tirfor izamien
to = 5 operarios.
- Cuando el elemento izado está en posición, se requerirán de 2 maniobristas

para ubicarlo definitivamente = 2 operarios. Estos mismos harán la colocación de planchas de unión y empernado respectivo, hasta la silla de cambio sobre las torres.

- El equipo de ensamblado estará conformado por : 2 maniobristas + 1 proveedor : 3 operarios.
- El ajuste definitivo de los pernos lo harán 2 operarios, pudiendo ser cualquiera de los anteriores.

Luego, serán necesarios : 10 operarios.

b) Lanzamiento de los Cables :

Consideraremos entre estos solamente al personal necesario para realizar el lanzamiento en sí, más no para las operaciones de ubicación de las bobinas de los Cables en posición de lanzamiento, que podrá hacerse con el personal de infraestructura supervisados por un capatáz.

- Realizando el halado de los cables con tirfor tendremos: 2 operarios.
- Cuidando el desenrollado y el avance hasta su colocación en las "medias lunas" tendremos : 2 operarios.
- Colocando el tramo de cable en avance, en la respectiva "media luna" tendremos : 2 operarios.
- Colocando las rondanas en el cable de la grúa telesférica y sujetando el cable de tracción tendremos 2 operarios + 1 proveedor desde tierra: 3 operarios.
- Sacando las "medias lunas" cuando se ha llegado a la otra margen tendremos : 2 operarios.
- Fijando los sockets en los tubos respectivos de la Cámara de Anclaje tendremos : 2 operarios.

- Para el izamiento del cable y su ubicación en la Silla de Cambio serán necesarios 2 operarios, que pueden ser cualquiera de los anteriores.

Finalmente, serán necesarios : 13 operarios.

c) Colocación de Pinzas y Péndolas :

- Operando el cable de tracción con tirfor tendremos 1 operario en cada margen : total 2 operarios (estos movilizarán las jaulas).
- Dentro de la Jaula y realizando las maniobras de colocación de las Pinzas y Péndolas : 2 operarios.
- Aprovisionando, cuando han concluido con parte del trabajo, estarán en tierra : 1 operario.

Luego, en total serán necesarios : 5 operarios. (para cada jaula).

d) Lanzamiento de la Viga de Rigidez :

- En el equipo de ensamblado son necesarios (en cada margen) :

2 aprovisionadores

4 maniobristas

2 ajustadores de pernos

2 pintores de anticorrosivo

Total : 10 operarios .

- En el equipo de colocación de las rondanas en el cable de la grúa telescópica y los respectivos estrobos : 4 operarios.
- En el equipo de tracción con tirfor : 8 operarios (éstos movilizarán el tramo de Viga en lanzamiento)
- En cada tramo de Viga de Rigidez viajarán 8 operarios (2 en cada péndola) : 8 operarios.

Finalmente serán necesarios : 30 operarios.

2.3.2. Equipo necesario :

El equipo, al igual que la mano de obra, dependen del sistema de trabajo, sobre todo en lo que respecta al equipo pesado. La siguiente relación es la recomendada por la Waagner Biró para ser utilizada en el montaje de los puentes de 110 m., 150 m. y 220 m. de luz libre.

Equipo de medición :

1 teodolito

1 nivel de ingeniero

4 miras

3 winches de acero de 25 m. c/u.

2 winches de acero de 50 m. c/u.

15 winches de acero de 3 m. c/u.

5 niveles de carpintero de 30 - 50 cm.

5 plomadas con punta de 250 - 1,000 gr.

2 torcómetros con capacidad de medición de hasta 160 kg-m, dotados con dos juegos de dados para pernos M20 y M24.

1 rollo de alambre N°. 16 (aproximadamente 50 Kg.)

Equipo de herramientas de mano :

10 martillos de 1 kg.

5 combas de 2 kg.

5 combas de 5 kg.

10 barrenos de 50 cm. de largo (con extremos punteado y chato).

5 barrenos de 2 m. de largo (con extremos punteado y chato).

2 hachas

2 serruchos

5 alicates

5 alicates combinados

15 limas (rectangulares , redondas y planas)

3 sierras con 50 hojas de reserva

2 tenazas para cortar alambre

5 juegos de llaves (12-41 mm.)

2 juegos de llaves francesas

2 llaves con boca 75 mm. para los pernos de anclaje.

30 escobillas de acero

20 brochas (1" - 3")

60 puntas de acero cónico para huecos con diámetros 22 mm. y 26 mm.

20 cinceles

2 birbiques con brocas para acero y madera de 1/2" hasta 1 1/2" cada una.

3 ralladores para agujeros de 18,22 y 26 mm. de diámetro

2 juegos de tarrajas para M16, M20 y M22 exterior e interior

12 lampas y picos

Herramientas de montaje :

12 tirfors de 3 ton. de arranque vertical, cada uno

6 tirfors de 1.5 ton. cada uno

1 rollo de cable para los tirfors de 1.5 ton. , aprox. 300 m.

6 teclé de cadena de 3 ton. cada uno

8 gatas mecánicas de 5 ton. cada una

4 gatas mecánicas de 10 ton. cada una

8 estobos de $\varnothing = 12$ mm. , 1.00 m. de largo

10 estobos de $\varnothing = 16$ mm. , 2.00 m. de largo

- 10 estrobos de $\varnothing = 24$ mm. , 4.00 m. de largo
- 6 estrobos de $\varnothing = 24$ mm. , 6.00 m. de largo
- 1 rollo de cable de $\varnothing = 20$ mm. , 100 m. de largo
- 1 rollo de cable de $\varnothing = 16$ mm. , 60 m. de largo
- 100 grampas para cables de 12,16 y 20 mm. c/u.
- 1 rollo de sogas $\varnothing = 20$ mm. , 350 m. de largo
- 5 escaleras de sogas, 20 m. c/u.
- 8 templadores de 3 ton.
- 4 templadores de 10 ton.
- 10 grilletes de 3 ton.
- 10 grilletes de 5 ton.
- 6 grilletes de 10 ton.
- 4 grilletes de 16 ton.
- 6 winches de 2 ton.
- 4 winches de 5 ton.
- 8 poleas o "rondanas" con cable de acero y gancho de 10 ton. c/u
- 8 poleas o "rondanas" con cable de acero y gancho de 3 ton. c/u
- 8 poleas o "rondanas" con cable de acero y gancho de 5 ton. c/u
- 4 poleas con sogas, 250 Kg c/u
- 2 poleas con sogas, 500 Kg c/u
- 8 gatas hidráulicas de 50 ton. c/u
- 4 toldos para cubrir cables, pernos, etc. y , taller de reparaciones y mantenimiento.

Equipo de soldadura :

- 1 equipo completo de soldadura autógena con botellas de gas en reserva.

1 equipo completo de soldadura eléctrica (diesel o a gasolina)

Equipo neumático :

2 compresoras de 600 p.c.m. con válvula reguladora de presión

2 compresoras de 200 p.c.m.

2 taladros para brocas de hasta 1 1/2"

2 taladros para brocas de hasta 5/8"

2 esmeriles con sus respectivas piedras

2 llaves de impacto, con capacidad de hasta 160 kg-m, c/u. con dados para pernos M20 y M24.

150 m. de manguera de 600 lb. de presión, con sus accesorios

1 equipo de arenado (sand blast), con sus accesorios.

Equipos especiales :

Opcionalmente, para el montaje de las torres :

1 auto-grúa de 150 ton-m (brazo de 36 m. considerando a la grúa apoyada en el nivel del tablero).

2 grúas móviles de 5 ton. c/u.

1 camioneta pick-up F-500

1 bote con motor fuera de borda

1 equipo de radio

construcción para dos cuartos de oficina

construcción para alojamiento de dos ingenieros

construcción para alojamiento de obreros

Equipo de seguridad :

cascos para todo el personal

15 correas de seguridad

10 salvavidas en forma de chaqueta

4 extinguidores

Equipo de primeros auxilios :

construcción para enfermería equipado según reglamento.

Materiales de consumo :

75 Kg. de alambre $\varnothing = 3$ mm.

10 m . de acero 10" x 2" x 15'

3 m . de dumientes

3 m . de postes redondos $\varnothing = 4'' - 8''$

50 m . de ángulos 3" x 3"

50 m . de canales 4"

1 plancha de acero : 4' x 8' x 3/4"

1 plancha de acero : 4' x 8' x 1/2"

1 plancha de acero : 4' x 8' x 1/4"

1 plancha de acero : 4' x 8' x 1/8"

..*.*

CAPITULO III
* . * . * . * . * . * . * . * . *

TRABAJOS PRELIMINARES
* . * . * . * . * . * . * . * . * . *

3.1 UBICACION EN PIE DE OBRA DE LA ESTRUCTURA METALICA . -

La ubicación más conveniente en pie de obra, es aquella en que estando el elemento lo más cerca posible del de su posición definitiva, no interfiera a los trabajos que vayan a realizarse posteriormente a su acomodo en cancha.

Es recomendable hacer el traslado de la Estructura Metálica a obra cuando se haya ejecutado un gran porcentaje del Movimiento de Tierras y las respectivas obras de albañilería puesto que para las maniobras de ubicación se requieren de equipo mecánico pesado que para su libre desplazamiento requiere de un área considerable.

Por lo general, cuando está por concluirse la Infraestructura y se hayan ejecutado los rellenos necesarios, podrá habilitarse un canchón en cada margen, que permita el acomodo adecuado de todos los elementos de la Estructura Metálica. Este adecuado acomodo se refiere, por ejemplo, a que los elementos livianos no deberán estar debajo de los elementos pesados, que las piezas complementarias se encuentren cerca entre sí, las torres cerca de los Estribos y, en general, que los elementos se ubiquen en el orden en que van a utilizarse.

Por otro lado, el canchón además de tener una topografía plana u ondulada deberá estar fuera del alcance del oleaje del río en su creciente de aguas ordinarias, y, deberá ser una zona exclusiva y con acceso sólo para las maniobras de transporte a pie de Estructura.

En el Plano de Ubicación que se muestra se pueden observar los canchones del - -
Puente Herrería, indicándose en él las rutas de acceso.



Los elementos medianos y pequeños, llámense planchas y pemeña en general, han sido ubicados en almacenes construidos expresamente para protegerlos de las lluvias. Como el lanzamiento, de los cables se hace, como se verá más adelante, desde una sola margen, fue necesario ubicar éstos en la primera margen a la que se llegó; esto, para obviar el transporte a través del río o sobre la estructura antigua, como en el caso del Puente " Herrería " .

Otro aspecto interesante de comentar es la forma de acomodo y las precauciones que deben tomarse a fin de que los elementos en cancha sufran el menor deterioro posible.

Torres :

El mayor deterioro que sufren los pilones es el desgaste por oxidación de las uniones, que son las zonas libres de la pintura anticorrosiva debido a que, como se tratan de elementos de grandes dimensiones, se tienen que dejar a la intemperie expuestos a las lluvias, muy frecuentes e intensas en la zona.

Para su posterior traslado a pie de estructura, es recomendable apoyarlos sobre cuartones, de sección mínima 4" x 4", de modo que pueda realizarse fácilmente el estrobado.

Cables :

Los carretes de los cables, cuando son de madera, por efecto de las lluvias, se descomponen, originando que por su propio peso se aplasten, dificultando su traslado y colocación en la tornamesa.

Si el carrete es metálico, generalmente, viene provisto de accesorios de izamiento para lo que también debemos de apoyarlo sobre cuartones.

Péndolas :

Como las péndolas son los elementos poco pesados se les puede acomodar en, prácticamente, cualquier lugar.

Tanto los sockets de las péndolas así como los cables colgantes, han sido fabricados con acero de alta resistencia cubiertos por una capa galvánica de protección por lo que no requieren, de mayores cuidados, salvo, el evitar que estos rocen frecuentemente con superficies duras o metálicas que destruirían dicha capa originando el proceso de corrosión en el alma de las hebras.

Viga de Rigidez :

Por la diversidad de elementos de que está compuesto, a cada una de ellas habrá que darle el cuidado correspondiente, según su forma y dimensiones.

Los elementos grandes y de gran peso, llámense vigas transversales, cordones, diagonales y barandas, están expuestos, inevitablemente, al intemperismo. Hay que tener la precaución de acomodarlos de manera que no se formen madrigueras de reptiles que pueden darnos alguna sorpresa desagradable en el momento de manipularlos.

Las piezas medianas y pequeñas, llámense planchas de unión, platinas de relleno, etc. NECESARIAMENTE tendrán que guardarse en ambientes protegidos de la lluvia y humedad, así como de los amigos de lo ajeno. Recordemos que estas piezas son elementos fundamentales en el trabajo efectivo de las uniones ya que estructuralmente trabajan a la fricción.

Los pernos, además de recibir el tratamiento de las piezas pequeñas deberán ser guardados debidamente limpios y clasificados.

Algunos elementos bastante esbeltos, tales como las barandas y los arriostres de piso, para su izamiento, deberán ser estrobados adecuadamente a fin de que no sufran dobladuras.

* * * * *

3.2. IDENTIFICACION, COMPUTO Y SELECCION DE PIEZAS .-

3.2.1. Identificación :

Como es lógico, con anticipación a los trabajos de montaje, el Ing^o responsable deberá estudiar los planos respectivos para que, si tiene alguna interrogante, ésta pueda ser absuelta oportunamente por la entidad contratante ó el técnico designado para el caso.

Es necesario imbuirse no sólo de todos los pormenores acerca de las fases de montaje, sino también de las piezas componentes de los elementos, así como de la función que cumplen dentro de cada estructura.

En algunos casos se ha llegado a observar que durante el desarrollo de los trabajos llegan a faltar algunas piezas con la consiguiente molestia que ocasiona el tener que detener el ritmo de los trabajos hasta conseguirlos. Previendo esto, en el instante de recepcionar la Estructura Metálica en Obra, se debe hacer un inventario lo más minucioso posible, para detectar oportunamente la (o las) piezas faltantes y realizar los trámites necesarios para obtenerlos. El trabajo de montaje debe ser organizado y previendo toda clase de eventualidades.

Antes de empezar cualquier fase de montaje el Ing^o que se encargue de ello deberá tener ya, un conocimiento cabal de las posiciones correctas de las piezas en el elemento estructural, así como del equipo y personal necesario para su colocación. Debemos evitar todo tipo de maniobras inútiles así como de incrementar o reducir excesivamente el personal en determinado trabajo.

La Firma fabricante WAAGNER BIRO A.G. , para efectos de trabajo ha proporcionado, además de la Estructura Metálica, los siguientes documentos :

a) Planos de Fases de Montaje : en donde se indica la secuencia lógica de -

ejecución de los trabajos así como el equipo y accesorios necesarios tales como : grúa teleférica , columna de montaje , etc.

- b) Planos de la Estructura Metálica : Contiene la descripción física de los elementos componentes de la Estructura Metálica del Puente , tal como : - Torres , Cables , Péndolas y Viga de Rigidez . En estos planos además de los elementos principales, se indican el número y tipo de piezas necesarias para formar las uniones , dándose igualmente su descripción completa , esto es , su geometría y el número y tipo de pernos necesarios para unirlo al elemento principal.

Los planos de la Estructura Metálica de los puentes de 150 m. de luz libre - (caso del Puente "Herrera ") son :

Nº. PLANO	DESCRIPCION
10- 420- 20 - 021	Vista General
- 024	Batería de Tubos
- 027	Pilón
- 028	Sillas de Cambio de Dirección
- 31	Cable Portante y Péndolas
- 015	Cabeza de Cables
- 023	Anclaje de Cables
- 030	Pinzas para las péndolas
- 025	Viga de Refuerzo
- 026	Arriostamiento Horizontal y Vigas Transversales
- 022	Anclaje de la Viga de Rigidez en el Estribo

Nº. PLANO	DESCRIPCION
-029	Apoyo de la Viga de Rigidez en el Estribo Contraviento
-0	Juntas de Dilatación y Tubos de Drenaje
-032	Progreso en el Hormigonar

Las tres primeras cifras identifican al Proyecto del Puente mientras que el último al elemento de la Estructura Metálica.

Las piezas componentes de cualquier elemento de la Estructura Metálica es tán identificados en los Planos por un número en negrita encerrado entre [] , precedida de cualquiera de los últimos números correspondientes al plano en que aparecen. Junto al código identificador también se indican el tipo de pieza, así como sus dimensiones. Por ejemplo, el arriostre diagonal exterior de la Torre tiene la posición [29] P+S por lo tanto corres ponderá a la pieza 027 [29] P+S , formado por dos canales] [-220... 13520 (norma DIN) , por encontrarse en el plano 10-420-20-027 corres pondiente al Pilón. Igualmente, la Pinza Central está compuesta por las piezas [10] y [13] por lo tanto se identificarán como las piezas 030 [10] y 030 [13] respectivamente , por encontrarse en el Plano 10-420-20-030.

- c) Propuesta del Proyecto de Montaje.- Es un análisis de los accesorios de mon taje necesarios, determinándose en él las características tanto geométricas - como resistentes de los mismos.

Por circunstancias de la Obra o por disponibilidad de equipo este Proyecto puede modificarse pero, siempre conservando un márgen razonable de seguri

dad. Por ejemplo, la Waagner Biró recomienda utilizar una grúa móvil o Derrick para el izaje de los pilones. Para alturas y secciones como el del pilón del Puente " Tocache " (L = 220 m. , h = 32 m.) serán necesarias grúas de gran tonelaje que muchos contratistas no están en condiciones de adquirir.

Los Planos de los elementos auxiliares de montaje son :

Nº. PLANO	CONTENIDO
60 - 663 - 09 . 022	Equipo para poder colocar la Viga de Rigidez
. 023	Grampa para Cable
. 027	Colocación de Grampas de Péndolas
. 021	Equipo de las poleas para la grúa telesférica
. 020	Cesto para tramoyista
. 019	Polea
. 018	Equipo para poder colgar el cable colgante
. 017	Tomamesa
. 015	Equipo para poder tensar
. 014	Equipo para poder tensar
. 013	Anclaje para el cable colgante de la grúa telesférica
. 012	Anclaje del cable colgante para la grúa telesférica
. 011	Palanca para el cable colgante
. 009	Equipo para el levantamiento del cable colgante
. 008	Poleas para jalar el cable de la grúa telesférica
. 007	Estribos del montaje

N° . PLANO	CONTENIDO
.006	Apoyo para la columna del montaje
.005	Escaleras para el montaje
.001	Columna para el montaje.

3.2.2. Cómputo y selección :

Anteladamente al ensamblaje de cualquier elemento, el Ing° de Montaje deberá obtener la relación de piezas con el tipo y cantidad necesarias, la que entregará al operario encargado de realizar la selección quien, asimismo, la habilitará para su limpieza y pronta utilización.

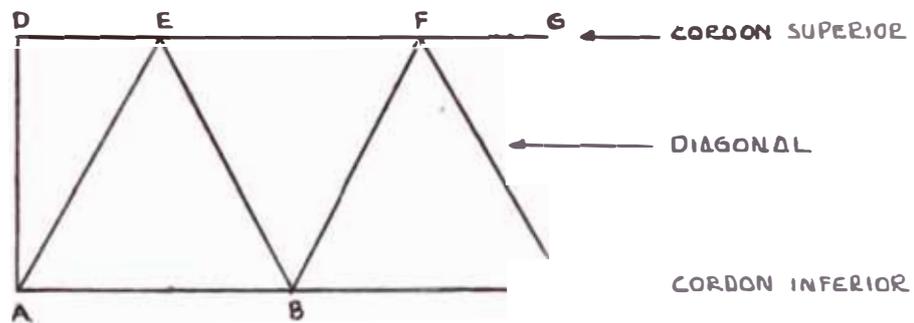
La limpieza consistirá en eliminar la capa de óxido que se haya formado, pasando sobre su superficie con una escobilla de acero, preferentemente eléctrica.

Así como las demás piezas, los pernos también están identificados en los planos mediante un símbolo representativo y nomenclatura correspondiente, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla :

SIMBOLO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES .-	
		Ø (mm.)	LARGO (mm.)
	M 16 x 45	16	45
	M 20 x 55	20	55
	M 24 x 75	24	75

Para obtener la cantidad total de pernos, huachas y tuercas necesarias bastará contar el número de veces que se repite el símbolo respectivo. Por ejemplo, para unir la plancha 027 [14] con la base del Pilón y el primer cuerpo de éste, son necesarios 22 pernos M 24 x 85 mientras que, para tapar el agujero que se encuentra sobre este mismo empalme se requerirán 8 pernos M 16 x 35. Hecho el cómputo, se recomienda tener los pernos seleccionados en casilleros donde se indique claramente su nomenclatura.

En general, cualquier operario podrá ubicar la pieza buscada desde que éste lleva impresa en caliente, sobre su superficie, el código identificador, - por ejemplo : 25/33, 25/34, 26-20 P, etc. Tomando como ejemplo el tramo 4 - 5 de la Viga de Rigidez, tendremos que en él son necesarios las siguientes piezas :



- Cordón inferior : 2 piezas 25 [14]
2 piezas 25 [13]
18 piezas 25 [33]
- Vigas transversales : 1 pieza 26 [2]
1 pieza 26 [5]
1 pieza 26 [29]

- Montantes	:	2 piezas 25 [15] 2 pines 70 mm x 200 mm.
- Diagonales	:	12 piezas 25 [23] 2 piezas 25 [22]S 2 piezas 25 [22]P 32 piezas 25 [25]
- Cordón superior	:	4 piezas 25 [10] 16 piezas 25 [33] 4 piezas 25 [34]
- Barandas	:	2 piezas 26 [20] 2 piezas 26 [21]
- Arriostres horizontales	:	2 piezas 26 [13]P 2 piezas 26 [14]P 2 piezas 26 [13]S 2 piezas 26 [14]S 20 piezas 26 [33]
- Nudo "A"	:	2 piezas 25 [49] 4 piezas 25 [35] 2 piezas 25 [40] 2 piezas 25 [61] 4 piezas 25 [36] 4 piezas 25 [34] 4 piezas 25 [27] 2 piezas 26 [24]

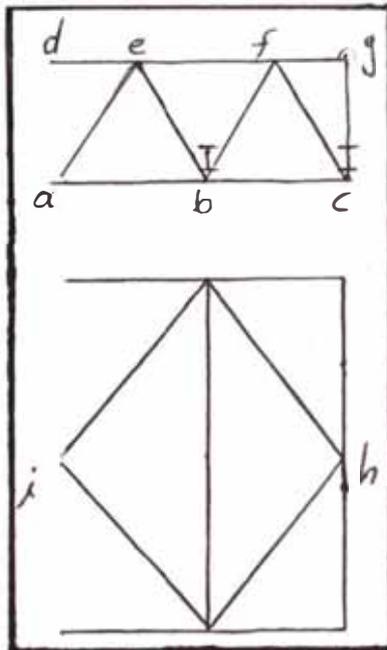
- Nudo " B " : 2 piezas 25 [41]
2 piezas 25 [62]
4 piezas 25 [55]
4 piezas 25 [46]
2 piezas 25 [53]
2 piezas 26 [35]
2 piezas 25 [47]
2 piezas 25 [48]
4 piezas 26 [56]
- Nudo " C " : abierto
- Nudo " D " : 8 piezas 25 [35]
4 piezas 25 [36]
4 piezas 25 [37]
- Nudos " E " y " F " : 8 piezas 25 [42]
8 piezas 25 [31]
4 piezas 25 [43]
- Nudo " G " : abierto

NOTA :

El número total de pernos , tuercas , huachas y arandelas , se puede observar en la Figura N°. 24.

FIG. N° . 24

RELACION DE PERNOS ,, TUERCAS ,, HUACHAS
Y ARANDELAS NECESARIAS PARA EL
TRAMO 4 - 5

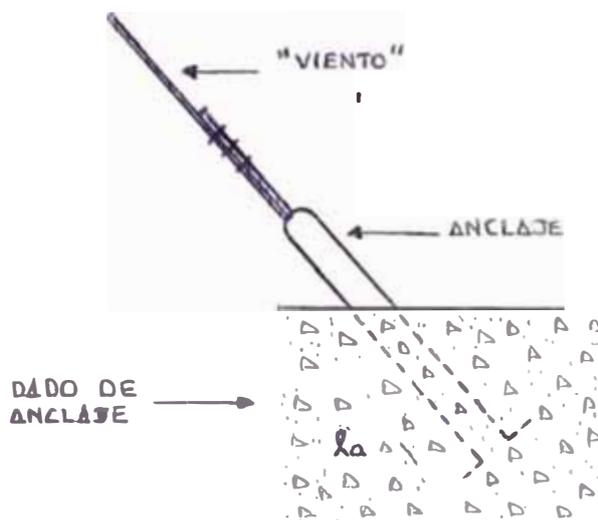


	Nudo	M20					M24						
		55	60	65	70	75	55	60	65	70	75	90	95
2x	a					6	6	6	6*	6	4*		2*
2x	b	14	5	22			12		6*	4	14*		2*
2x	c	10	6	14		6	6	6	6*	6	4*		2*
2x	d					6				6	12*		
4x	e=f						12	8	12*		6*		
2x	g					6				6	12*		
	h	4		10		4							
	i	4				4							
2x	chapas de unión para los cordones										96*		
2x	chapas de unión para las diagonales						64						
	chapas de unión para el anclamiento	80											
	para toda la viga	136	22	82	-	56	224	56	296*	56	116*		12*
	Arandelas			592					1076		404		
	Tuercas			296					740				

3.3. COLOCACION DE LOS ANCLAJES NECESARIOS . -

Los anclajes son los elementos de fijación de los "vientos" o tirantes de arriostre, en la infraestructura o en los bloques de anclaje.

Básicamente, consisten en barras de acero liso o corrugado doblados en "U" y embebidas en concreto. Sus dimensiones serán tales que permitan soportar las tensiones máximas que se ejerzan sobre ellos.



Se deben de ubicar los anclajes en posiciones tales que su utilización sea diversa (que tengan más de un uso). Esto se puede determinar teniendo un conocimiento cabal de las fases de montaje y del estudio de las ubi-

caciones y geometría de las estructuras componentes de la Infraestructura. Cuando exista la necesidad de ubicarlos fuera de la Infraestructura, se diseñarán dados de anclaje cuya geometría permita contrarrestar las solicitudes, teniendo en cuenta las condiciones de estabilidad al volteo, al asentamiento y, básicamente, al deslizamiento. Las longitudes de adherencia serán las indicadas por el ACI.

Prácticamente, se recurrirán a estos elementos auxiliares durante todas las fases de montaje, por ejemplo, cuando haya que mantener a las Torres en su posición aproximadamente vertical, arriostrándolos tanto en sentido longitu

dinal como en el transversal; para frenar el lanzamiento de los cables y de la Viga de Rigidez, para controlar la flecha de los cables durante su lanzamiento, para efectuar el tensado de la Viga de Rigidez, etc., etc., como ya se mencionó, estos elementos nos servirán inclusive después del vaceado de la Losa, por ejemplo, durante el pintado de la Estructura Metálica

3.4 INSTRUCCION DEL PERSONAL DE OPERARIOS .-

Para efectos del trabajo, el personal de montaje debe ser clasificado en operarios, oficiales y peones, en base a su criterio y mayor o menor habilidad para realizar las maniobras. El personal ya clasificado deberá ser utilizado racionalmente, debiendo ellos ejecutar los trabajos que exclusivamente se les encomiende.

Es una práctica recomendable reunir al personal de montaje periódicamente, con el objeto de instruirlos acerca de la función que cumple cada pieza que se manipulee dentro de la estructura; de su posición correcta, precauciones a tomar para efectuar las maniobras dentro de la seguridad, de las herramientas a utilizarse, etc.

Para efectos de impartir órdenes, la adopción de un sistema de señales es conveniente, de esta manera se evita el que dos capataces den órdenes al mismo tiempo y con voces altisonantes causando confusión y la consecuente molestia entre el personal de operarios.

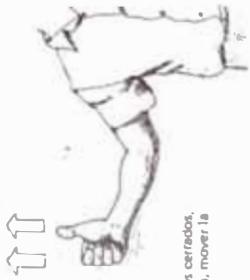
Una práctica recomendable es utilizar radio transmisores tipo Walkie - Talkie en cada frente de trabajo o en su defecto, megáfonos para que las órdenes impartidas sean fácilmente audibles y puedan llevarse a la práctica sin el riesgo de realizar una operación por otra.

Cuando se tenga que dar órdenes al operador de una máquina, es evidente -
que en forma oral sería imposible hacerlo por lo que se recomienda la siguien-
te convención dada como ejemplo para una grúa (Fig. N°. 25).

Debemos pensar en formar Escuela , que redundará no sólo en beneficio -
de la Empresa sino también del país , puesto que se podrá disponer , en -
un futuro inmediato , de personal altamente calificado y en tales cantidades -
que sea posible el desarrollo de la Construcción.

* . * . * . * . * . * . * . * . * . *

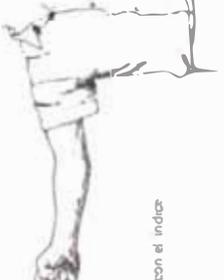
FIG. N.º 25



4 LEVANTAR LA PLUMA.
Con el brazo extendido, los dedos cerrados, y el pulgar señalando hacia arriba, mover la mano hacia arriba y hacia abajo.

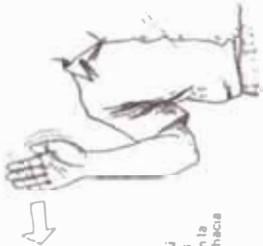


5 BAJAR LA PLUMA.
Con el brazo extendido, los dedos cerrados y el pulgar señalando hacia abajo, mover la mano hacia abajo y hacia arriba.



6 GIRAR LA PLUMA.
Con el brazo extendido, señalar con el índice en dirección del recorrido.

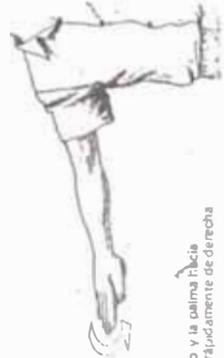
El operador de la grúa no deberá recibir señales de nadie que no sea el señalador. Cuando sea necesario cambiar frecuentemente de señaladores, éstos deberán llevar un brazalete, un sombrero o guante llamativos, u otro "sin brillo" de autoridad.
En el caso de grúas en las cuales el operador de la grúa no puede observar al señalador, pueden usarse señales de silbato para el levantamiento de la carga y para los movimientos de la pluma de la grúa. Las señales que se acostumbra son las siguientes:



1 CORRER EL PUENTE GRUA O CORRER LA GRUA.
Con el brazo extendido, el antebrazo casi vertical, y la mano abierta, con los dedos extendidos hacia arriba, mover la mano en la dirección del recorrido mientras se mira hacia adelante.



2 ALTO.
Con el brazo extendido, y la palma hacia afuera, mantener firmemente la posición.



3 ALTO URGENTE.
Con el brazo extendido y la palma hacia abajo, mover la mano rápidamente de derecha a izquierda.

SEÑALES PARA EL MANEJO DE GRUAS

Para reducir al mínimo el número de accidentes ocasionados por señales defectuosas o malentendidas al manipular cargas con grúas, se considera conveniente incluir el presente manual. Las señales deben ser perfectamente comprendidas por el señalador y por el operador, y solamente deberán usarse las señales aprobadas. Es conveniente pegar una copia del código de señales en la cabina de la grúa y otra copia donde el señalador pueda consultarla.



7 MOVER EL TROLE.
Con el brazo extendido y los dedos cerrados, mover la mano rápidamente hacia arriba y hacia abajo, señalando la dirección del movimiento.



8 LEVANTAR LA CARGA.
Con el brazo en el espacio vertical, el pulgar señalando hacia arriba, mover la mano hacia arriba y hacia abajo.



9 DESCENDER LA CARGA.
Con el brazo extendido y la palma hacia abajo, mover la mano hacia abajo.

Para avanzar Dos señales rápidas
Para bajar Tres señales rápidas
Para detenerse Una señal rápida
Para detenerse urgentemente Una serie de señales rápidas
Para movimientos lentos o cautelosos, use señales más lentas y man-
teña la última señal hasta que se desee detener el movimiento. Dejar de

C A P I T U L O I V * . * . * . * . * . * . * . * . * . *

MONTAJE DE LA BATERIA DE TUBOS * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . *

La Bateria de Tubos , es el conjunto de Tubos de acero cuyos ejes están orientados en la dirección de los fiadores . Tienen como función servir de guía a los terminales o sockets de los cables , para su posterior anclaje en la Cámara respectiva y distribuir la presión ejercida por los Cables hacia el bloque de anclaje.

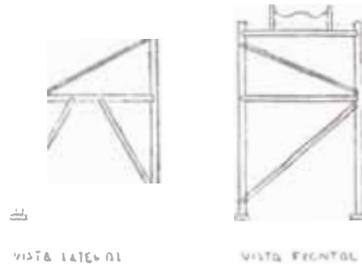
De hecho , es el primer elemento que se monta y que , a diferencia de los accesorios de montaje , tiene una ubicación definitiva.

La secuencia de montaje es la siguiente : primero se monta el caballete " in situ " - ó , en un lugar adecuado y cercano a la estructura llevándose luego el caballete ensamblado a su ubicación definitiva; enseguida se van colocando los tubos individualmente cuidando el conservar tanto los niveles así como la orientación indicada en el Proyecto.

Al igual que para los demás elementos de montaje , la Waagner Biró A. G. proporciona los planos descriptivos y de montaje.

4.1 MONTAJE DE LOS CABALLETES .

El Caballete es un accesorio utilizado en forma optativa para el montaje de la Bateria de Tubos . Estructuralmente , consiste en un reticulado espacial que sirve de cama de asiento de los tubos , orientándose - - sobre él cada eje de tubo en la dirección de su fiador respectivo.



El ensamblado puede efectuarse en tierra , utilizándose para su posterior ubicación en su posición definitiva , una grúa pequeña , considerando el poco peso que tiene .

Su montaje empieza dejando unas platinas (en cada apoyo del caballete) ancladas en la fase de vaciado del maciso de anclaje que corresponde al nivel de la base del caballete ; luego , se coloca el caballete sobre las platinas , debiéndose verificar a cada instante el alineamiento longitudinal , transversal y los niveles de los puntos de control P-11 , P-12 , P-13 y P-14. El topógrafo deberá rechequear estos puntos desde las referencias ubicadas fuera de la Estructura , los más alejados posibles . La horizontalidad se logra utilizando platinas de relleno.



Fig . N°. 26

En la Fig. N°. 26 se puede observar dos caballetes ya ensamblados , co rres pondientes al Puente " Pizana ". Estos caballetes han sido ensamblados en tierra firma pudiendo apreciarse en el costado izquierdo, la pluma de una grúa que posteriormente los ubicará en su posición definitiva.

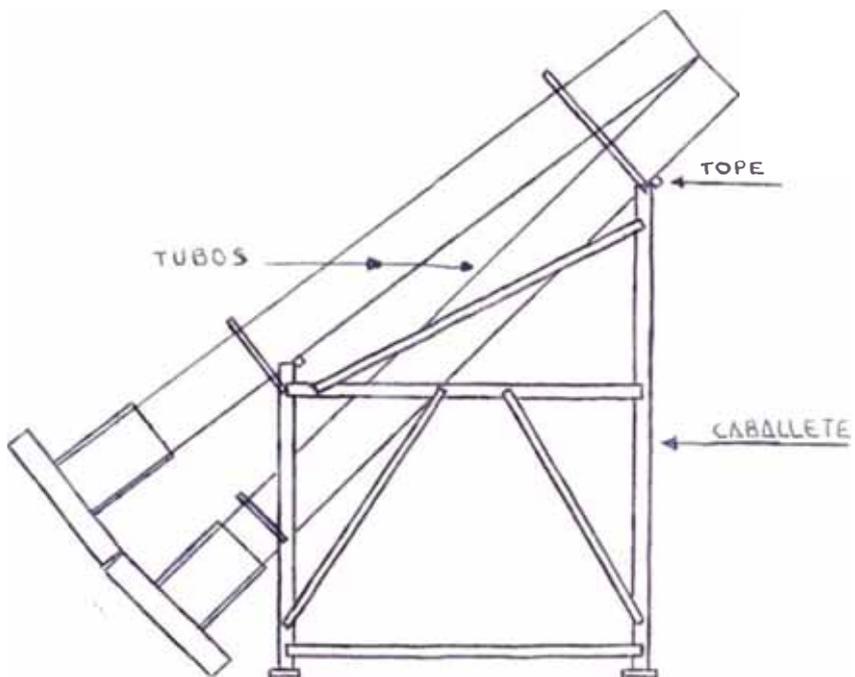
4.2 COLOCACION DE LOS TUBOS .-

La colocación de los tubos no conllevan ninguna dificultad desde que éstos se colocan individualmente, teniendo cada uno de ellos relativamente poco peso (aprox. 650 Kg.). El mayor cuidado que hay que tener es que la base del caballete esté nivelado y correctamente empotrado al vaciado anterior mediante anclajes que se dejarán en él. Esta precaución hay que tomarla porque cuando se empieza a vaciar el concreto en que vaya totalmente embebido, se generarán presiones laterales que tratarán de modificar la dirección del eje de cada tubo.

Una vez ubicado en posición el caballete, se colocarán los tubos, de uno en uno, con la ayuda de una grúa pequeña ó de un cargador frontal y estrobos , recordando colocarlos tomando en cuenta los topes que tienen los tubos y que son las referencias de posición . A medida que se vayan colocando se fijarán al caballete mediante el empernado o con soldadura.

Cuando no se desee utilizar el caballete , alternativamente , se pueden asentar los tubos sobre fierros corrugados atravesados y dejados exprofeso en la Cámara , claro que en este caso será un poco más difícil el control tanto de los alineamiento y niveles.

BATERIA DE TUBOS
* . * . * . * . * . * . * . * . *



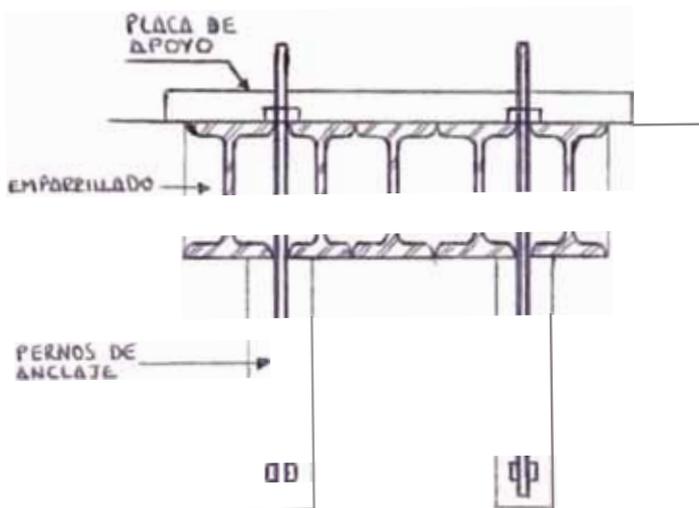
CAPITULO V
* . * . * . * . * . *

MONTAJE DE LAS TORRES
* . * . * . * . * . * . * . * . * . *

5.1 COLOCACION DE LOS APOYOS .-

Los apoyos básicamente están constituidos por placas metálicas ancladas en el Estribo mediante pernos de alta resistencia, sobre las que descansan las articulaciones de los pilones respectivos.

Previamente a la colocación de los apoyos ya deben haberse colocado el sistema de transmisión de carga al apoyo. Este sistema está constituido por un emparrillado en el que se dejará el espacio necesario para la colocación y libre juego de los pernos de anclaje.



Se recuerda nuevamente la necesidad de verificar a cada instante tanto el alineamiento como los niveles de las parrillas y de las placas de apoyo hasta que se logre su fijación en el concreto.

FIG. N°. 27

Las placas de apoyo están consideradas dentro de las piezas pequeñas teniendo asimismo poco peso, debido a esto la colocación de ellas pueden hacerse manualmente.

5.2 MONTAJE DE LAS COLUMNAS .-

Las columnas están sometidas a la compresión vertical que transmiten los cables, además de las fuerzas horizontales del viento que actúan sobre él y parte del que actúa sobre la Viga de Rigidez.

Cada columna consta de Pie de Pilón, primer y segundo cuerpos de Pilón y Silla de Cambio de Dirección.

a) Montaje utilizando Pluma :

Cuando el montaje se realiza con Pluma el procedimiento de trabajo es el siguiente : la base o pie de Pilón se podrá colocar en posición con la ayuda de la pluma δ , por tratarse de una pieza mediana , simplemente con la ayuda de un cargador frontal, tal como se aprecia en la Fig. N°. 28 . Facilitándose esto último con el echo de ubicarse el pie de Pilón en un nivel inferior al del apoyo del cargador que lo hará en parte de la , posterior , plataforma.

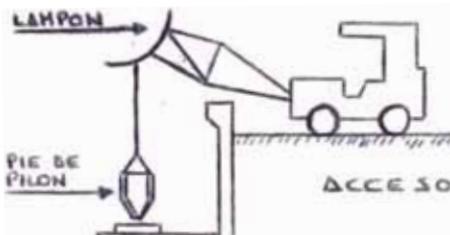


FIG N°. 28

Como los cuerpos de Pilón se han ubicado , inicialmente , en pie de Estructura, bastará con estrobar cada uno de ellos por los agujeros que tienen en el extremo superior (para los empalmes con el primer cuerpo) e izarlos lentamente , hasta conseguir la coincidencia con el extremo superior del elemento colocado anteriormente.

En la Fig. N°. 29 se puede apreciar el izamiento con Pluma de un segundo cuerpo de Pilón.

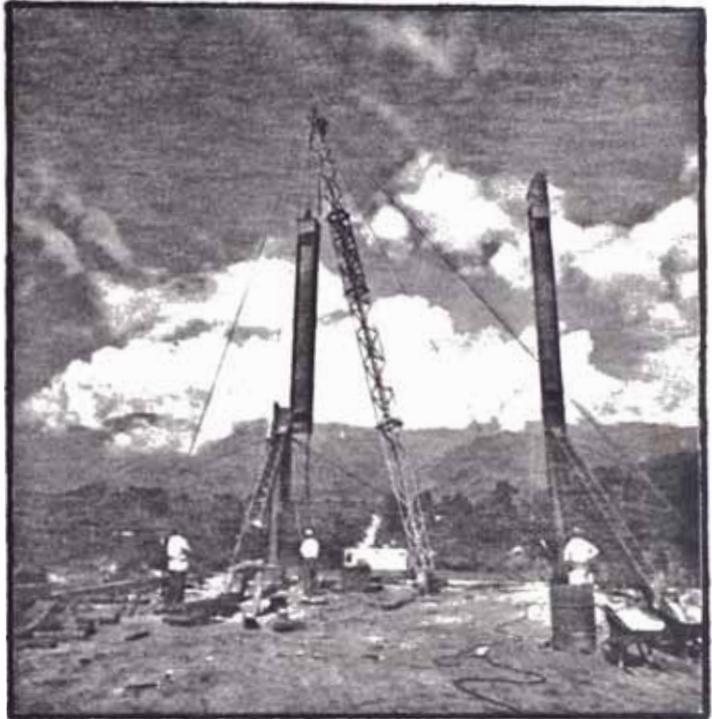
Todos los movimientos deberán hacerse lentamente, puesto que en el diseño no se está considerando el factor de mayoración

de carga por impacto.

Asimismo éstos se harán coordinada y simultáneamente tanto hacia la derecha como hacia la izquierda en el sentido vertical.

Esto significa que cuando se requiera desplazar el elemento izado hacia la

izquierda, el tirante ubi-



FIG° N°. 29

cado en esa dirección se soltará en la misma medida que lo que se tiempen en el lado opuesto, hasta llegar a la posición deseada. Cuando esto se haya logrado, se templarán ligeramente los vientos procediéndose enseguida al izamiento con el cable respectivo.

En el instante en que el elemento izado se encuentre aproximadamente cerca de su posición final, el operario aprovisionador ya deberá tener a mano las planchas y los pernos correspondientes para efectuar el empalme en forma inmediata. Cuando se haya echo el empalme los pernos deberán ajustarse con el torque especificado, procediéndose luego a pintarlo (al empalme)

con anticorrosivo de manera que la oxidación no logre penetrar a las superficies de contacto.

La verticalidad aproximada se logra ubicando adecuadamente los vientos.

b) Montaje utilizando paneles Bailey :

Cuando el montaje se realice con torres Bailey , el estrobado del elemento a izarse se realizará como en el caso anterior.

En este caso la dirección del eje del cable de izamiento deberá ser aproximadamente igual que la dirección del eje de la columna en su posición final, puesto que , a diferencia del sistema anterior, no habrá la posibilidad de movimiento en el plano horizontal con el que se le pueda aproximar.

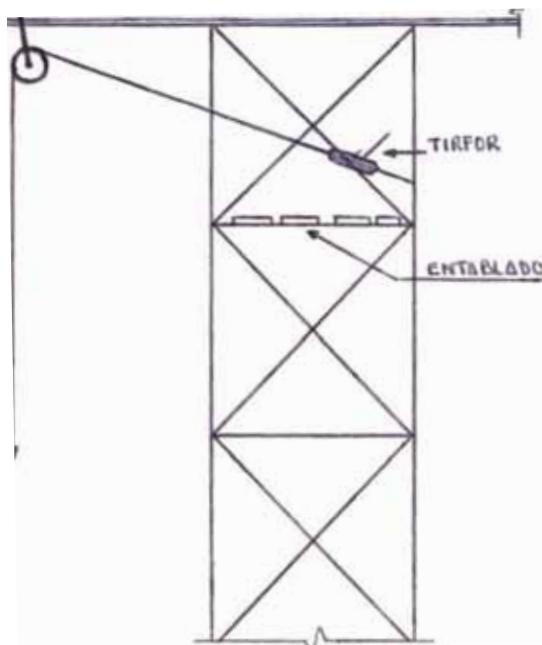


FIG N°. 30

La disposición del equipo de izamiento es la que se muestra en la Fig. N°. 30 .

Cuando se requiera reducir la sollicitación sobre cada tirfor disminuyendo al mismo tiempo la fatiga del operador, se podrá ubicar un juego de poleas o polipasto.

Para una mayor seguridad, las torres Bailey deberán ser

arriestradas, preferentemente en

" Cruz de San Andrés ", entre ellas. Asimismo , como ya se mencionó anteriormente, se ubicarán vientos a media altura a fin de reducir a la mitad su altura de pandeo, sobre todo en lo que se refiere al pandeo alrededor del

eje x - x .

En la Fig. N°. 31 se aprecia el izamiento del segundo cuerpo de la - - columna realizada utilizando torres Bailey.

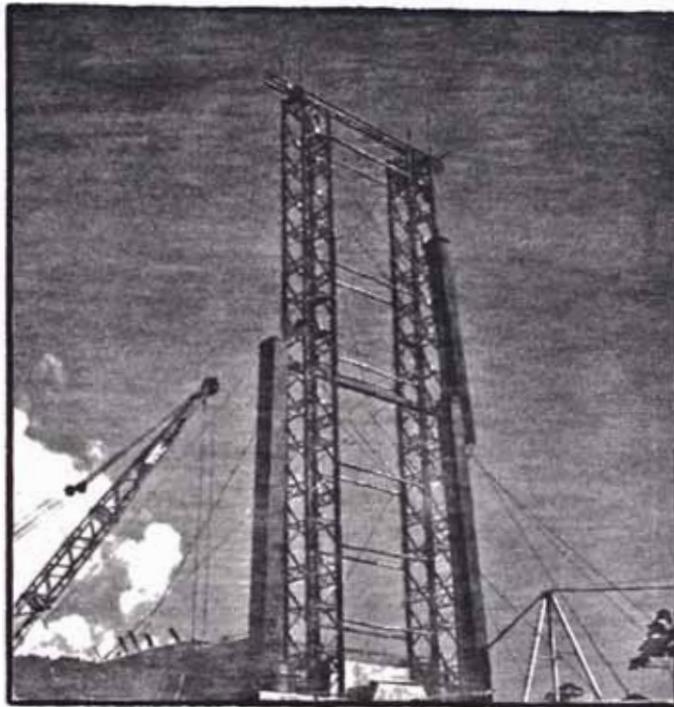


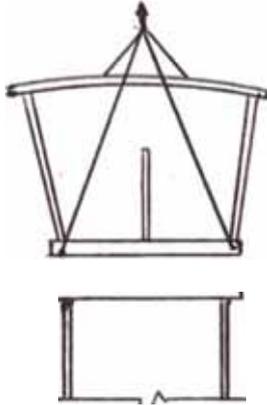
FIG.. N°. 31

La conformación de las torres con paneles Bailey es tal como se puede observar en la Fig. N°. 32, cada tramo consta de los apoyos o zapatas, sobre las que se asientan los paneles BB.1 (2) arriostrados con bastidores BB.2, tratando siempre de mantener a lo sumo la altura de cada panel como altura neta de pandeo.

Eventualmente, cuando se encuentre que esta disposición de paneles, no es suficiente para soportar la carga, se formará la columna con 4 paneles, tal como se aprecia en la misma figura.

5.3 COLOCACION DE LAS SILLAS DE CAMBIO DE DIRECCION .-

Debido a su poco peso (2.41 Tn), las Sillas de Cambio de Dirección sobre las Torres, pueden ser izados con relativa facilidad, debiéndose, no obstante, cuidar el correcto estrobo que asegure su estabilidad durante las maniobras.



Cuando se haya llegado al nivel de la coronación de la Columna, uno de los operarios ubicado convenientemente sobre la Silla de Cambio guiará las maniobras indicando manualmente a los operadores de los tirfors de la Pluma, el sentido del movimiento.

A medida que se vayan aproximando los agujeros de la base de la Silla y los de la coronación de la Columna, las maniobras deberán de ejecutarse más lentamente hasta lograr la mayor aproximación posible o en el mejor caso la coincidencia. Cuando esto último se haya logrado, se insertarán los pines de aproximación en los agujeros diametralmente opuestos, colocándose enseguida todos los pernos con sus huachas y tuercas respectivas.

Las maniobras de empalme requieren, por lo general, de dos operarios.

..*.*.*.*.*.*.*.*.*

CAPITULO VI *****

LANZAMIENTO DE LOS CABLES *****

6.1 COLOCACION DE LAS SILLAS DE CAMBIO EN LAS CAMARAS DE ANCLAJE .-

Las Sillas de cambio de Direcci3n son los dispositivos de apoyo de los cables en los puntos en que se requiera desviar su direcci3n sin deteriorarlos por una curvatura excesiva (radio m3nimo) . (Ver Fig. N3 33)

Adem3s de la importancia que tiene esta estructura para la integridad del Cable, tambi3n es notable por contener a un punto de medici3n importante tal como el P-11 , que limita la longitud de los fiadores.

La posici3n que tiene en la C3mara de Anclaje (c3si al ras del Acceso), adem3s de -



su relativo poco peso permite que su colocaci3n se pueda realizar con suma facilidad solamente con la ayuda de una grúa pequeña 3 con un cargador frontal Para su montaje se deber3 tener especial cuidado en guiarse de las instrucciones dadas por la Waagner Biro (Fig. N3 34), debiendo rechequear tanto el alineamiento as3 como su nivel.

FIG. N3 33

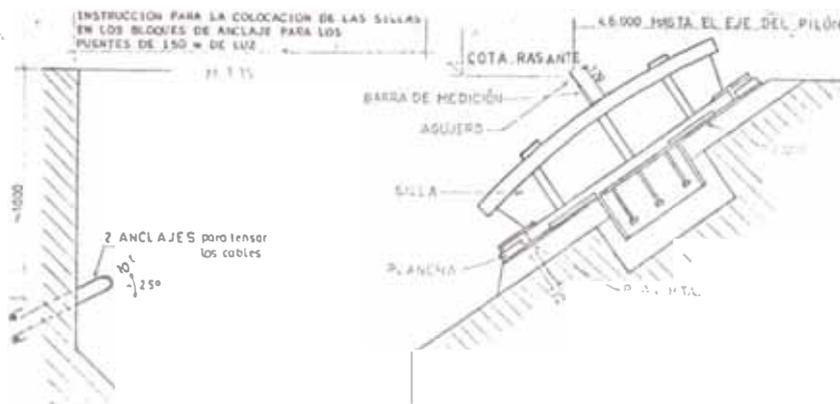


FIG. Nº 34

- 1.) Pinte la superficie de destino con grasa negra.
- 2.) Colócase la base, púntese con la maza sobre la ranura prevista de la fundación de anclaje.
- 3.) Entócese la barra de medición en la silla y colócase ésta en la posición 25 cm distante de la plancha inferior. La distancia de los ejes de las planchetas (Plano 10 420 20 Para P. N. 1r, 3r, 10 y 40) es de 1740 mm en la estructura.
- 4.) Una vez espuesta la silla en su sitio, controle la posición de ésta por el agujero en la barra de medición. La posición de ésta se indica en el croquis adjunto.
- 5.) Si el agujero en la barra de medición está en la posición indicada (verticalmente en el nivel de la ranura y horizontalmente 25 cm adelante del eje del púñal) se podrá tensar la barra en la fundación de la cabeza de la torre y cable.

6.2 MONTAJE DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD SOBRE LAS TORRES .-

La Plataforma de trabajo está constituido por todos los accesorios que sirven de sosten tanto para el personal de operarios que laboran sobre ella, así como para las herramientas y equipo que se utilice en el Lanzamiento.

Está constituida básicamente, por los apoyos de los cables provisionales, las barandas, los arriostres, etc. tal como se observa en la Fig. Nº 35.

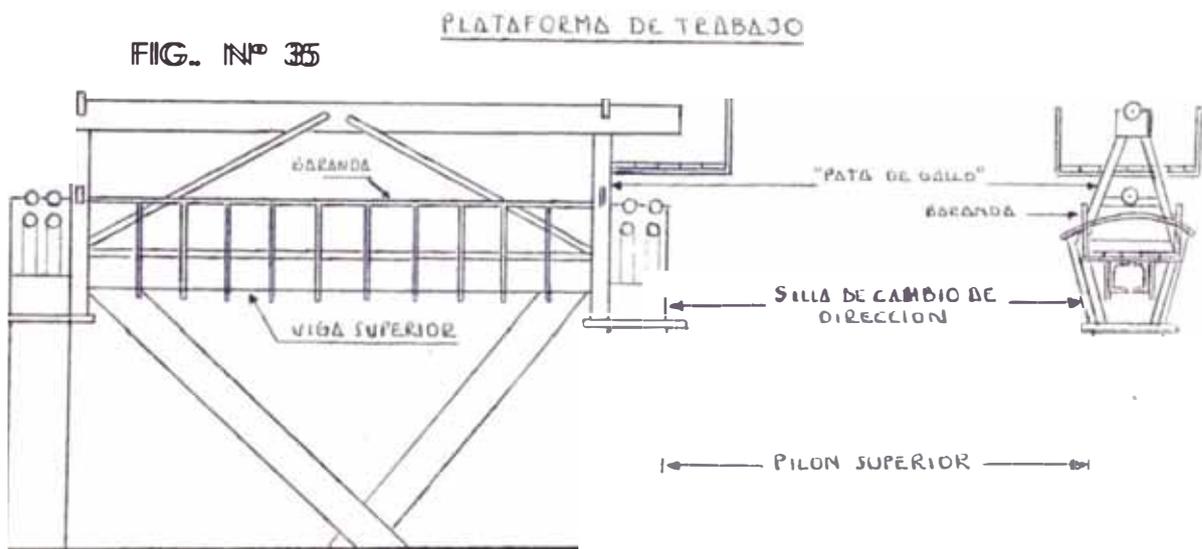


FIG. Nº 35

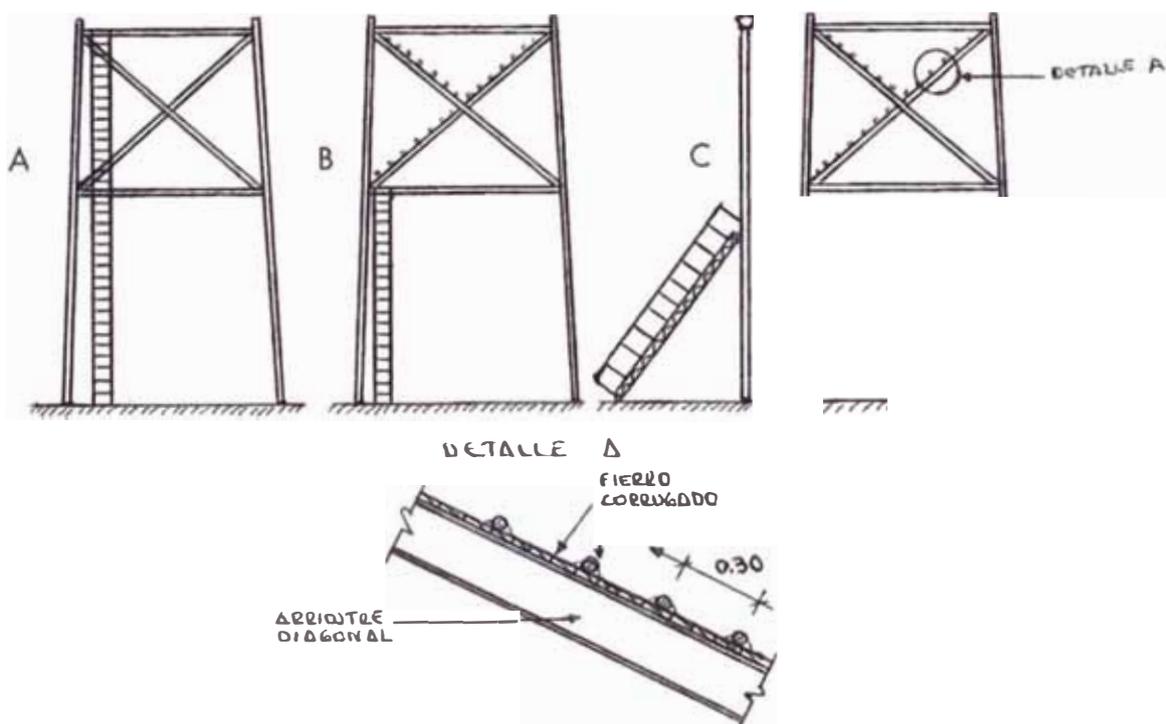
Los apoyos de los cables de la Grúa Telesférica ("patas de gallo"), están arriostrados entre sí por una viga transversal que además sirve de sostén de las poleas que se colocan sobre él para izar las herramientas y elementos auxiliares necesarios para efectuar el lanzamiento.

El Montaje empieza con el izamiento de los apoyos de los cables y su respectivos accesorios, para luego fijarlos a las Sillas de Cambio. En seguida se procederá al arriostamiento y colocación de las barandas para facilitar el libre movimiento sobre la Viga Superior.

El Dispositivo de Seguridad está constituido por la escalera de ascenso hasta la coronación de la Columna. Esta escalera, se recomienda sea el del tipo "gato", es decir, con descansos a cada cierto nivel. Sin embargo, si el operario que asciende los hace soportándose adecuadamente, podrá ser una escalera simple fabricada con fierro corrugado.

La posición de la escalera puede ser cualquiera de las mostradas en la Fig. N° 36.

FIG. Nº 36



6.3 MONTAJE DE LA TORNAMESA DE LOS CABLES COLGANTES .-

La Tornamesa es el dispositivo de apoyo del carrete del Cable Colgante que tiene por función facilitar, el giro de la "bobina" a medida que se desenrolla el Cable y en el sentido en que se efectúa esto.

Por la posición de su eje de giro puede ser horizontal o vertical. Cuando los carretes son de madera y éstos se encuentran en buen estado de conservación, se podrá colocarlos en la Tornamesa de eje horizontal (Fig. N° 37); en cambio, si se encuentran semi-destruídos se tendrá que colocar en una Tornamesa de eje vertical (Fig. N° 38), para que el peso propio del cable enrollado actúe sobre sí mismo y no sobre la madera de la bobina.

Para el control del Lanzamiento, cada tipo de Tornamesa tiene acoplado un sistema de frenado. De esta manera se evita el corrimiento incontrolado del Cable por movimiento brusco del equipo de tracción.

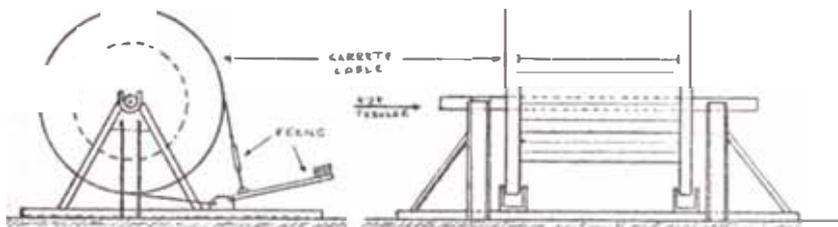


FIG. N° 37

La Tornamesa se colocará a la altura de las Cámaras de Anclaje y entre las elevaciones, para que al llegar hasta la otra Cámara el extremo libre del Cable en Lanzamiento, deje en la anterior, expedito para su colocación en la Batería de Tubos, el extremo recién liberado.

De todo lo anterior deducimos que la Tornamesa no tendrá ningún tipo de cimentación especial sino que mas bien se dejará embebido en el concreto los anclajes necesarios del dispositivo de giro.



FIG . Nº 38

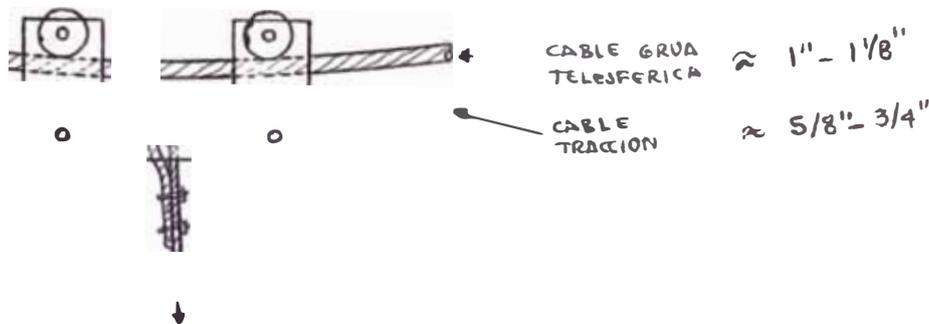
Su poco peso permite que el montaje de los elementos conformantes de la Torname_ sa pueda efectuarse manualmente, o a lo sumo con un equipo de izamiento liviano.

..*.*.*.*.*.*.*.*.*

6.4 LANZAMIENTO DE LOS CABLES PROVISIONALES DE MONTAJE .-

Los cables provisionales de Montaje toman esta denominación debido a que se les utiliza solamente para efectos de realizar el montaje de la Estructura Metálica y trabajos afines a ella, luego del cual se les desmonta.

Los cables provisionales están conformados por el cable de la Grúa Telesférica y, el cable de tracción. Sobre los cables de la Grúa Telesférica se apoyan las poleas del "carro", sirviéndole de guía; y, los cables de tracción son los que permiten el movimiento de la Grúa en el sentido del Lanzamiento



Durante el Lanzamiento del Cable Colgante, además de ir adherido un cable de tracción en el "carro", se colocará otro en la "media luna" para evitar el vuelco de ésta debido a un movimiento inesperado y brusco del cable de tracción superior.

En el Lanzamiento de la Viga de Rigidez no es necesario tomar esta precaución puesto que su peso propio contraresta totalmente cualquier movimiento brusco.

Cuando el Río no es caudaloso y permite el paso en bote o "balsa cautiva", se puede lograr el paso sobre el río del cable de la Grúa Telesférica fijando sobre el bote el extremo libre y jalándolo hasta llegar a la otra margen. Una vez llegado a la margen opuesta, se continuará jalando con un equipo tractor liviano hasta lograr anclarlo.

El cable de tracción, por su poco peso se pasará aún más fácilmente.

Este transporte del cable sobre el Río, se verá facilitado si existiera a poca distancia

un Puente antiguo al que por lo general se reemplaza.

Si el Río es muy caudaloso se utilizará el mismo método utilizado por nuestros primeros peruanos, es decir, ir pasando por el Río cables con diámetros cada vez mayores, atándolos uno tras otro.

El Cable de la Grúa Telesférica se soportará en el mismo bloque de la Cámara de Anclaje, para lo cual se diseñarán soportes especiales que eliminen el doblado en el Cable que podrían dañarlo seriamente por deshebrado. (Fig. Nº 39)



FIG. Nº 39

..*.*.*.*.*.*.*.*.*

6.5 LANZAMIENTO DE LOS CABLES COLGANTES .-

El Lanzamiento de un Cable Colgante empieza con su traslado hasta la Tornamesa, lo cual puede realizarse con una grúa móvil, un cargador frontal o con cualquier otro equipo similar. Para esto se deberá tener el cuidado de estrobarlo adecuadamente para que al izarlo (el carrete de madera) no sufra ningún deterioro que pueda dificultar su desenrollado durante el Lanzamiento.

Tal como ya se ha mencionado, cada Cable tiene una y sólo una posición dentro de la Estructura Metálica; el cual debe verificarse observando la marca indicativa impresa en el carrete no existiendo, por lo tanto, la más mínima posibilidad de equivocarse. Así tenemos que, en el Puente "Herrería", el Cable interior-inferior tiene la posición 20, el exterior-inferior la posición 21 y las superiores, las posiciones 22 (Fig. N° 40).



FIG. N° 40

El Lanzamiento del Cable consiste básicamente en lo siguiente, extender sobre el Río toda la longitud del Cable, anclar los extremos e izarlo en su punto de apoyo hasta colocarlo en la respectiva Silla de Cambio. Cabe recordar que sólo el primer Cable (Pos. 20) tiene impreso las marcas de ubicación de Péndolas y de los apoyos en las Sillas de Cambio. Para la colocación de las Pinzas se tomarán en cuenta sólo estas marcas.

La primera maniobra a ejecutar, luego de colocar el carrete en la Tornamesa, será la de liberar un extremo del Cable y jalarlo hasta la altura de las Torres. Este jalado

se podrá ejecutar con un tior anclado en un dado delante del Estribo. ---

Cuando el extremo liberado se encuentre unos metros delante de las Torres, se le colocará sobre la primera "media luna" que, para el efecto, ya deberá estar debidamente ensamblado (con su "carro" y péndola). Una vez apoyado sobre la media luna se le izará, con el tior ubicado en la péndola, hasta el nivel en que se encuentre a segurado la altura libre de paso (ver Cap. II, parte 2.2) jalándose enseguida de los cables de tracción con una velocidad prudencial.

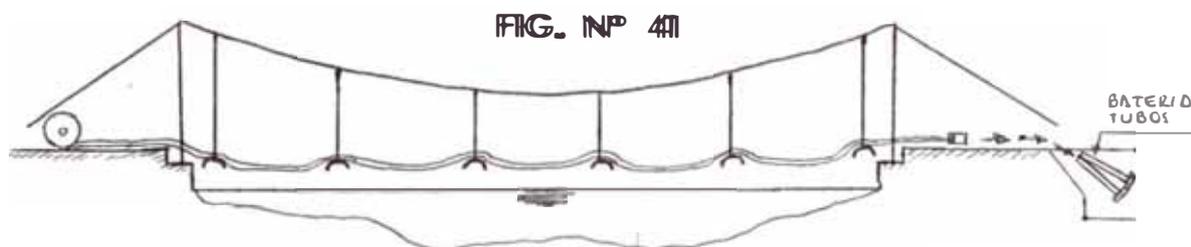
A veces, por una maniobra brusca, se corre el riesgo de que la "media luna" pierda el equilibrio y se vuelque cayéndose el Cable al río. Para evitar el correr este riesgo se atará el Cable a la "media luna" con una sogá de unos dos metros de largo. Otro cuidado que hay que tener durante el Lanzamiento es el de evitar que el Cable roce con superficies duras o metálicas puesto que esto implicaría el que se destruya la capa galvánica con que está protegido, originándose la corrosión en las hebras, reduciéndose de esta manera el tiempo de vida útil del Cable.

Como en el Lanzamiento de los Cables se utilizarán dos cables de tracción, el jalado de ellos podrá hacerse desde un mismo equipo. Sin embargo, para poder controlar el desfase de un cable respecto al otro, se recomienda ejecutar el jalado con dos equipos distintos; aunque, por otro lado, en éste último caso habrá que tener un mayor cuidado en tratar de ejecutarlo en forma sincronizada. Opcionalmente, se podrá interponer en cada cable de tracción un tior y jalarlos con un mismo equipo, de manera que si uno de los cables se desfasa, se le podrá jalar en forma independiente hasta igualarlos.

En el Análisis Estático de Montaje se han considerado cinco tramos de 30 m. cada uno por lo que luego de correr los primeros tramos se colocará la siguiente "media luna". Para evitar pérdidas innecesarias de tiempo, los operarios correspondientes ten-

drán listas las llaves y accesorios del "carro" y péndola para ensamblarlos inmediatamente después de haber logrado el corrimiento deseado. Así en forma sucesiva - se irán colocando las siguientes "media lunas" hasta lograr que el extremo libre del Cable llegue hasta la Cámara de Anclaje de la otra márgen. Lógicamente, desde - que se llega con el terminal del Cable hasta las Torres, se irán desmontando las "me-
dias lunas" que vayan quedando libres.

Cuando se ha logrado que el Cable esté extendido completamente (Fig. N° 41), - se empezará la operación de anclaje, jalando lentamente el socket e introduciéndolo en el Tubo respectivo de la Bateria ; enseguida, cuando se le haya introducido totalmente, se colocarán inmediatamente los semianillos de tope con un espesor provisional (de los semianillos) que podrá variar conforme se realice el tensado del Cable. De esta manera, el Cable quedará anclado provisionalmente en la Cámara. En la otra márgen se realizarán las mismas operaciones exactamente.



Luego de anclar los extremos del Cable en las respectivas Cámaras, se procederá a ubicar en el Cable la marca indicativa del apoyo sobre la Silla de Cambio y luego se le fijará en la Viga de Izamiento (Fig. N° 42) al que se izará por la polea colocado sobre la viga de arriostre de la plataforma de trabajo (Fig. N° 43). Se debe - tener sumo cuidado en lograr la coincidencia de las marcas de apoyo en el Cable y el correspondiente de la Silla de Cambio.

Para los demás Cables se seguirá la misma mecánica de trabajo, repitiéndose sucesivamente todo lo anteriormente descrito.

Por el proceso constructivo siempre existirá la posibilidad de que se hayan cometido pequeños errores de medición de distancias. Esto se reflejará en que cuando se hayan lanzado un grupo de Cables, se podrá observar que ellos no guardan paralelismo entre sí lo cual dificultará grandemente la colocación de las Pinzas de Péndolas debido a que en ellas se encuentran perfectamente definidas las huellas de los Cables.

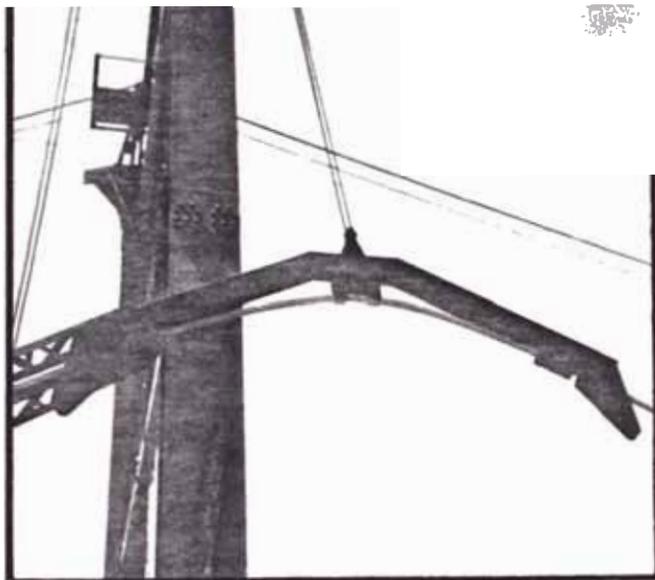
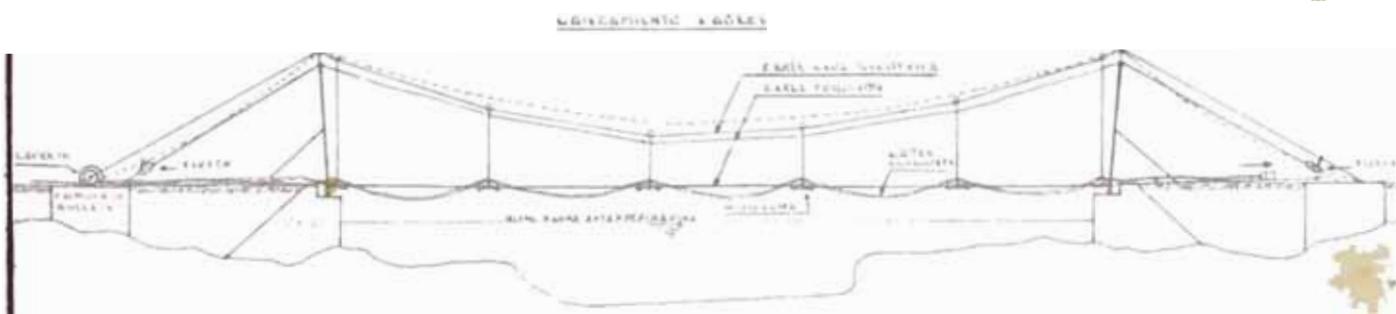


FIG. Nº 42

Este error se subsanará en la práctica, colocando o extrayendo los semianillos de tope necesarios en la medida en que se quiera disminuir o aumentar la flecha del Cable(s) desfasado(s), hasta que se logre el paralelismo deseado. Esta es la operación denominada "Tensado de Cables". Para empezar el tanteo del espesor del semianillo a colocar o extraer se recurrirán a las expresiones semi-empíricas dadas en el Apéndice.

presiones semi-empíricas dadas en el Apéndice.



LANZAMIENTO DE CABLES

6.6 CORTE DE CABLES .-

El Corte de Cables es un trabajo adicional que se ejecuta cuando, luego de concebido el Proyecto, surge la necesidad de acortar la longitud de los fiadores. Este acortamiento se realiza, fundamentalmente, por razones económicas (evitar un corte excesivo en las zonas de cimentación de las Cámaras de Anclaje) y puede hacerse en una o en las dos márgenes (Fig. N° 43).



FIG. N° 43

En el Puente "Herrería" específicamente, no hubo necesidad de realizar Corte de Cable y lo que en este Capítulo se va a describir está basado en lo ejecutado en el Puente "Pizana" y Puente "Huallabamba", sirviendo como referencia para los futuros trabajos de esta naturaleza que vayan a ejecutarse. Como información adicional vale la pena mencionar que en el Puente "Pizana" se acortaron los fiadores de la margen izquierda en aproximadamente 14.4 m. y en el Puente "Huallabamba" los fiadores de las dos márgenes en aproximadamente 8.00 m..

La técnica del Corte de Cables es sencilla, no obstante, requiere de minuciosidad, paciencia y seguridad en las maniobras a ejecutar. A grandes rasgos esta técnica comprende de los siguientes pasos :

- 1°) Replanteo de la Longitud de Corte sobre el Cable.
- 2°) Extracción o corrimiento del socket.
- 3°) Corte.
- 4°) Vaciado de zinc en el socket.

La longitud de servicio del Cable es la que éste adquiere bajo los esfuerzos originados por la acción de las sobrecargas más el peso muerto y, bajo una temperatura de servicio. El Corte, obviamente, se ejecutará antes de colocarse el Cable sobre la Silla de Cambio sobre las Torres; inclusive, si es posible, aún antes de empezar el Lanzamiento. En estas condiciones, por la diferencia de temperaturas y por la diferencia de tensiones, la longitud será diferente a la de servicio. La Longitud de Corte se hallará por proporción entre las condiciones durante el Corte y en servicio. Las tensiones a las que han estado sometidos los fiadores en el Puente "Herrerfa" han sido de 145 Tn., bajo una temperatura promedio de 20° C.

En la práctica, el replanteo de la Longitud de Corte sobre el Cable se realizará en un tramo ligeramente mayor que ella. Para esto, se extenderá el tramo en medición lo más que se pueda, definiéndose sobre ella longitudes de arco a las cuales se les medirá más de una vez, tomándose como longitud de cada una de ellas los promedios de los obtenidos (Fig. Nº 44). Con estos promedios se hallará la longitud aproximada de corte sobre cuya base se marcará nítidamente la Longitud de Corte.

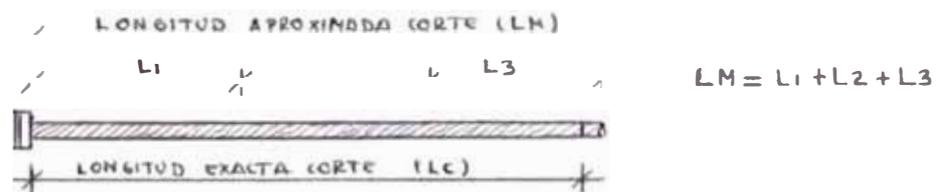
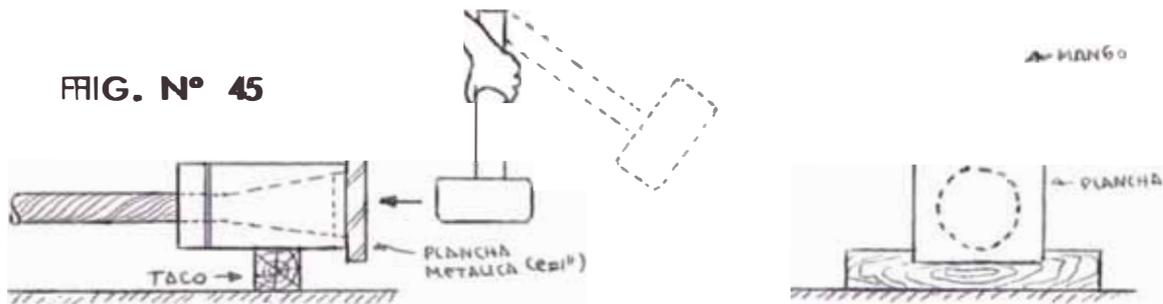


FIG. Nº 44

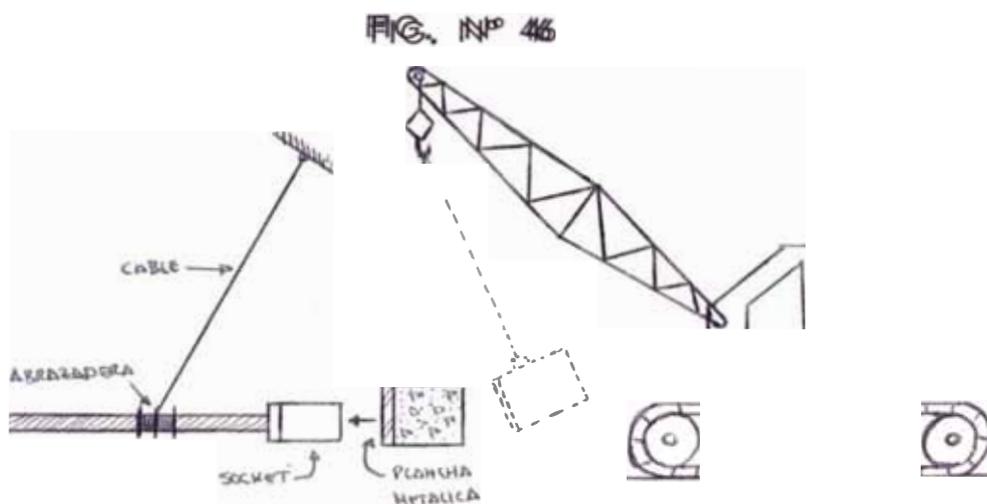
Una vez marcada en el Cable la Longitud de Corte, se procederá al corrimiento o extracción del socket. Esta operación puede ejecutarse de una de las siguientes maneras :

- a) Por impacto leve,
- b) Por impacto fuerte, y
- c) Por calentamiento del socket.

El impacto leve se aplicará en sockets de pequeño diámetro (menores de 160mm) con las llamadas "combas" de 2 - 3 Kg. de peso. (Fig. N° 45).



El impacto fuerte se aplicará a sockets de diámetros mayores de 200 mm., y se hace utilizando bloques de peso considerable. En obra, se pueden construir bloques de concreto protegido con una plancha metálica o en su defecto improvisar algún elemento de montaje que sea macizo y de gran inercia, no debiendo tener el temor de dañarlo (al socket) puesto que éste está fabricado con un acero de alta resistencia ($\sigma_{ruptura} = 5,200 \text{ Kg/cm}^2$) (Fig. N° 46).



Cuando el socket se resiste a ser extraído por impacto, no queda más que hacerlo por corte ubicando una línea de corte a más o menos 20 mm. del extremo empotrado, teniendo el respectivo cuidado de aplicar los amarres de seguridad (- Fig. N° 47).



Extraído el socket, se le coloca en un dispositivo tal como se muestra en la Fig. N° 48, en el que, a medida que se va calentando el socket, también se va pe-

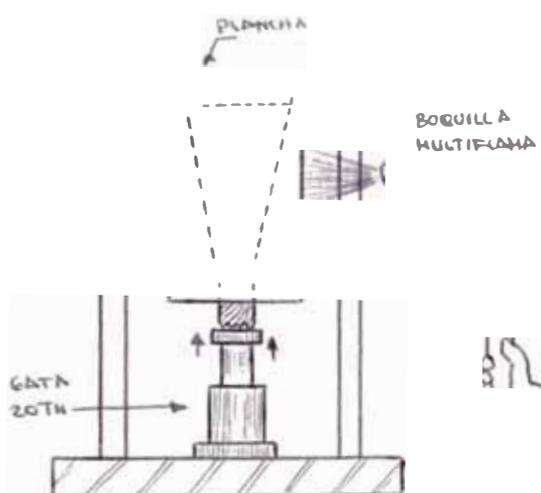


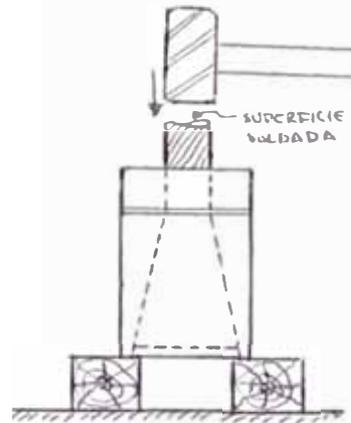
FIG. N° 48

rando la gata. La temperatura de calentamiento es, aproximadamente, la de fusión del Zn (350 - 400° C), no siendo necesario que llegue a ella, puesto que solo se requiere la eliminación de la fricción existente entre las asperezas que se forman en el interior del socket, durante su proceso de fabricación, y el bloque de Zn.

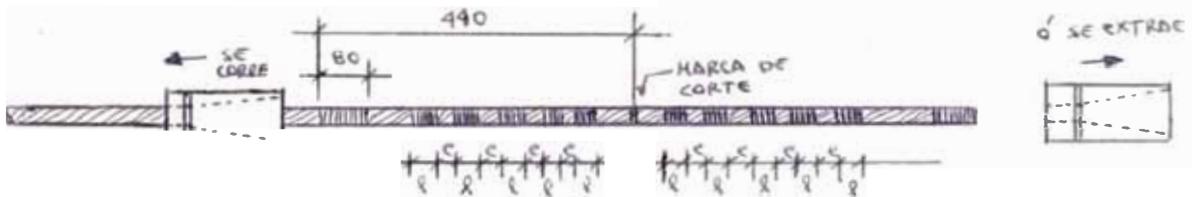
Un procedimiento opcional al descrito sería el que, luego de cortar el Cable a 20 mm. -

de la base superior del socket se le coloque en la posición indicada en la Fig. N° 49, y se apliquen golpes leves o fuertes (según se requiera) con la "comba" hasta lograr separar, del socket, el bloque de zinc.

FIG. Nº 499



Logrado correr o extraer el socket, se procede enseguida a habilitar el Cable para efectuar el Corte en sí. En primer término, colocaremos los amarres y dispositivos de seguridad de la siguiente manera :



$e \approx 15 \text{ mm.}$ (6 vueltas de alambre $\varnothing 2.5 \text{ mm.}$)

$l \approx 35 \text{ mm.}$

Todos los amarres son efectuados con alambre $\varnothing = 2.5 \text{ mm}$ y aplicando, en cada vuelta, manualmente, la máxima tensión admisible, de manera que luego del corte no se produzca el destrenzado violento del extremo cortado.

Para efectuar el Corte hay que habilitar el tramo afectado en un lugar adecuado que asegure su correcta y cómoda ejecución. Particularmente hay que incidir en la necesidad de efectuar el Corte lo más exactamente posible, por lo que se exige que el operario que va a ejecutarlo sea hábil, sobre todo, tomando en cuen

ta el espesor de la hoja de sierra a utilizar.

En el Puente "Pizana", se habilitó sobre la Tomamesa un dispositivo de corte, desmontable, que consistía de un eje horizontal que soportaba el esmeril circular accionada neumáticamente (Fig. N° 50).

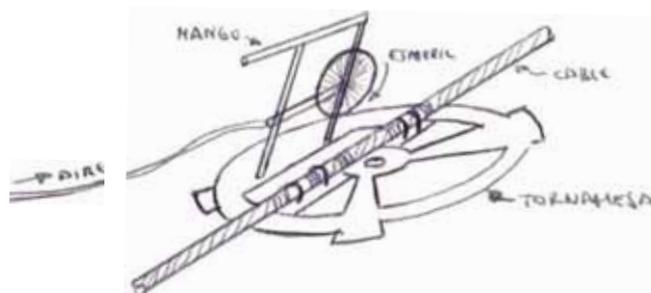


FIG. Nº 50

Para efectuar el Corte, se recomienda que el operador se ubique a un costado del equipo de corte ya que cualquier maniobra imprecisa puede quebrar el esmeril, en cuyo caso los fragmentos, por inercia, serán lanzados o hacia el frente, o hacia atrás de éste. Sin embargo, por ser esta posición un tanto incómoda para el operador, no le permitirá concentrarse perfectamente en su trabajo. Por esto se recomienda que al diseñar el esmeril o aparato de corte se tome en cuenta una capucha de protección para el esmeril.

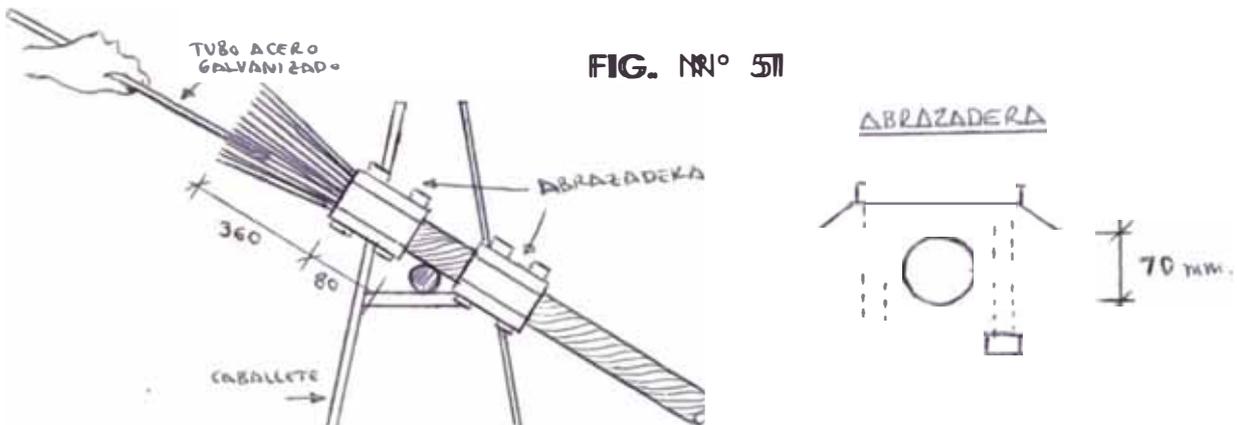
La etapa de Corte en sí, es la que requiere de más paciencia que las otras ya que dependiendo del sistema que se utilice, puede el operador concentrado hasta 8 - horas continuadas.

El Corte se realiza presionando, primero, levemente el mango con dirección al Cable; una vez logrado el camino de desgaste, se presiona cada vez más (parando o reduciendo la presión cuando se sienta vibrar el esmeril) hasta lograr el corte total.

Como alternativa del sistema, se encuentra el hacerlo utilizando las sierras metá-

licas corrientes que, inclusive, resulta más económico por el bajo costo del material aunque con él se demore el mismo tiempo para el cortado.

Terminado de hacer el Corte, se colocan las abrazaderas necesarias que permitan colocarlo en la posición de destrenzado. (Fig. N° 51).



Tal como se observa en la Fig. N° 51, el destrenzado consiste nada más que en introducir un tubo de acero galvanizado, de aproximadamente 50 cm. de largo y 5.5 - 6.0 mm. de diámetro interior, en el manoio de alambres trenzados escoger uno de ellos, enderezarlo y ubicarlo en su respectiva posición de haz concéntrico. En la práctica, se observa queda parte más débil del tubo es el extremo por lo que se recomienda reforzar ésta, además de darle una forma cónica.

El Lavado, es la operación previa al vaceado y tiene por finalidad, eliminar de los alambres las sustancias grasas que en forma accidental han podido cubrirlos total o parcialmente. Estas sustancias grasas, en exceso, no permitirían la perfecta adherencia entre el zinc recién vaceado y los alambres del Cable, pudiéndose producir por esta causa, el colapso de él. Como se puede comprobar no hay operación menos importante, todas lo son en igual magnitud.

Cada firma fabricante de Cables recomienda determinado procedimiento de lavado; así tenemos que la firma alemana ROEBLING, recomienda que luego del destrenzado se limpie cada alambre con querosene y se seque bien y luego se remoje durante cinco minutos en una solución al 50% de ácido muriático y agua, volviéndose a secar nuevamente para, finalmente, volverlo a remojar en la solución anterior, pero esta vez al 75%. La firma austriaca St. EGYDYER, recomienda remojar el haz de torones en una solución al 100% de Perclorotileno, durante el tiempo que se crea necesario; este tiempo puede variar entre unos 30 minutos, hasta varias horas dependiendo esto del grado de suciedad que contenga. El Perclorotileno es un disolvente altamente efectivo contra todo tipo de grasas.

El procedimiento consiste en colocar el extremo destrenzado, verticalmente hacia abajo para luego introducirlo en un recipiente suficientemente amplio que contenga al disolvente. Para hacer más efectivo el lavado, se le adapta al recipiente un sistema de inyección de aire comprimido que haga ebullición del disolvente lográndose de esta manera que el disolvente penetre en casi todos los espacios libres dentro del haz de alambres (Fig. N° 52).

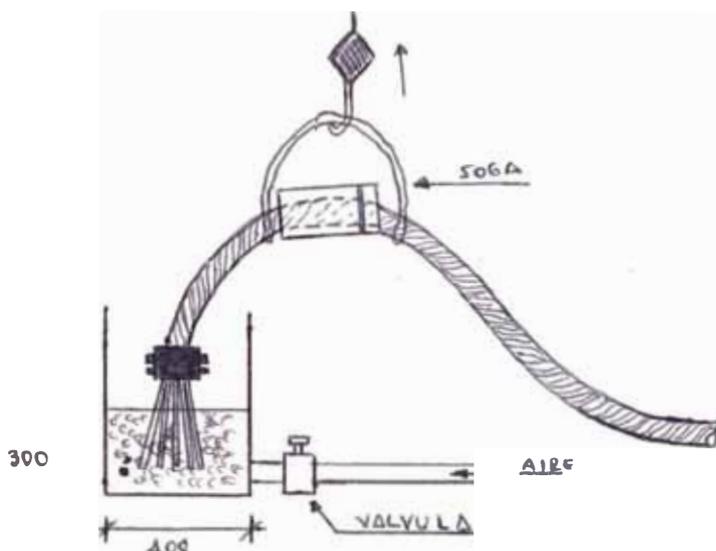
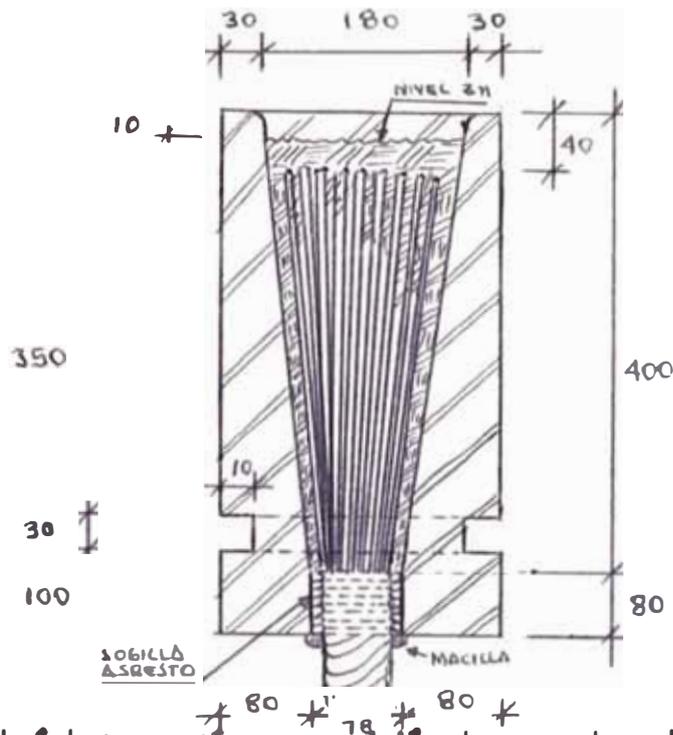


FIG. Nº 52

Ahora, antes de ubicar el extremo lavado en su posición de vaciado tenemos que acomodar el sócket en su posición definitiva en el Cable. Tal como se observa en la Fig. Nº 51, el haz de alambres tiene 360 mm. de longitud más un tramo de 80 mm. de amarre de seguridad con lo que tendríamos un total de 440 mm., que es toda la longitud de Cable que va dentro del sócket.

La marca de los 440 mm. viene desde la etapa del Corte, por lo tanto, no se hace más que correr el sócket hasta que su base inferior coincida con esta marca; pero antes, tenemos que aplicar un mínimo de 4 vueltas de sogilla de asbesto en el centro del tramo de 80 mm., que permiten a la vez, el centrado perfecto del Cable y la no filtración del Zn fundido en el momento del vaciado, evitándose de esta manera su pérdida. Luego, se obstruye con un poco de macilla la ranura circular que queda entre el Cable y la base inferior del sócket, y sobre ésta, dos vueltas más de sogilla de asbesto.

La habilitación para el vaciado consiste en, además de la operación efectuada exteriormente, fijar verticalmente el nuevo terminal con el sócket nivelado en todos los sentidos, tal como se puede observar en la Fig. Nº 53. En todas las maniobras que se ejecuten se debe evitar la formación de los dobleces que puedan causar el deshebrado del Cable, debiéndose asumir como mínimo radio de curvatura $R = 1.20 \text{ m.}$



Cuando el socket ya está en su posición de vaciado se le calienta con un equipo oxi-acetileno, recomendándose el uso de la boquilla multiflame para asegurar el calentamiento uniforme.

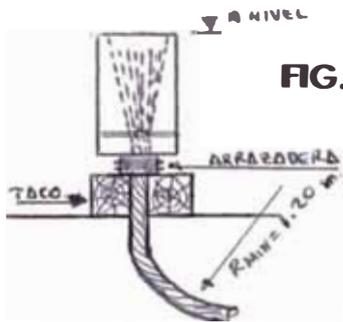


FIG. Nº 53

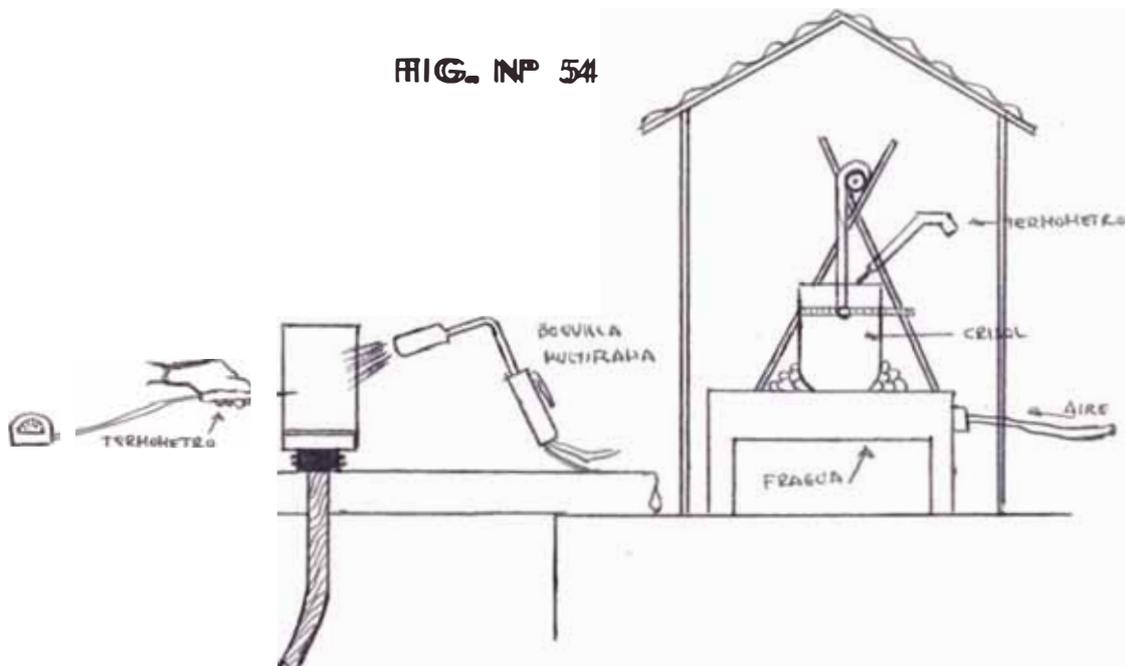
Este calentamiento se hace hasta que aproximadamente, el socket adquiera una temperatura de 350°C en todo su contorno, de modo que al efectuar el vaciado respectivo no se forme dentro del socket

ninguna "cangrejera" por diferencia excesiva de temperaturas, provocándose el enfriamiento parcial y violento del zinc vaciado.

Simultáneamente a esta operación, se efectúa el fundido del zinc en una fragua alimentada con carbón de leña, avivándose el fuego mediante un dispositivo de inyección de aire comprimido. La temperatura de fusión del zinc es de aproximadamente 430°C, debiéndose verificar esta temperatura (con un termómetro de aguja) a diferentes profundidades del recipiente que contiene al zinc en fundición (crisol). Para evitar toda posibilidad de enfriamiento en el transporte, la fragua deberá estar ubicada lo más cerca posible del lugar de vaci-

do, y mejor aún, en la misma zona del vaciado.

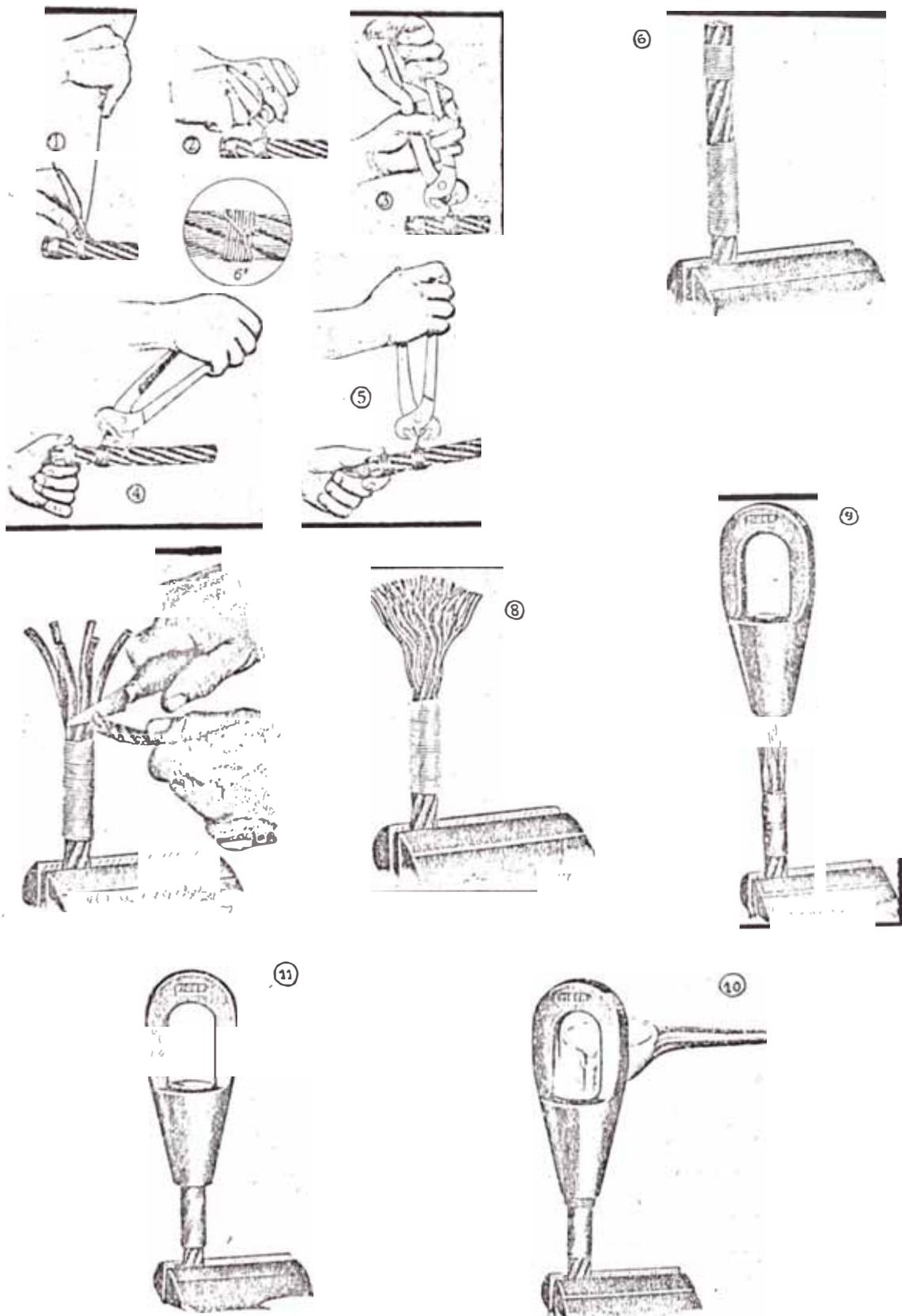
Cuando el zinc ya ha llegado a su punto de fusión, se le transporta con sumo cuidado hasta el lugar de vaciado y se efectúa esto aplicando simultáneamente ligeros golpes de "comba" a los costados con el objeto de que el zinc fundido ocupe todo el volumen posible. Luego de efectuado esto, se le deja enfriar por espacio de, aproximadamente, 4 horas como mínimo, y recién después se podrá proceder a colocar el nuevo terminal en la Batería de Tubos. (Fig. N° 54)



En la Fig. N° 55 puede apreciarse toda la secuencia del corte de Cable y vaciado de zinc en el socket de un Cable con alma de cáñamo.

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| Figs. 1,2,3,4 y 5 | : COLOCACION AMARRES DE SEGURIDAD |
| Fig. 6 | : CABLE YA CORTADO |
| Fig. 7 | : CORTE DEL ALMA |
| Fig. 8 | : DESTRENZADO |
| Fig. 9 | : COLOCACION DEL SOCKET |
| Fig. 10 | : VACEADO DE ZINC |
| Fig. 11 | : ENFRIAMIENTO |

FIG. Nº 55



CAPITULO VII

..*.*.*.*.*.*.*.*

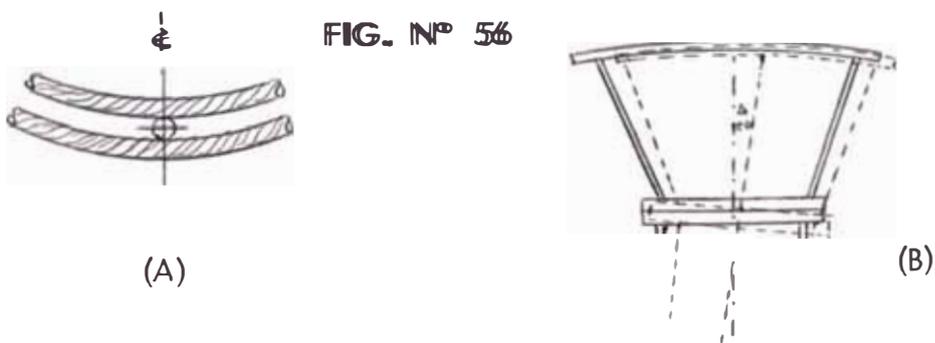
COLOCACION DE LAS PENDOLAS

.

En el Capítulo anterior hemos visto que el Tensado de los Cables tiene por objeto regular las flechas, haciendo que estos sean paralelos entre sí. También hemos visto que esta regulación se efectúa colocando o extrayendo el espesor de semianillo de tope requerido. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta operación significa también modificar el desplome de las Torres y que el paralelismo de los Cables se puede lograr a costa de la desigualdad en el desplome de las Torres.

En la práctica, el paralelismo se logrará sin modificar el desplome especificado (correspondiente a la flecha de montaje) luego de efectuar una serie de tanteos, para lo que se recomienda tomar como base las expresiones semi-empíricas dadas en el Apéndice.

Como es lógico, el paralelismo de los Cables se controlará con un nivel de ingeniero y visando con la horizontal el punto medio del grupo de cables respectivo, en el centro de luz (Fig. N° 56-A). El desplome de las Torres se efectuará marcando en la base de la Silla de Cambio el punto correspondiente al eje vertical de la Torre y, midiendo linealmente el desplazamiento que sufra este punto (Fig. N° 56-B).



7.1 COLOCACION DE LAS PINZAS .-

La colocación de las Pinzas se efectuará con la ayuda de una "canastilla" diseñada para soportar, fuera de su peso propio, el peso de 2 operarios (más el de un Ing° Inspector en caso de efectuar verificaciones) y de, por lo menos, 4 juegos completos de Pinzas ó el de 2 juegos de Pinzas con sus respectivas Péndolas (Fig. N° 57).

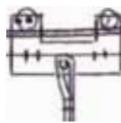
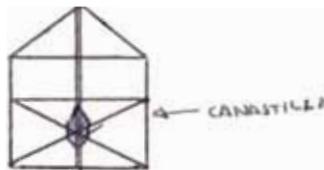


FIG. N° 57



En general, el trabajo de colocar Pinzas y Péndolas se puede hacer de dos maneras, primero colocando la totalidad de Pinzas y luego las Péndolas ó colocando Pinzas y Péndolas a la vez. Por la forma más práctica nosotros vamos a describir el primer método, esto es, primero se colocarán todas las Pinzas, enseguida todas las Péndolas.

Asímismo, la colocación de las Pinzas podrá ejecutarse simultáneamente tanto en los Cables aguas arriba así como en los Cables aguas abajo, obviamente con tanto con dos equipos de tracción, siguiendo el siguiente procedimiento:

luego de abastecer la "canastilla" con las Pinzas necesarias se empezará colocándolos desde la Pinza ubicada en la parte más alta (extremo), para que la marcha hacia la siguiente más baja se haga con la fuerza que genera el peso propio (Fig. N° 58). Cuando se hayan colocado todas las Pinzas de que se disponía, se jalará

la "canastilla" hasta la otra márgen donde se continuará con el abastecimiento de las mismas para repetir en dicha márgen las mismas ya descritas anteriormente y así sucesivamente, hasta colocarlas todas.

Lo dicho líneas arriba significa que la colocación de las Pinzas se hará desde los extremos hacia el centro, tal como se puede apreciar en la Fig. N° 59, en

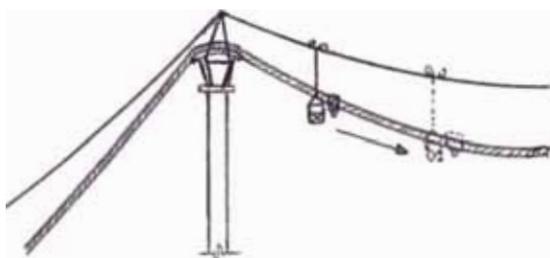


FIG. N° 58

el que se muestra un orden aproximado de trabajo.

Si se quiere aproximar en una pequeña distancia la canastilla hacia la ubicación de la Pinza respectiva, esto se podrá ejecutar con la ayuda de los tirfors colocados con ese objeto, entre los cables de

tracción de cada "canastilla".

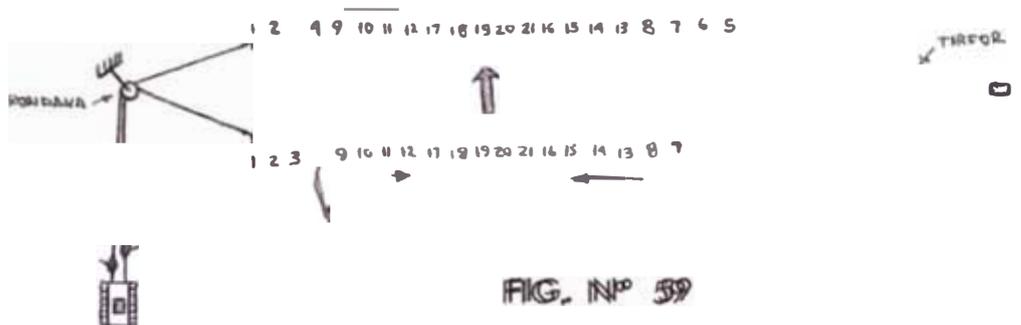


FIG. N° 59

Este método es bastante práctico puesto que permite la utilización de únicamente dos equipos de tracción llámense estos tractores, cargadores frontales, volquetes, etc.

Los elementos componentes de las Pinzas se colocarán en forma ordenada, esto es, primero las Piezas centrales, luego los laterales. El ajuste de los pernos deberá hacerse con únicamente el 70% del torque especificado, debido a que con el peso de la Viga de Rigidez y la Losa los pernos entran en tensión producién

dose el corrimiento de los hilos del mismo si estos están ajustados al 100%. En cambio, si se sigue la recomendación dada siempre quedará un margen en longitud de hilo disponible para el ajuste final.

El abastecimiento de las "canastillas" se hará desde tierra, con la ayuda de sogillas acopladas a las poleas laterales del "carro" o con un tirfor adicional, si se tratan de pesos considerables.

* . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . * . *

7.2 COLOCACION DE PENDOLAS .-

Las Péndolas se colocarán siguiendo el orden en que se colocaron las Pinzas; con la única diferencia que esta vez el abastecimiento será echo con Pines y Péndolas. No hay que olvidar de llevar consigo una "comba" de 2 - 3 Kg, para introducir, por impacto, los Pines a las Pinzas respectivas. Luego de insertarse los Pines se colocarán los pasadores tratando de asegurarlos de la mejor manera posible, pudiendo utilizarse, inclusive, puntos de soldadura. Esta recomendación se hace debido a que se ha tenido la amarga experiencia de comprobar que personas irresponsables extraen estos pasadores, generando con esto el riesgo de la salida de los Pines y, por esto, el probable colapso del tramo.

Al igual que en el caso anterior, el aprovisionamiento se efectuará desde tierra izándose las Péndolas con los tirfors acoplados al "carro".

Cuando se hayan colocado la totalidad de las Péndolas, se guardarán las "canastillas" para continuar con el Lanzamiento de la Viga de Rigidez. No obstante, se recomienda no trasladarlos una distancia muy grande puesto que nuevamente se tendrán que utilizar para efectuar las verificaciones correspondientes de los torques, luego del vaceado de la Losa.

COLOCACION DE LAS PENDOLAS



8.1 ENSAMBLAJE DE LOS "MODULOS" .-

El Ensamblaje consiste en colocar los elementos componentes del tramo de Viga, en las posiciones indicadas en los Planos de Montaje, quedando implícito que NINGUNA pieza faltante podrá ser remplazado por otra de inferior calidad.

Tal como ya se ha mencionado, el Ensamblaje se realiza en base a una secuencia lógica de colocación de elementos, secuencia que además de permitir la conformación correcta de la Estructura, deberá permitir que ésta se pueda realizar en el menor tiempo posible y con el máximo de seguridad. Queda pues en claro que, en definitiva, se ejecutará en función del equipo de izamiento disponible y, de la mejor o menor comodidad que se encuentre para hacerlo de determinada manera.

También se ha echo mención a que, por lo general, la colocación de las piezas grandes empieza con los cordones inferiores, luego se colocan las vigas transversales, enseguida las montantes y diagonales, luego los cordones superiores y, finalmente, los arriostres de piso.

En cuanto a las piezas medianas y pequeñas, en cada nudo, se colocarán en primer término las piezas de posición vertical y luego las de posición horizontal, siempre dando prioridad a las piezas básicas tales como las que van a conformar específicamente la unión. Las piezas complementarias se podrán colocar aún después.

Según se podrá observar en los Planos de la Estructura Metálica, elementos como los cordones, diagonales y arriostres, están diseñados para trabajar en pares, es decir, dos canales ó dos ángulos unidos con planchas. Esta situación nos obliga a realizar ensamblajes parciales de estos elementos, de manera que, cuando se rea-

lice propiamente el Ensamblaje, se colocarán los cordones, diagonales y arriostres de piso, ya conformados.

Durante el Ensamblaje, inicialmente, bastará con colocar las piezas con un ajuste previo de los pernos (del orden del ajuste manual) puesto que después de concluido se procederá a aplicar el ajuste final con llaves de boca ó llaves de impacto, de acuerdo a la siguiente Tabla.

TABLA N° 07

TIPO DE PERNO		mm)	MOMENTO TORSOR (Kg - m)
M	16	16	33
M	20	20	65
M	22	22	88
M	24	24	110

Cuando se utilicen llaves de boca se tendrá en cuenta que, las llaves de 1 5/8" sirven para ajustar los pernos M 24 y las de 1 1/4" para los de tipo M 20.

Durante la colocación de los pernos debe tenerse el cuidado de colocar las cabezas de los pernos adyacentes de manera que permitan colocar los dados (o las llaves) correspondientes y dar el ajuste definitivo sin mayores inconvenientes.

Como referencia del orden de esfuerzo requerido para aplicar el torque especificado, se puede hacer mención que un solo operario tiene la capacidad de aplicar un ajuste máximo de hasta 70 Kg-m, correspondiente, aproximadamente, a los pernos tipo M 20; entendiéndose que para el ajuste de los pernos de mayor diámetro se requerirán de dos operarios ó de uno solo con

un brazo de palanca mayor.

El control del ajuste de los pernos se realiza con el TORQUIMETRO, que no es otra cosa que una llave de corona especialmente provista de un mecanismo de relojería en el que se puede leer el torque aplicado. En plaza también se puede encontrar el Torquímetro de Golpe, en el cual el ajuste requerido se verifica por un ruido característico que éste emite.

En general, las uniones se han diseñado para trabajar a la fricción por lo que las Especificaciones indican que las superficies en contacto no deben pintarse, y menos aún, las superficies empernadas.

Por comodidad en el trabajo, el pintado del "módulo" se recomienda hacerse en tierra, es decir, antes del Lanzamiento. Para esto, inmediatamente después de darse el ajuste final a todos los pernos, se procederá a limpiar previamente toda la superficie con thinner u otro disolvente similar, para aplicar luego la primera capa con anticorrosivo y finalmente la segunda capa con pintura esmalte.

Cuando se ejecute el pintado de las zonas empernadas se deberá tomar la precaución de cubrir totalmente las ranuras formadas entre las cabezas de los pernos (o tuercas) y las superficies a empalmar, evitándose de esta manera que el proceso de oxidación que inicialmente se pueda formar en el exterior, progrese hacia el interior de la unión.

En la Fig. N° 61 se puede apreciar a la cuadrilla de ensamblaje efectuando la unión de las vigas transversales con el cordón inferior.

En la Fig. N° 62 se aprecia el tramo de Viga de Rigidez ya ensamblado, delante del Estribo.



FIG. N° 61

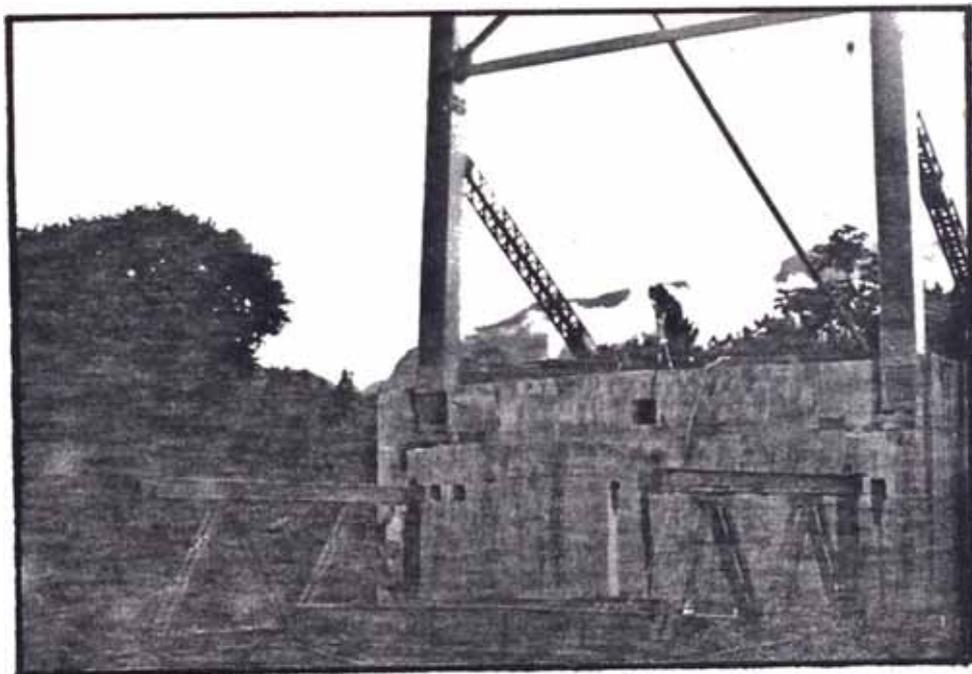


FIG. N° 62

8.2 LANZAMIENTO .-

El Lanzamiento del "módulo" es una operación que consiste en trasladarlo desde su posición de Ensamblaje hasta el de su posición definitiva.

Para facilitar el Lanzamiento, el Ensamblaje deberá hacerse en un nivel prudencial que además de ahorrarnos esfuerzo en lo que se refiere a las operaciones de izamiento, también nos prevengan de las Avenidas Extraordinarias. En la Fig. N°63 se pueden observar las plataformas de Lanzamiento en ambas márgenes, las mismas que tendrán pilares de concreto conformando un sistema de Falso Puente.

FIG. N° 63

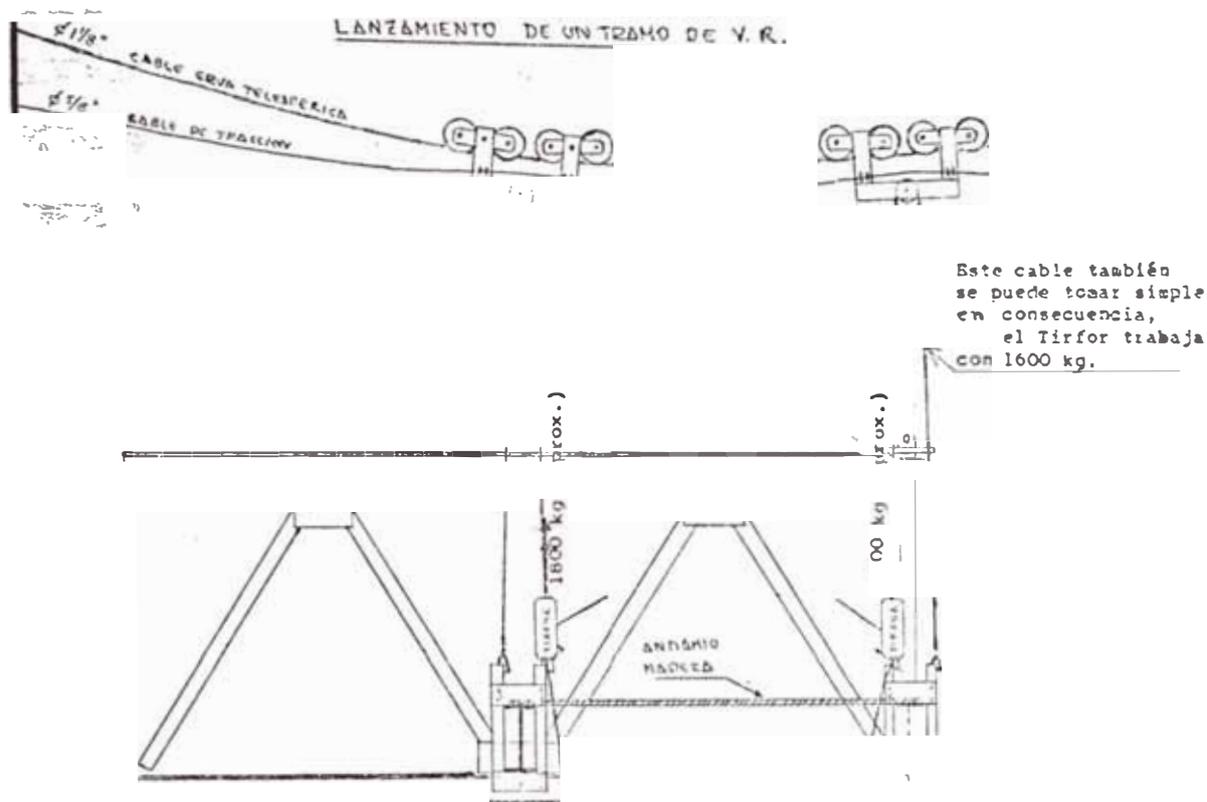


La amplitud de estas plataformas será tal que permita en lo posible, el Ensamblaje de más de un tramo de Viga, de manera que cuando se esté terminando de Lanzar un "módulo", se pueda continuar inmediatamente con el Lanzamiento del siguiente. Si el Ensamblaje se realiza en tierra firme, se deberá de conservar el mismo nivel recomendable.

Una vez Ensamblado totalmente el "módulo" (incluido la pintura), se procederá a la habilitación de los "carros", operación que consiste en desplazarlos hasta ubicarlos sobre el "módulo" a Lanzar, fijar los extremos de las péndolas respecti -

vas en los nudos y cordones correspondientes. En la Fig. N° 64 se puede apreciar el conjunto de los "carros" ya habilitados sobre un "módulo" y listo para efectuar el izamiento hasta el nivel de Lanzamiento.

FIG. N° 64



Asimismo, en la Fig. N° 65 se aprecia un tramo ya suspendido, así como a los operarios ubicados sobre él.

FIG. N° 65



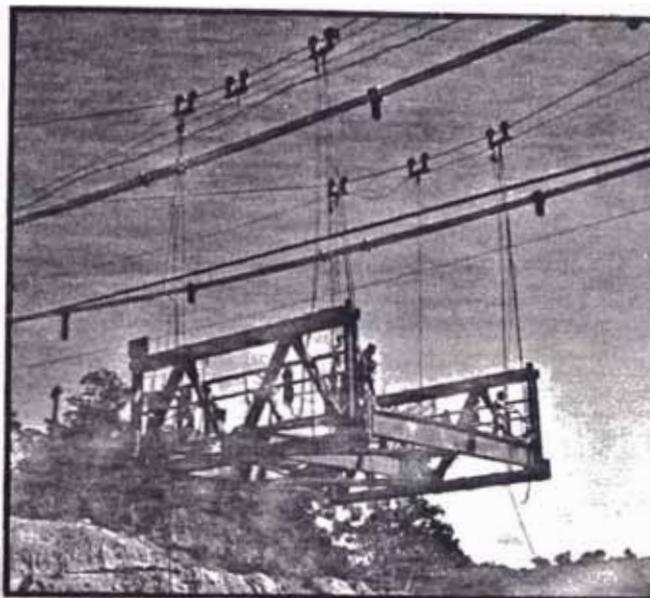
Para efectuar un trabajo de izamiento continuado se recomienda disponer en cada tirfor 2 operarios, de esta manera mientras uno de los operarios está accionando el tirfor un determinado tiempo, el otro está descansando para hacer la misma operación cuando el primero haya concluido, y así sucesivamente hasta llegar al nivel deseado para efectuar el Lanzamiento.

Cuando se ha llegado al nivel de Lanzamiento, el equipo de tracción de la márgen opuesta empezará a jalar lentamente el "módulo", en la misma medida en que el equipo ubicado en la márgen de lanzamiento vaya soltando cable o avanzando en la dirección del movimiento. Previendo que el esfuerzo aplicado en las péndolas de la grúa teleférica por los operarios ubicados en los tirfors no vaya a ser uniforme de manera que el módulo marche en forma desnivelada, se ubicará a otro operario en el centro de la viga transversal más cercana al extremo a empalmar de modo que vaya controlando dicho desnivelamiento y dé las indicaciones respectivas a los operarios a fin de subsanar esta deficiencia.

Esta operación se efectúa para que el "módulo" marche horizontalmente y el enganche en las Péndolas se pueda efectuar fácilmente, así como que el empalme de los cuatro nudos libres pueda hacerse con el "módulo" ya colocado, sin ninguna dificultad, y en el menor tiempo posible. No hay que olvidar de llevar en el "módulo", el equipo de comunicación con tierra firme a fin de poder coordinar perfectamente el movimiento del "módulo" lanzado.

En la Fig. N° 66 se puede observar un "módulo" en lanzamiento y sobre él a los operarios accionando los tirfors, así como una nueva disposición de los "carros" como alternativa del ya mostrado en la Fig. N° 64. Esta nueva disposición se da cuando no se dispone de longitudes de péndola adecuada como para efectuar el izamiento del tramo de Viga lanzado sin efectuar ningún cambio intermedio.

FIG. Nº 66



Como se podrá apreciar, además de ubicarse los tirfors necesarios, se están ubicando teclas tipo RATCHET con los que se van a efectivizar el izamiento hasta llegar al punto A (Fig. Nº 67) en cuyo instante se templarán las pendedas con los tirfors contiguos y se colocarán enseguida el gancho del tecla correspondiente en el estrobo B y

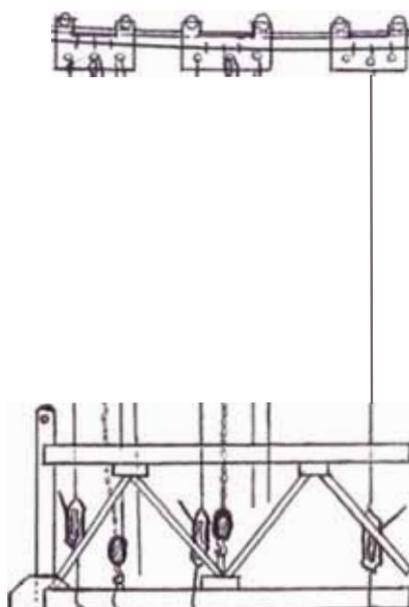


FIG. Nº 67

luego, soltando los tirfors, se continúa el izamiento con los teclas hasta llegar al nivel deseado. Este izamiento se puede ejecutar totalmente en la margen de Ensamblaje δ durante el movimiento horizontal. Se recomienda lo primero puesto que aquí se podrían recuperar las herramientas que accidentalmente se pudieran caer. También es re-

comendable porque en caso de no haberse efectuado el abastecimiento de los pernos y demás piezas menores en forma oportuna, se podrá efectuar mientras el "módulo" se está izando. Asimismo por la facilidad que se tendrá para proporcionar bebidas frescas a los operarios de izamiento debido a la transpiración abundante que se tiene por el esfuerzo desplegado al operar los tirfors o tecles y que puede causar el desvanecimiento de ellos por deshidratación.

FIG. Nº 68



En la Fig. Nº 68 se aprecia el primer "módulo" lanzado.

* . * . * . * . * . * . * . * . *

8.3 EMPALME .-

El Empalme es la unión de los nudos libres con sus correspondientes del tramo anterior ya colocado.

Esta operación deberá hacerse lo más cuidadosamente posible, puesto que lo contrario puede significar la pérdida de dos o tres días. Normalmente, en los primeros tramos se tendrá una demora en colocarlos en su posición correcta, mayor del promedio; sin embargo, a medida que se vayan empalmando los demás tramos se irá adquiriendo mayor destreza hasta que en el tiempo de un día se podrá realizar el lanzamiento y el Empalme a la vez. En general, el Empalme es una operación que consiste en efectuar varios tanteos hasta lograr la correspondencia deseada de los nudos.

La mecánica de Empalme consiste en lo siguiente, con el equipo tractor de la margen correspondiente se aproximará el "módulo" en lanzamiento hasta unos 0.20 m. del "módulo" ya colocado luego del cual, se efectúa la última nivelación del "módulo" operando los tirfors de las péndolas respectivas. Enseguida, se colocarán tirfors en cada cordón inferior, anclados en los del tramo de Viga ya colocado y con los que se puede lograr una mayor aproximación y, finalmente, la coincidencia de los agujeros correspondientes.

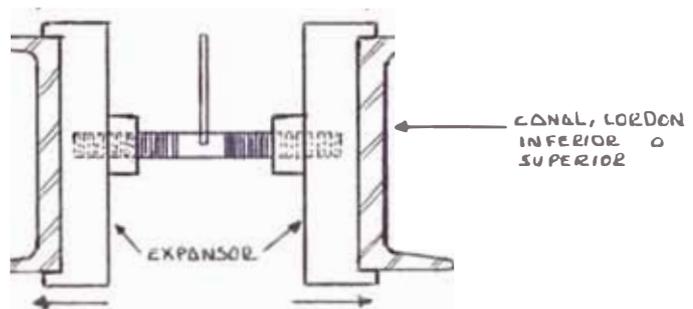
Como la coincidencia de los agujeros, en la práctica no se realiza en forma simultánea, a medida que se vaya logrando esto, indistintamente de cualquier nudo, se irán colocando los pines de aproximación y enseguida los pernos respectivos.

Para efectuar con rapidez el Empalme, se recomienda llevar en el "módulo" lanzado los pernos, tuercas, huachas y arandelas necesarias, esto se puede hacer llenándolos en unos cajoncitos de madera, con separaciones de acuerdo al

tipo y número de pernos necesarios. Este cajoncito se podrá colocar entre los canales componentes del cordón inferior y los más cercanos posibles de los nudos a Empalmar.

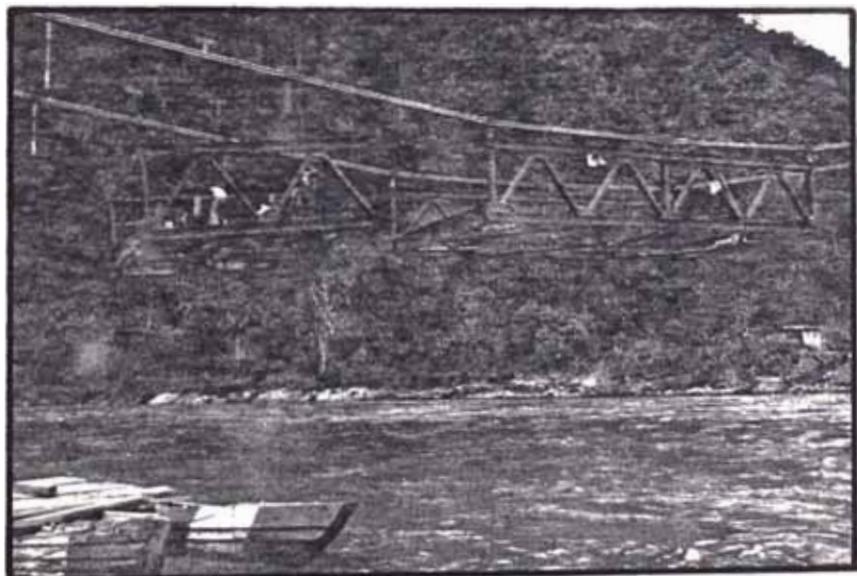
Debido a l manipuleo de los elementos esbeltos tales como los canales conformantes del cordón superior o inferior, éstos no conservan su geometría recta dándose el caso que los extremos libres de los cordones no mantengan su separación constante dificultando de esta manera el Empalme. Cuando se requiera separar estos canales se utilizarán los accesorios denominados "expansores" (Fig. N° 69) que son una especie de "gatos mecánicos".

FIG. N° 69



En la Fig. N° 70 se aprecia la aproximación de un tercer "módulo" a los otros dos ya colocados

FIG. N° 70



En la Fig. N° 71 se observa a un grupo de operarios realizando el Empalme de un segundo "módulo".

FIG. N° 71



En la Fig. N° 72 se puede observar a la Viga de Rigidez totalmente conformada.

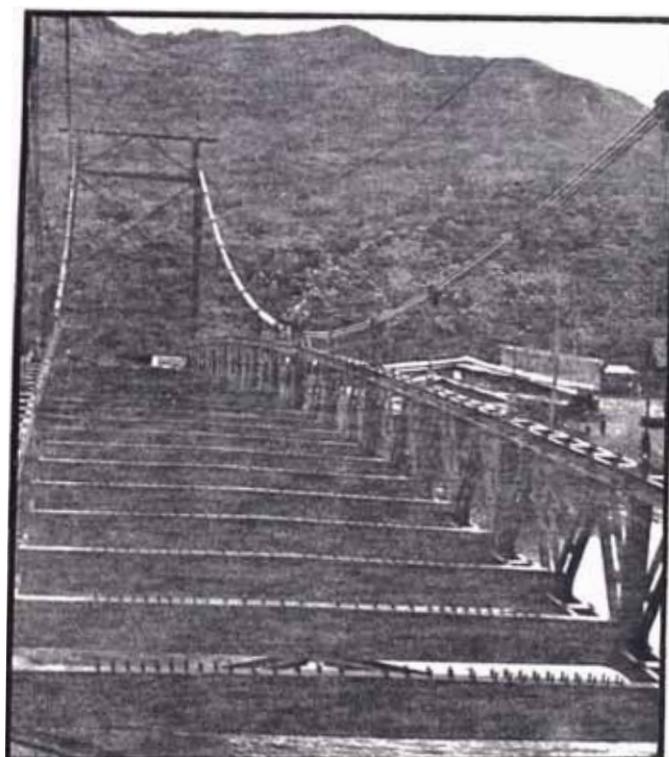


FIG. N° 72

8.4 TENSADO DE LA VIGA DE RIGIDEZ .-

Cuando se ha logrado el Empalme de todos los "módulos componentes de la Viga de Rigidez, se observará que las Péndolas correspondientes a los tramos extremos se encuentran flojos & que los extremos libres de los cordones se ubican en un nivel superior del requerido. Esto es consecuencia del comportamiento de viga apoyada en base elástica, tratando de tomar su configuración parabólica con el vértice hacia abajo.

El Tensado de la Viga de Rigidez es una operación por la que se le otorga su estado tensional similar al del resto de manera que al efectuarse el vaciado de la Losa y colocarse el asfalto, se distribuyan equitativamente los esfuerzos generados entre todas ellas.

Como se podrá encontrar en las especificaciones del Montaje, se dan fuerzas de Tensión para cada extremo sin embargo, en la práctica se tendrá que jugar en un rango permisible con las cotas de la rasante del Proyecto; esto es, con una fuerza de Tensión adecuada se tratará de llegar a la cota de una rasante que no genere un incremento significativo en el movimiento de tierras, por esta razón se recomienda no vaciar los parapetos sino hasta después de haber efectuado el Tensado de la Viga de Rigidez. En la Fig. N°73 se dan dos alternativas para efectuar el Tensado, siendo la segunda más práctica puesto que no requiere más que de una gata hidráulica en cada extremo.

El Tensado se realizará forzando simultáneamente a los cuatro extremos de la Viga de Rigidez a que lleguen a un nivel adecuado para conformar las articulaciones respectivas.

El control visual del Tensado se efectuará leyendo en el dial del manómetro a co

plado a las gatas, las presiones transmitidas y convirtiéndolas a unidades de fuerza, esto se podrá efectuar en cualquier instante.



Finalmente, luego de vaciado la Losa y colocado el asfalto, se procederá a soldar los semianillos de tope, con lo cual se habrá concluido totalmente el Montaje de la Estructura Metálica del Puente.

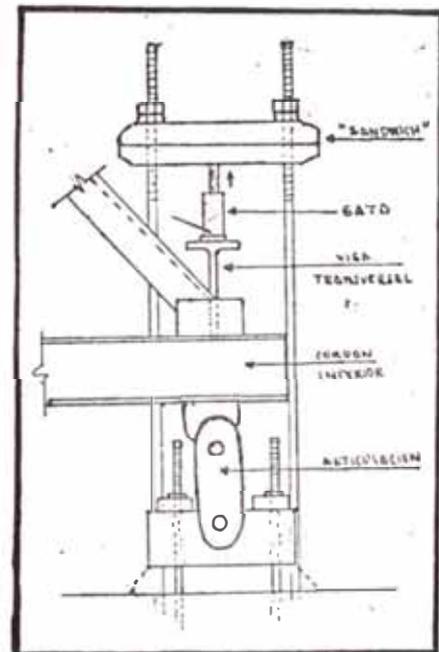
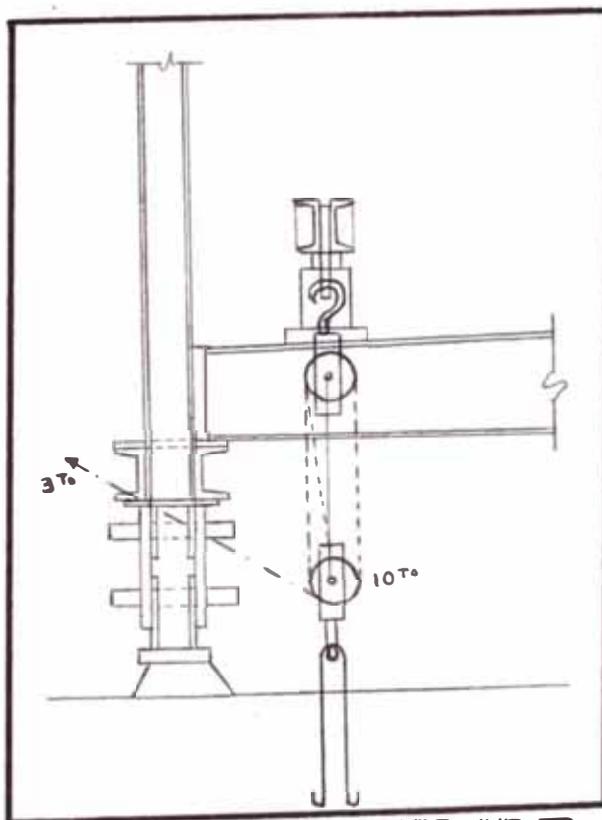


FIG. Nº 73

- La altura libre a conservarse para el paso de los Cables Colgantes y Viga de Rigidez, será de 3.00 m. considerando que las máximas avenidas puedan acarrear troncos de medianas dimensiones.
- La Tensión máxima a considerar para el diseño de la cimentación del anclaje del Cable de la Grúa Telesférica será la resultante de lo generado por el Lanzamiento de la Viga de Rigidez, es decir, 15,309 Kg.
- El mínimo de personal requerido para efectuar los trabajos de Montaje es de 30 operarios, sin incluir a los operadores de máquina.
- El equipo necesario estará distribuido en :
 - equipo de medición
 - equipo de soldadura
 - equipo neumático
 - equipo especial
 - equipo de seguridad
 - equipo de primeros auxilios

Una correcta distribución en "cancha" de los elementos de Montaje nos permitirá obtener un ahorro notable de tiempo por el traslado de ellos hacia su ubicación definitiva.

- La identificación de los diferentes tipos de pernos se puede hacer en forma práctica, asignando a cada uno de ellos un determinado color; de esta manera el control se podrá hacer perfectamente en forma visual.

Asimismo, es una buena práctica, descomponer los planos de Montaje, mostrando las vistas de las uniones con los colores y cantidad de pernos requeridos.

- Mientras más calificado se encuentre el personal de Montaje, mayores posi

bilidades habrá de realizar un mejor trabajo.

- En lugares en que este tipo de personal no se consiga se procederá a instruir al personal de que se disponga, a fin de que los trabajos se efectúen no solamente en forma correcta sino también excenta de todo tipo de riesgos.
- Será necesario adoptar un sistema de señales para que al impartir una orden, durante el desarrollo de los trabajos, el operario las recepcione nítidamente y las pueda cumplir al pie de la letra.
- A pesar de describir el Montaje, utilizando un determinado equipo, que no necesariamente va a estar al alcance de todos los contratistas, se debe tener presente que esto también se puede efectuar con un equipo mínimo que se fabrique basado en el conocimiento detallado de las máquinas simples (palanca, plano inclinado, poleas, etc.) y de todas las combinaciones que se pueda efectuar con ellas. Ya es tiempo que nos dejemos de pensar en función de los Caterpillar, Allis-Challmers, etc. Nuestra realidad nos lo exige.
- En general, todas las operaciones se efectuarán coordinada y lentamente. No se trata de una obra masiva en la que avanzar es lo primordial. Hay que ser prudentes.
- Un buen sistema de seguridad que proteja al operario cuando efectúa los trabajos en altura, dará lugar a un mayor rendimiento. Hay que cuidar nuestro material humano ya que él es el principal actor de nuestros logros.
- El control de calidad deberá hacerse lo más juiciosamente posible, porque de él dependerá la mejor funcionalidad de las Estructuras en el futuro, así como el tiempo de vida útil que tenga.

INDICE

* * * * *

	Pág.
INTRODUCCION	
<u>CAPITULO I</u> : DESCRIPCION DEL PUENTE	
1.1 Ubicación	1
1.2 Descripción	
a) Infraestructura	1
b) Superestructura	4
<u>CAPITULO II</u> : CONSIDERACIONES PRELIMINARES	
2.1 Condiciones para el Montaje	11
2.2 Análisis Estático del Montaje	12
2.2.1 Montaje de las Torres	13
Diseño de la Pluma	22
Diseño de la Columna de Montaje	43
2.2.2 Lanzamiento de los Cables	48
Diseño de la "Media Luna"	54
Diseño de la Viga de Izamiento	57
2.2.3 Lanzamiento de la Viga de Rigidez	59
Diseño del elemento auxiliar de Izamiento	62
Diseño del Caballete de Apoyo de la Grúa Telesférica	64
Diseño del "Carro" de la Grúa Telesférica	67
Determinación de las longitudes de péndola para el Lanzamiento de los Cables y Viga de Rigidez	69
2.3 Equipo y Mano de Obra necesarios	
2.3.1 Mano de Obra	71
2.3.2 Equipo	74

CAPITULO III : TRABAJOS PRELIMINARES

3.1 Ubicación en Pie de Obra de la Estructura Metálica	79
3.2 Identificación, Cómputo y Selección de Piezas	
3.2.1 Identificación	83
3.2.2 Cómputo y Selección	87
3.3 Colocación de los Anclajes necesarios	92
3.4 Instrucción del Personal	93

CAPITULO IV : MONTAJE DE LA BATERIA DE TUBOS

4.1 Montaje de los Caballetes	96
4.2 Colocación de los Tubos	98

CAPITULO V : MONTAJE DE LAS TORRES

5.1 Colocación de los Apoyos	100
5.2 Montaje de las Columnas	101
a) Montaje utilizando Pluma	101
b) Montaje utilizando Paneles Bailey	103
5.3 Colocación de las Sillas de Cambio de Dirección	106

CAPITULO VI : LANZAMIENTO DE LOS CABLES

6.1 Colocación de las Sillas de Cambio en las Cámaras de Anclaje	107
6.2 Montaje de la Plataforma de Trabajo y Dispositivos de Seguridad sobre las Torres	108
6.3 Montaje de la Tornamesa de los Cables Colgantes	110
6.4 Lanzamiento de los Cables Provisionales de Montaje	112
6.5 Lanzamiento de los Cables Colgantes	114
6.6 Corte de Cables	118

CAPITULO VII : COLOCACION DE LAS PENDOLAS

7.1 Colocación de las Pinzas	131
7.2 Colocación de las Péndolas	134

CAPITULO VIII : LANZAMIENTO DE LA VIGA DE RIGIDEZ

8.1	Ensamblaje de los "Módulos"	136
8.2	Lanzamiento	140
8.3	Empalme	145
8.4	Tensado de la Viga de Rigidez	148

CAPITULO IX : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE

- A - 1 : Características Resistentes de los Cables STRAND
CORE BRIGHT
- A - 2 : Expresiones semi-empíricas válidas para los Ca
bles Parabólicos
- A - 3 : Rendimientos Obtenidos en el Montaje del Puente
"Herrería"
- A - 4 : Especificaciones para el Montaje de Puentes Col-
gantes WAAGNER BIRO
- B - 1 : Grilletes
Torniquetes
- B - 2 : Ganchos
Estrobos
- B - 3 : Guardacables
Grampas
- B - 4 : Poleas
Polipastos
- C - 1 : Herramientas menores
- D - 1 : Winches

BIBLIOGRAFIA

LIBROS :

INSTITUTO DE ESTRUCTURAS - UNI

"Boletín Nº 8" , 1,963

D.B. STEINMANN

"Bridge Suspended" , 1,9

J. QUIROGA

"Puentes Colgantes" , 1,975

PASTOR GUAJARDO, MANUEL

"Apuntes de Clase del Curso Puentes y Obras de Arte"

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

"Manual of Steel Construction" , 1,970

BRESLER, LIN y SCALZI

"Diseño de Estructuras de Acero" , 1,970

MC CORMACK, JACK C.

"Diseño de Estructuras Metálicas" , 1,975

ZAPATA BAGLIETO, LUIS F.

"Diseño Estructural en Acero" , 1,980

ACROW PRESS

"Manual de Puentes Bailey" , 1,970

ALEXANDROV , M.

"Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte" , 1,976

TESIS DE GRADO :

- LLUEN FLORES, AUGUSTO

"Construcción y Montaje de un Puente Metálico" , 1,981

