

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**DISEÑO DE UNIDAD PARA SERVICIO DE POZOS**  
**SOBRE UNA PLATAFORMA RODANTE A ORUGAS**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECANICO**

**CARLOS FERNANDO LEON MONTJOY**

Promoción 1984 - I

Lima Perú

1990

## TABLA DE CONTENIDOS

### **PROLOGO.**

### **1) INTRODUCCION.**

1.1 Introducción. ....	2
------------------------	---

### **2) CARACTERISTICAS Y PARAMETROS DEL EQUIPO.**

2.1 Descripción General del Equipo. ....	5
2.2 Condiciones del Terreno para su Operación. ....	11
2.2.1 Breve Referencia Geográfica y Operativa. ....	11
2.2.2 Condiciones del Terreno. ....	13
2.3 Características de Componentes y Uso de Partes. ....	14
2.3.1 Motor. ....	14
2.3.2 Embrague. ....	14
2.3.3 Caja de Cambios. ....	15
2.3.4 Sistema de Transmisión. ....	15
2.3.5 Embrague Neumático. ....	16
2.3.6 Winche. ....	16
2.3.7 Pluma. ....	17
2.3.8 Motón Viajero. ....	17
2.3.9 Soporte Delantero. ....	18
2.3.10 Soporte Posterior Giratorio. ....	19
2.3.11 Apoyos Laterales del Camión. ....	19
2.3.12 Winche Auxiliar. ....	19

### **3) CALCULOS Y/O SELECCION DE COMPONENTES.**

3.1 Cálculo de la Pluma. ....	20
3.1.1 Determinación Peso Muerto Motón Viajero. ....	21
a) Peso Bomba Sumergida. ( $W_{boc}$ ) ....	21
b) Peso de la Tubería Sumergida. ( $W_{ts}$ ) ....	22
c) Peso del Fluido Acumulado. ( $W_{fa}$ ) ....	22
d) Peso del Cable Eléctrico. ( $W_{ce}$ ) ....	23
e) Peso del Gancho para Izar Tubing. ( $W_g$ ) ....	23
f) Peso de Motón Viajero. ( $W_{mv}$ ) ....	23
3.1.2 Cálculo del Peso para el Diseño de la Corona. ( $W_{cb}$ ) ....	24
a) Cálculo de la Carga Dinámica. ( $W_{cd}$ ) ....	24
b) Eficiencia del Polipasto. ....	24
c) Tensión por cada vuelta de cable. ( $T$ ) ....	24
d) Carga sobre cada polea en la corona. ( $W_{p1}$ ) ....	25

3.1.3	Cálculo de las Reacciones en el Primer Cuerpo.	25
a)	Datos.	25
b)	Reacciones por Carga de Diseño. ( $W_{cd}$ )	26
c)	Reacciones por Peso de la Corona. ( $W_{cr}$ )	26
d)	Reacciones por peso Casing 8 $\frac{3}{8}$ ". ( $W_{t8}$ )	26
e)	Reacciones pesos varios.	27
f)	Reacciones por carga de viento en el primer cuerpo. ( $W_{vt8}$ )	28
g)	Reacciones de Vientos Delanteros Superiores. ( $W$ )	29
h)	Cálculo de la Carga Crítica.	30
i)	Cálculo del Momento Crítico.	31
3.1.4	Cálculo de las Reacciones en el Segundo Cuerpo.	32
a)	Datos.	32
b)	Reacciones por peso segundo cuerpo. ( $W_{t10}$ )	32
c)	Reacciones por peso del anillo. ( $W_{an}$ )	33
d)	Reacciones por carga de viento en el segundo cuerpo. ( $W_{vt10}$ )	34
e)	Reacciones por pesos varios.	35
f)	Reacciones por peso de escalera. ( $W_{es}$ )	36
g)	Reacciones por peso parrilla del motón. ( $W_{pr}$ )	37
h)	Reacciones de Vientos Delanteros Intermedios. ( $W_i$ )	40
i)	Cálculo de la Carga Crítica.	41
j)	Cálculo del Momento Crítico.	42
k)	Reacciones de Vientos Posteriores Intermedios. ( $W'_{i0}$ )	44
3.1.5	Cálculo de Reacciones por Vientos de Carga. ( $W_c$ )	47
a)	Cálculo de Tensiones en los Vientos de Carga.	48
b)	Cálculo Diámetro Cable de Vientos de Carga.	49
c)	Cálculo de Reacciones del Viento de Carga.	49
3.1.6	Esfuerzo Total Sobre la Base de la Pluma.	50
a)	Carga Total al Casing 8 $\frac{3}{8}$ ". ( $W_8$ )	50
b)	Carga Total del Casing 10 $\frac{3}{4}$ ". ( $W_{10}$ )	50
3.1.7	Esfuerzo Permisible para las Columnas.	51
a)	Cálculo del Factor de Columna.	51
b)	Primera Parte de la Columna.	53
c)	Segunda Parte de la Columna.	53
d)	Tercera Parte de la Columna.	54
e)	Verificación para el Casing 8 $\frac{3}{8}$ " grado N-80.	55
f)	Verificación para el Casing 10 $\frac{3}{4}$ " grado N-80.	56
3.1.8	Fuerza para el Volteo del Mástil.	57
a)	Determinación de la Distancia del Soporte Posterior al Punto de Inercia. ( $b_1$ )	57
b)	Determinación Cable de Izaje y Potencia Winche.	59
3.1.9	Tornillo de Potencia.	61
I)	Base del Mastil.	
a)	Selección de Medidas.	61
b)	Angulo de Avance de la Rosca. ( $\Omega$ )	61
c)	Espesor de la Base del Diente. ( $b$ )	62
d)	Torque para Levantar la Carga. ( $T_g$ )	62
e)	Torque para Descender la Carga. ( $T_0$ )	62
f)	Condición de Irreversibilidad.	63

g)	Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo. ....	63
h)	Determinación de Medidas del Tornillo. ....	65
i)	Plancha Soporte del Tornillo de Potencia. ....	65
j)	Peso del Tornillo de Potencia. ....	66
II)	Giro del Mastil.	
a)	Fuerza de Impacto de la Pluma. ....	68
b)	Selección de Medidas. ....	68
c)	Angulo de Avance de la Rosca. ( $\Omega$ ) ....	69
d)	Espesor de la Base del Diente. (b) ....	69
e)	Condición de Irreversibilidad. ....	69
f)	Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo. ....	70
g)	Determinación de Medidas del Tornillo. ....	72
3.1.10	Peso de la Pluma. ....	73
a)	Peso del Primer Cuerpo. ( $W_{pc}$ ) ....	73
b)	Peso del Segundo Cuerpo. ( $W_{sc}$ ) ....	73
c)	Peso Total de la Pluma. ( $W_{p1}$ ) ....	73
3.1.11	Cálculo del Pasador Soporte del Primer Cuerpo.	74
a)	Determinación de Cargas y Pasador. ....	74
b)	Diagrama de Cargas. ....	74
c)	Verificación por corte. ....	75
d)	Verificación por Aplastamiento. ....	76
3.2	Resistencia de la Estructura del Camión. ....	77
3.2.1	Resistencia del Patín Conjunto:	
Motor - Caja de Cambios - Piñón. ....		78
a)	Diagrama de Carga. ....	80
3.2.2	Resistencia del Patín Conjunto:	
Winche - Transmisión. ....		82
a)	Diagrama de Carga. ....	83
3.2.3	Cargas sobre el Chasis. ....	85
a)	Chasis Derecho. ....	85
b)	Chasis Izquierdo. ....	85
3.2.4	Reacciones Sobre Chasis Derecho. ....	86
3.2.5	Reacciones Sobre Chasis Izquierdo. ....	87
3.3	Resistencia de los Soportes de la Pluma. ....	89
3.3.1	Cálculo de la Viga Posterior de la Pluma. ....	90
a)	Plano Vertical. ....	91
b)	Plano Horizontal. ....	91
c)	La Carga Combinada. ....	92
3.3.2	Cálculo de Chumaceras del Soporte Superior. ....	92
3.3.3	Cálculo de la Abrazadera para la Pluma. ....	93
a)	Resistencia de Abrazadera al Volteo de Pluma.	93
b)	Verificación que la Pluma no resbale. en posición vertical. ....	94
3.3.4	Dimensiones Platina de Apoyo en Pluma. ....	95
3.3.5	Dimensiones Platina de Apoyo en Viga. ....	96
3.3.6	Cálculo de la Estructura Portante Posterior. ....	98
a)	Descomposición de Fuerzas. ....	98
b)	Resistencia del elemento $R_1$ . ....	99
c)	Resistencia del elemento $R_2$ . ....	100

3.3.7	Peso aproximado del Soporte Posterior. ( $W_{STP}$ )	102
a)	Peso de la Viga Giratoria. ( $P_{Gr}$ )	102
b)	Peso de las Chumaceras. ( $P_{Ch}$ )	102
c)	Peso del Casing 1 3/4". ( $P_{11}$ )	102
d)	Peso de la Viga Canal C 8"x11.5". ( $P_{V8}$ )	102
e)	Peso de la Viga canal C 4"x 7.25". ( $P_{V4}$ )	103
f)	Peso de los Parantes. (Tubing 3 1/2") ( $P_t$ )	103
g)	Peso por Varios.	103
3.3.8	Reacciones del Soporte Posterior de Pluma sobre Chasis.	104
a)	Carga Perpendicular al Chasis. ( $R_{vp}$ )	104
b)	Reacción Longitudinal al Chasis. ( $R_{lp}$ )	104
3.3.9	Cálculo del Soporte Delantero de la Pluma.	105
a)	Cargas sobre el Soporte. ( $W_{cr}$ )	105
b)	Dimensiones de los Parantes.	105
c)	Esfuerzo sobre los Parantes. ( $\sigma_p$ )	106
d)	Resistencia de los Parantes.	106
3.3.10	Peso Aproximado del Soporte Delantero. ( $W_{ps}$ )	108
a)	Peso por los Tubos. ( $P_{tb}$ )	108
b)	Peso por el Soporte Superior. ( $P_{pc}$ )	108
c)	Peso por Varios. ( $P_{vr}$ )	108
3.3.11	Reacciones del Soporte Delantero al Chasis.	109
a)	Reacción en la dirección del Parante. ( $R_{pd}$ )	109
b)	Reacción Perpendicular al Chasis. ( $R_{vd}$ )	109
c)	Reacción Longitudinal al Chasis. ( $R_{ld}$ )	109
d)	Reacción Transversal al Chasis. ( $R_{td}$ )	109
3.4	Cálculo de los Apoyos Laterales.	110
3.4.1	Verificación de Resistencia Viga C 10"x15.3".	110
3.4.2	Resistencia Tubo 3 1/2"x 9.11".	112
a)	Datos.	112
b)	Esfuerzo Permisible a Compresión. ( $F_c$ )	113
3.4.3	Resistencia Tubing 3 1/2" x 9.31".	114
a)	Datos.	114
b)	Esfuerzo Permisible a Compresión. ( $F_c$ )	114
3.4.5	Tornillo de Potencia - Gata Lateral.	116
a)	Selección de Medidas.	116
b)	Angulo de avance de la rosca. ( $\Omega$ )	116
c)	Espesor de la Base del Diente. ( $b$ )	116
d)	Torque para levantar la carga. ( $T_E$ )	117
e)	Torque para descender la carga. ( $T_D$ )	117
f)	Condición de Irreversibilidad.	117
g)	Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo.	118
h)	Verificación Normal en el Tornillo. ( $\sigma_N$ )	119
i)	Determinación de Medidas Tornillo y Tuerca.	120
3.4.6	Peso del Apoyo Lateral. ( $W_{Al}$ )	121
3.5	Selección de Sistemas Auxiliares.	123
a)	Motor.	124
b)	Caja de Cambios.	125
c)	Disco de Embrague.	126
d)	Embrague Neumático.	127
e)	Winche.	128

3.6	Selección del Sistema de Transmisión. ....	129
3.6.1	Winche. ....	129
3.6.2	Embrague Neumático. ....	135
3.6.3	Transmisión del Winche. ....	135
3.6.4	Caja de Cambios - Embrague Mecánico. ....	138
3.7	Cálculo de Elementos de Unión. ....	139
3.7.1	Pluma. ....	139
a)	Soldadura.(Cabezal de la Corona) ....	139
b)	Soldadura.(Polea lateral Sup.Izaje) ....	140
c)	Soldadura.(Parrilla Motón Viajero) ....	142
d)	Soldadura.(Soporte Giratorio) ....	144
e)	Soldadura.(Viga C 8" y C 4") ....	146
f)	Soldadura.(Viga C 4" y Eje Giratorio) ....	148
g)	Cálculo Pernos de Sujeción.(Ab. Sop. Pluma) ....	150
h)	Soldadura.(Pestaña Abraz. Soporte Pluma) ...	152
i)	Cálculo Pernos de Sujeción.(Chum.Sop. Viga) ....	154
j)	Soldadura.(Pestaña Soporte Abraz.-Chumacera) ...	156
k)	Soldadura.(Polea Inferior Volteo) ....	157
l)	Soldadura.(Tornillo Pot. Base Pluma) ....	160
3.7.2	Soporte Delantero de la Pluma.....	161
a)	Soldadura.(Parantes del Soporte) ....	161
3.7.3	Soporte Posterior de la Pluma.....	163
a)	Soldadura.(Parante R <sub>1</sub> L=66 7/8") ....	163
b)	Soldadura.(Parante R <sub>2</sub> L=94 7/16") ....	165
3.7.4	Apoyos Laterales del Camión. ....	168
a)	Soldadura.(Plancha Apoyo Voladizo) ....	168
b)	Soldadura.(Tornillo Pot. Base Apoyo) ....	170
3.7.5	Estructura del Camión. ....	172
a)	Soldadura.(Viga Apoyo Motor-C.Cambios) ....	172
b)	Soldadura.(Viga Apoyo Winche-Transmisión) ...	173

#### 4) FABRICACION Y MANUFACTURA.

4.1	Fabricación de la Pluma. ....	178
4.1.1	Anillo de Apoyo. ....	179
4.1.2	Agujeros de Soporte.....	180
4.1.3	Escaleras.....	180
4.1.4	Parrilla del Motón. ....	181
4.1.5	Apoyo Tornillo de Potencia. ....	181
4.1.6	Poleas y Ganchos. ....	182
4.1.7	Tornillo de Potencia. ....	182
4.1.8	Agujeros de Soporte.....	182
4.1.9	Corona. ....	183
4.2	Acondicionamiento de la Plataforma. ....	184
4.2.1	Pluma de ensamble posterior. ....	184
4.2.2	Estructura. ....	185
a)	Vigas Transversales. ....	185
b)	Vigas Longitudinales. ....	186

4.2.3 Rodillo Posterior y Aditamentos. ....	187
a) Rodillo Posterior. ....	187
b) Gata Hidráulica para levantar tubos de 4". ...	187
c) Soportes, Soldadura, Varios ....	187
4.3 Fabricación de los Soportes de la Pluma. ....	188
4.3.1 Soporte Delantero de la Pluma.....	188
4.3.2 Soporte Posterior de la Pluma.....	189
4.3.3 Viga Giratoria de Apoyo para la Pluma. ....	192
4.4 Fabricación de los Apoyos Laterales del Camión. ...	194
4.5 Fabricación de Elementos Auxiliares Necesarios. ....	198
4.5.1 Tanque de Combustible. ....	198
4.5.2 Tanque de Aceite.- Sistema Hidráulico. ....	201
4.5.3 Escaleras para la Plataforma. ....	204

## 5) DETALLES DE INSTALACION.

5.1 Distribución e Instalación de Componentes sobre el Equipo. ....	205
a) Pluma. ....	205
b) Soporte Delantero y Posterior. ....	207
c) Motor. ....	208
d) Caja de Cambios. ....	212
e) Sistema de Transmisión.....	212
f) Winche. ....	212
g) Winche Auxiliar. ....	213
5.2 Modificaciones Necesarias en el Camión. ....	214
5.2.1 Sistema de Volteo e Izaje de la Pluma. ....	214
a) Verificación de resistencia al primer travesaño de la plataforma. ....	214
b) Polea Direccional II. ....	217
c) Polea Direccional III. ....	219
5.2.2 Sistema de Sujeción Plataforma - Chasis. ...	219
5.2.3 Acondicionamiento para la Instalación del Sistema de Combustible. ....	220
5.3 Instalación para el Sistema Neumático. ....	221
5.4 Instalación para Sistema Eléctrico. ....	222
5.5 Instalación para Sistema Hidráulico. ....	223

**6) SISTEMA DE SEGURIDAD.**

6.1 Guardas y Defensas. ....	225
a) Pararrayos. ....	225
b) Defensa de la Cardán. ....	226
c) Cadenas. ....	227
d) Winche. ....	227
6.2 Protección del Motor.(Sistema Winche) .....	228
6.3 Iluminación. ....	229
6.4 Disposición de Equipo Contra Incendio. ....	231

**7) ANALISIS ECONOMICO.**

7.1 Costo del Equipo. ....	233
7.1.1 Costo de cada Componente. ....	233
a) Camión. ....	233
b) Motor. ....	234
c) Embrague Mecánico. ....	234
d) Caja de Cambios. ....	235
e) Embrague Neumático. ....	235
f) Winche. ....	235
g) Pluma. ....	236
h) Motón Viajero. ....	238
i) Soporte Delantero. ....	238
j) Soporte Posterior Giratorio. ....	239
k) Apoyos Laterales del Camión. ....	241
l) Costo Parcial del Acápite 7.1.1 .....	242
7.1.2 Costo para el Acondicionamiento de los Sistemas Auxiliares. ....	242
a) Sistema de Combustible. ....	242
b) Sistema Hidráulico. ....	242
c) Sistema Neumático. ....	<del>244</del>
d) Sistema Eléctrico. ....	244
e) Costo Parcial del Acápite 7.1.2 .....	245
7.1.3 Costo de Modificaciones y Adaptaciones. ....	245
a) Patín Motor - Caja de Cambios. ....	245
b) Patín Winche. ....	246
c) Piso y Adaptaciones para instalar Plataforma. ....	246
d) Costo Parcial del Acápite 7.1.3 .....	247
7.1.4 Costo de Sistemas Adicionales. ....	247
a) Sistema de Seguridad. ....	247
b) Equipo contra Incendio. ....	248
c) Costo Parcial del Acápite 7.1.4 .....	249
7.1.5 Costo General de Unidad para Servicio de Pozos. ....	250
a) Costo por Gastos Directos. ....	250
b) Costo por Gastos Indirectos. ....	250
c) Costo por Mano de Obra. ....	251
d) Costo Total de la Unidad. ....	251

7.2 Rentabilidad del Equipo sobre Unidades Helitransportables.	
7.2.1 Costo Traslado Aéreo Equipo Servicio de Pozos.	255
a) Costo de Transporte con Helicóptero.	255
b) Costo por Armado y Desarmado del Equipo.	260
c) Costo o Pérdida por Producción Diferida.	261
7.2.2. Costo Traslado Equipo para Servicio de Pozos sobre Plataforma Rodante.	263
a) Costo del transporte de la U.S.P. sobre Orugas..	263
b) Costo por Armado y Desarmado del Equipo.	264
c) Costo por Producción Diferida.	265

## **CONCLUSIONES.**

## **BIBLIOGRAFIA.**

## **PLANOS**

## **APENDICE.**

## **PROLOGO**

Para la presente tesis se ha procurado en primer término describir la utilización del Equipo de Servicio de Pozos, señalando su fin y forma, señalando el terreno donde será utilizado, ya que con esto se determinará el tipo de sistema de rodadura que usará (ruedas, orugas, etc.), y el uso de cada uno de sus componentes. Se efectuarán los cálculos de resistencia de cada parte y sistema, comprobando la máxima profundidad a que se puede utilizar el equipo en labores de Servicio de Pozos.

Se ha verificado y calculado las soldaduras, pernos y/o remaches según sea necesario, el recálculo de sistemas auxiliares ya sean neumáticos, hidráulicos o mecánicos, y tratado lo que concierna a equipos de protección e iluminación.

Este proyecto es una alternativa a utilizarse en la Selva Peruana, dado el tipo de geografía del lugar.

Las facilidades de construcción, infraestructura y provisión de estos componentes las posee la empresa PETROLEOS DEL PERU-OPERACIONES SELVA (PETROPERU), para lo cual se ha procurado utilizar los materiales de poco uso y con poco movimiento, siendo así un proyecto de bajo costo y alta rentabilidad



En el presente trabajo se utilizarán partes ó componentes en buen estado, ya sean reparadas o nuevas, así como de fabricación local y/o artesanal para poder construir la unidad de las características requeridas en la operación.

Actualmente en operaciones selva, el transporte de estos equipos (U.S.P.)se realiza por vía fluvial, helicóptero y/o camión plataforma (dependiendo del lugar y urgencia), pero en cada caso el equipo va totalmente desarmado (por módulos), se transporta y se vuelve a ensamblar ya en la locación, siendo necesario el apoyo del Tractor-Grúa para el armado. Esta operación demora, en el mejor de los casos, 36 horas.

Otro de los objetivos de este diseño es disminuir drásticamente este período de armado a un máximo de 3 horas, desde el momento que la Unidad llega al pozo, tiempo necesario para comenzar la labor.

Para el trabajo a desarrollarse será necesario diseñar partes como: soportes, elementos de máquina, soldadura, etc. Habrá que verificar la máxima resistencia de la pluma, del chasis autoportante, capacidad de soporte del suelo en el lugar, potencia requerida del motor disponible para situaciones

críticas, etc. Para que así, de una manera global se pueda conocer la capacidad del trabajo del equipo y posibles modificaciones a realizar si es necesario, requiriéndose mayor potencia y/o maniobrabilidad para los trabajos de Servicio de Pozos en la zona.

Asimismo, es interesante acotar que el diseño a presentar puede ser trasladado a cualquier tipo de unidad rodante, aplicando el método de cálculo a llevarse a cabo.

## CAPITULO # 2.

### CARACTERISTICAS Y PARAMETROS DEL EQUIPO.

#### 2.1 Descripción General del Equipo.

En primer lugar, es interesante definir como operaciones en Servicio de Pozos, a todas aquellas funciones que tienen como objetivo principal, ejecutar la mayor cantidad de trabajos de mantenimiento en pozos de petróleo con la mayor eficiencia, seguridad y menor costo posible.

Así como en Perforación se tiene como objetivo perforar la mayor cantidad de pies por hora y en Producción, producir más barriles de petróleo por día, de la misma manera, Servicio de Pozos tiene la misión de "reacondicionar" la mayor cantidad de pozos a fin de mantenerlos en óptimas condiciones de producción.

El equipo de Servicio de Pozos está compuesto por dos factores inseparables: Personal y Equipo.

El personal que se dirige y opera la U.S.P. deberá ser escogido, entrenado e informado de todos los aspectos de trabajos rutinarios y especiales, así como

sobre el uso de herramientas adecuadas para cada tipo de labor y operación, y del correcto "mantenimiento y operación" de la unidad.

El equipo para Servicio de Pozos es el otro factor al que se hizo referencia. Para una mayor comprensión de la utilidad que brinda, debemos describir brevemente cuál es la labor que se realiza con el Equipo de Perforación y así poder tener una visión lo suficientemente clara sobre el diseño de la Unidad que nos ocupa.

Una vez que se concluye cada etapa en la perforación de un pozo de petróleo, se irá "forrando" dicho pozo para así evitar los posibles derrumbes, darle mayor estabilidad y seguridad al trabajo que se realiza. Este forrado se efectúa con tubos roscados de características especiales, regidos por la reconocida norma A.P.I. (American Petroleum Institute), llamado casing en el uso diario del personal petrolero. (Se verá en el capítulo 3.1 las características del casing o forro). Cada cierta profundidad, el diámetro del pozo se irá reduciendo y se colocará como forro el casing de la medida adecuada, se rellenará el espacio entre la tierra y el metal con una capa de cemento (Cementado), inyectada con alta presión. La primera reducción se realiza normalmente antes de los 300 pies y las demás entre 2,000 ó 3,000 pies de profundidad, según características del tipo de pozo y terreno.

Cuando la labor de perforar haya concluido y el pozo ha quedado totalmente forrado y cementado, prácticamente quedará comunicado el exterior con el fondo del pozo por medio de este tubo (casing). Para dejar el pozo productivo, (a menos que sea fluyente, es decir, que se haya estimulado la formación al momento de perforar, lo cual no es muy frecuente en nuestro país), se realizará la operación de baleo, consistente en bajar una escopeta por medio de un cable de acero. Esta escopeta en forma de tubo con pequeños cañones radiales, será percutada desde fuera (sistema eléctrico), disparandose balines de acero que romperán el forro o casing en las distintas direcciones en que sean proyectadas.

Según sea la formación (estructura geológica), se necesitará un fracturamiento o frac que consiste en inyectar petróleo crudo o diesel #2 a muy alta presión (mayor de 1,000 PSI) provocando un desplazamiento de formaciones y estimulando así el inicio de la producción del pozo.

La labor de Servicio de Pozos empezará aquí, una vez que en forma cualitativa se determinó si el pozo es productivo o no. Con la U.S.P., se instalará el equipo de subsuelo; unidad de bombeo, equipo de fuerza motriz o electrobomba sumergible para nuestro caso, conectada por una tubería llamada "tubing" o tubería de producción (según norma A.P.I.). Esta tubería o línea deberá estar

perfectamente roscada y ajustada ya que no se deberán producir fugas, debido a que por el interior fluirá el petróleo bombeado a la batería o tanque de producción.

Las Unidades de Servicio de Pozos (U.S.P.), también efectúan diferentes trabajos como Work Over, Pulling, Swab, y otros. Nuestra unidad está diseñada básicamente para labores de Pulling y puede ser acondicionada rápidamente para efectuar operaciones de Swab.

El "tubing" como lo llamaremos en adelante, estará sometido a tracción (por su propio peso) y a presión interna, ya que aparte de estar sostenido desde un extremo y a una profundidad que varía desde 1,500 hasta 13,000 pies o poco más, según sea el pozo, soportará la presión de bombeo desde el extremo inferior del tubing. Aparte de ello, el petróleo contiene agua, azufre, parafina y sólidos lo cual ocasiona en este ducto el fenómeno de corrosión, desgaste, reducción del área de paso en la tubería por la misma parafina, picaduras o fallas de electrobomba que está al extremo inferior del tubing, etc.

Cuando se produce una avería en el conjunto y la producción decae interviene la Unidad de Servicio de Pozos para realizar un trabajo de pulling consistente en desarmar el pozo sacando tubo por tubo hasta retirar la

electrobomba, revisar cada componente ,rehabilitar lo dañado y volver a armar todo el pozo para que la producción vuelva a niveles anteriores.

Nuestra unidad estará diseñada para ser transportada en un camión Foremost, modelo Dawson six, accionado por un motor de 195 HP a orugas, con una plataforma capaz de transportar 30,000 Lb. de peso, la cabina del operador no sufrirá ninguna modificación ya que los sistemas serán independientes, siendo el motor del camión sólo para trasladar el equipo.

El sistema de transmisión permanecerá sin modificación, cada pareja de orugas son independientes, es decir giran modularmente, ya sea la pareja de orugas delantera a un lado o la pareja de orugas posteriores al otro, siendo cada larguero del bastidor una sola pieza no existiendo ningún punto articulado.(Sólo el tren de rodamiento)

El sistema de transmisión tiene una toma fuerza con salida a dos ejes longitudinalmente opuestos, para potenciar la oruga delantera y la oruga posterior, sin poder independizar cualquiera de ellas, lo cual nos dificulta la utilización de un P.T.O., que sirva para accionar el winche del conjunto U.S.P. por medio del mismo motor del camión.

El winche a utilizar para el volteo de la pluma es otro aditamento que viene ya instalado y está accionado por el motor del camión, el cual por su posición nos permitirá mayor versatilidad en la operación de volteo e izado del mástil .

En la plataforma irá montado el equipo en sí que constará de motor, winche, pluma, soporte delantero, soporte posterior, soportes laterales, y equipos auxiliares.

La U.S.P. estará en condiciones de ser operada aproximadamente dos horas después de haber llegado al pozo, siendo accionada por lo menos con tres (3) personas, (La guardia es de 4 personas).

Cabe destacar que este tipo de unidades son fabricadas y ofertadas completamente ensambladas por compañías especializadas en construcción de equipos petroleros, pero como mencionamos en el capítulo #1 correspondiente a la introducción, el valor de ellos es muy alto y dado que es un conjunto de piezas y mecanismos que los tiene la Empresa (nuevos y/o reacondicionados de otros equipos de baja o repuestos obsoletos), se puede desarrollar la tecnología suficiente que permita el ensamble y/o modificaciones, así como, las fabricaciones necesarias para construir la Unidad de Servicio de Pozos que nos ocupa.

## **2.2 Condiciones del Terreno para su Operación.**

### **2.2.1 Breve Referencia Geográfica y Operativa.**

Como se mencionó en el prólogo, la Unidad de Servicio de Pozos será diseñada para ser utilizada en forma permanente en los campos petroleros actualmente explotados por Petroperú, situados en el departamento de Loreto, en el Lote # 8 y a cargo de Operaciones Selva (OPS).

Dadas las condiciones geográficas del lugar, será necesario que la unidad sea transportada por orugas, ya que es un terreno barroso en algunas ubicaciones y arcilloso en otras, siendo muy difícil el tránsito con unidades de ruedas.

En toda operación petrolera por cada número de pozos productivos cercanos, se recolecta el crudo en las llamadas Baterías de Producción, que son conjuntos de tanques de 5,000 ,10,000 ó 30,000 barriles que acumulan y envían el petróleo por medio de oleoductos secundarios al oleoducto principal hasta su destino final (Refinería u otro medio de transporte).

De las seis (06) baterías que tiene OPS, cinco (05) de ellas están comunicadas vía fluvial (Río Corrientes) y estas a su vez están enlazadas con sus pozos por trochas carrozables.

Cada una de las plataformas tiene de uno (01) hasta seis (06) pozos, según se haya desarrollado la estructura petrolífera. Estas plataformas pueden ser de dos tipos:

Piloteada.

Las llamadas piloteadas, están generalmente situadas en agujales o áreas inundadas permanentemente en los cuales se han hincado pilotes o tubos metálicos enlazados por vigas horizontales soldadas a dichos pilotes, definiendo de tal manera una superficie elevada recubierta con tablones de madera de 4 pulgadas de espesor.

Sobre el mismo terreno.

Las plataformas sobre tierra están ubicadas en pequeñas elevaciones geográficas que están permanentemente secas, luego, sólo ha sido necesario una limpieza de la vegetación y nivelación de terreno, con la respectiva construcción de drenajes apoyados por equipo pesado.

### **2.2.2 Condiciones del Terreno.**

Dado que en la región selvática son frecuentes las lluvias torrenciales, a menudo las trochas carrozables quedan intransitables para las unidades de ruedas, ya sea porque el terreno se vuelve pantanoso o está permanentemente resbaladizo (ambos tipos de arena son de tipo fino y saturado), según sea la ubicación de la batería.

Para la U.S.P., el transporte se hará con orugas, ya que con ruedas habría que esperar que el terreno seque, cosa difícil en época de lluvias frecuentes, ingresando el equipo a la plataforma ya sea piloteada o sobre tierra (actualmente cuando se realizan labores de Servicio de Pozos circula un tractor de orugas de peso similar a nuestra unidad pero con mayor presión sobre el suelo). De esta manera será posible operar la unidad con estas características del terreno, además que los puntos de apoyo como son la pluma y soportes laterales del camión quedarán sobre patines evitando así el hundimiento o deslizamiento de dichos apoyos.

## **2.3 Características de Componentes y Uso de Partes.**

Para ello debemos describir la Unidad por partes.

### **2.3.1 Motor.**

El motor a usarse será CATERPILLAR , Modelo 3306 TA, de 255 HP a 2,000 RPM; capaz de entregar hasta 270 HP a 2,200 RPM, motor de 6 cilindros con sobrealimentador y postenfriador.

Dado el lugar y características donde se va a trabajar se considerará que se puede disponer de toda la potencia máxima sin restricciones pérdidas por altura.

El motor referido se encargará de proveer la energía motriz al Equipo de Servicio de Pozos por medio de un sistema de transmisión hasta llegar el movimiento al winche. Asimismo, moverá todos los sistemas auxiliares de la Unidad, con excepción del mecanismo de volteo e izaje de la pluma.

### **2.3.2 Embrague.**

Se usará el sistema de disco y accionamiento mecánico por medio de un pulmón neumático, ya que nos permitirá operar el equipo a larga distancia, cada vez que sea necesario enganchar y desenganchar el sistema de transmisión.

### **2.3.3 Caja de Cambios.**

Se usará una caja mecánica de engranajes de cinco (05) cambios hacia adelante y uno (01) en reversa, marca SPICER, modelo CM 6052-A, existente en la operación. Dicha caja tiene una relación de transmisión máxima de 7.28:1 y en directa de 1:1.

La operación de la caja se hará directamente, es decir, al comenzar se hará el cambio necesario y sólo se variará la relación de transmisión cuando se requiera variar la velocidad para sacar la sarta de tubos.

### **2.3.4 Sistema de Transmisión.**

Está situado a continuación de la caja de cambios, se le puede subdividir en eje cardánico y en sistema de cadenas, ambos sistemas vienen incluidos en el winche.

El eje cardánico se compone de dos (02) platos de amarre ,(cada uno con ocho pernos de  $\frac{3}{8}$ " ) dos (02) crucetas y un eje deslizante.

El sistema de cadenas consiste en piñón y catalina, tal como se ha de verificar en el cálculo respectivo y funcionará dentro de una cobertura metálica, que permite lubricarlo por salpicadura.

### **2.3.5 Embrague Neumático.**

Está situado lateralmente (lado de la cadena) al tambor del winche. Servirá para comunicar el movimiento giratorio al winche y así permitir enrollar o desenrollar el cable según sea necesario. Este embrague está accionado por aire y es de tres bolsas de caucho que comprimen axialmente el disco de fibra, funcionando como un embrague convencional. La selección se hará en el acápite 3.5.e.

### **2.3.6 Winche.**

Es una de las partes fundamentales de la unidad. Se usará un winche marca CARDWELL, modelo PO-150, su función será la de transmitir la tensión necesaria por medio del cable para subir o bajar la tubería al pozo.

Recibirá el giro por medio del embrague neumático y para el frenado se utilizarán bandas de freno accionadas por un sistema de palanca desde la posición del operador. Para el sistema de enfriamiento se utilizarán conductos de agua accionados por aire

### **2.3.7 Pluma.**

Será confeccionada artesanalmente de acuerdo a los cálculos desarrollados en el acápite 3.1. y las indicaciones de fabricación en el acápite 4.1. Será de dos (02) cuerpos accionado por medio de cables de acero, uno para elevar el tubo de 8  $\frac{5}{8}$ " que irá concéntrico y dentro del tubo de 10  $\frac{3}{4}$ " y el otro cable servirá para efectuar el volteo de posición horizontal a vertical o viceversa (para el armado o desarmado).

El fin de la pluma es el de permitir, de acuerdo a la altura del diseño, sacar cada tubo, uno por uno, utilizando un polipasto llamado corona situado en la parte superior. Asimismo, para la posición de transporte (horizontal), servirá de apoyo para transportar el motón viajero.

### **2.3.8 Motón Viajero.**

Sistema de poleas que permite reducir la tensión en el cable y poder levantar la sarta de tuberías. Para nuestro diseño se ha seleccionado un motón de tres (03) poleas y gancho doble con eje giratorio. Este gancho significa que se podrá conectar el doble brazaletes utilizado en el agarre de los tubos de producción o tubing y asimismo permite la pequeña rotación existente en la maniobra de bajar o subir la sarta.

### **2.3.9 Soporte Delantero.**

Es una estructura que nos permitirá apoyar la pluma en el momento del transporte, siendo ésta su única función. Será fabricada con material en desuso, previa verificación de sus características mecánicas.

### **2.3.10 Soporte Posterior Giratorio.**

Tiene triple función: Servirnos de apoyo en el transporte al igual que el soporte delantero, servirá para mantener el equipo en posición de operación y finalmente operar el sistema giratorio para el volteo de la pluma; siendo esta última operación crítica en lo que a esfuerzo estructural se refiere. Por último, nos dará el apoyo necesario al momento de la extracción o instalación del tubing, siendo el punto referencial de apoyo en la operación de la pluma.

La estructura estará manufacturada con el tubing utilizado como línea de producción, seleccionado previamente de tal manera que no haya perdido sus características mecánicas.

### **2.3.11 Apoyos Laterales del Camión.**

Están diseñados para evitar vibraciones y volteos indeseables, así como para dar mayor estabilidad a la plataforma. Su diseño está basado en tornillos de potencia, quedando abierta la posibilidad de ser reemplazados por gatas hidráulicas, dando así mayor rapidez y facilidad al armado como al desarmado; pero esto nos elevaría considerablemente el costo de la unidad.

### **2.3.12 Winche Auxiliar.**

Es el único elemento que utiliza potencia mecánica del motor del camión en la Unidad de Servicio de Pozos en sí y que no está accionado por el motor descrito en el acápite 2.3.1. Este winche funciona por medio de un toma fuerza o P.T.O. del sistema de transmisión del camión a orugas, de esta manera no tendremos que acondicionar un sistema extra en la unidad y así tendremos una mayor versatilidad en las labores de armado y desarmado de la pluma.

## CAPITULO # 3.

### CALCULOS Y/O SELECCION DE COMPONENTES.

#### 3.1 Cálculo de la Pluma.

El cálculo de nuestra pluma y unidad será para una capacidad de 4,500 pies con tubing N-80 de 3 1/2 pulgadas.

Para calcular los esfuerzos que deberá soportar la plataforma y las condiciones en que estará sometida la U.S.P., será necesario conocer el peso total del conjunto a ser extraído del pozo (sarta). Una vez conocido este dato, se iniciará el cálculo integral de la pluma que será desarrollado a lo largo del acápite 3.1.

Esta pluma servirá de apoyo elevado para el polipasto (corona) que nos permitirá extraer del pozo la tubería de producción (tubing) y la bomba electrocentrífuga sumergible (BEC). Asimismo estará compuesta principalmente por dos tubos concéntricos (casing) de 8 5/8" y 10 3/4" ( $\emptyset_{\text{exterior}}$ ), siendo el tubo de 8 5/8" el primer cuerpo de esta pluma y ubicada en la parte superior del conjunto con una longitud visible de 25 pies (3 pies más irán dentro del casing de 10 3/4"), de igual manera en el segundo cuerpo o casing de 10 3/4" de 30 pies de longitud, estará apoyado sobre un pequeño patín y sosteniendo el primer cuerpo.

Para evitar inclinaciones indeseables en la columna o pluma se instalarán vientos o cables de retención (cuatro vientos en cada cuerpo) ubicados en los extremos superiores de los cuerpos y dirigidos sobre cuatro direcciones opuestas.

En el plano correspondiente a la vista lateral y posterior a la unidad puede apreciarse claramente la distribución de la pluma.

### **3.1.1 Determinación Peso Muerto del Motón Viajero. (W<sub>m</sub>)**

Se calculará sobre la base de cada componente que deberá levantarse con ayuda de la pluma, interviniendo los respectivos factores de seguridad recomendados por A.P.I. (American Petroleum Institute).

#### **a) Peso Bomba Sumergida. (W<sub>boc</sub>)**

Fuerza de empuje equivalente al peso del fluido dentro de la bomba. (Ver apéndice Bombas Centrifuga. B.J. Hughes).

Consta de:

Motór Eléctrico	(W <sub>ee</sub> ) = 912 Lb.
Protector	(W <sub>pt</sub> ) = 265 Lb.
Bomba Centrifuga	(W <sub>bc</sub> ) = 580 Lb.
Válvula Check	(W <sub>vc</sub> ) = 16 Lb.
Válvula Admisión	(W <sub>ad</sub> ) = 42 Lb.

Luego, el peso W<sub>boc</sub>:

$$W_{boc} = W_{ee} + W_{pt} + W_{bc} + W_{vc} + W_{ad}$$

Reemplazando:

$$W_{boc} = 1,815 \text{ Lb.}$$

**b) Peso de la Tubería Sumergida. (W<sub>t</sub>.)**

La tubería se sumerge previa inundación del pozo con agua salada de acuerdo a las características del trabajo en la zona.

Según la norma A.P.I., los tubos son de 3 1/2"  $\phi_{ext}$  con 30 pies de longitud con un peso de 9.3 Lb/pie-lineal

Para una profundidad de 4,500 pies el peso total de la tubería será:

$$W_{t_z} = 4,500 \times 9.3 = 41,850 \text{ Lb.}$$

y de acuerdo al factor de flotabilidad para agua salada de 0.8609 (Buayancy factors for Steel Pipe. Manual Ingeniero de Petróleo), el peso real resulta finalmente.

$$W_{t_r} = (\text{factor})(W_{t_z}) = 36,029 \text{ Lb.}$$

**c) Peso del Fluido Acumulado. (W<sub>f</sub>.)**

Al bombear agua salada dentro del tubing de 3 1/2" hasta quedar lleno de esta, la válvula check no dejará entrar mas fluido a la sarta de tubos, pero en cada operación de levantamiento, por acción de la inercia dejará salir un volumen determinado atrapado interiormente.

La operación mas crítica es el izado del primer tubo y conforme se reduzca la sarta, el peso que queda es menor.

De la norma A.P.I.,

**Tubing 3 1/2":**

$$\text{O.D.} = 3.5 \text{ pulg.} \quad (\text{Diámetro externo})$$

$$e = 0.254 \text{ pulg.} \quad (\text{Espesor pared})$$

$$\text{I.D.} = 2.992 \text{ pulg.} \quad (\text{Diámetro interior})$$

$$A_i = 7.03 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Area interior})$$

$$V = (A_i)(\text{Profundidad})$$

$$V = (7.03)(4,500 \times 12)$$

$$V = 379,620 \text{ pulg}^3 \quad (\text{Volumen interior})$$

Si la densidad del agua salada es:

$$\tau = 9.1 \text{ Lb/gal} = 398 \times 10^{-4} \text{ Lb/pulg}^3$$

$$W_{ra} = (V)(\tau)$$

$$W_{ra} = 15,109 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso del Agua Salada})$$

**d) Peso del Cable Eléctrico. ( $W_{ce}$ )**

Bombas "Centrilift B.J. Hughes" (Ver apéndice).

$$\text{Peso del cable usado: } 1.11 \text{ Lb/Pie-lineal}$$

$$W_{ce} = (\text{Profundidad})(\text{Peso lineal})$$

$$W_{ce} = 4,995 \text{ Lb.}$$

**e) Peso del Gancho para izar Tubing. ( $W_g$ )**

$$W_g = 150 \text{ Lb. (aprox.)}$$

**f) Peso de Motón Viajero. ( $W_{av}$ )**

(Ver Apéndice)

$$W_{av} = 1,085 \text{ Lb.}$$

Luego, el peso muerto del motón ( $W_m$ ):

$$W_m = W_{bec} + W_{te} + W_{ra} + W_{ce} + W_g + W_{av}$$

$$W_m = 59,183 \text{ Lb.}$$

### 3.1.2 Cálculo del Peso para el Diseño de la Corona. ( $W_s$ )

#### a) Cálculo de la Carga Dinámica. ( $W_{cd}$ )

El  $W_s$  encontrado es una carga estática, la carga dinámica correspondiente es la estática por el factor de carga dinámica cuyo valor es de 1.25.

Luego, debemos considerar:

$$W_{cd} = (F.C.D.)(W_s)$$

$$W_{cd} = 73,979 \text{ Lb.}$$

#### b) Eficiencia del Polipasto.

Depende del diseño y lo establece el fabricante; valores medios son los siguientes.

(Dato según IDECO Co.)

Para 3 poleas  $\eta_3$  86%

Para 2 poleas  $\eta_2$  92%

Para 1 poleas  $\eta_1$  96%

Para nuestro análisis con 3 poleas y carga máxima hallamos el peso sostenido.

$$W_{cb} = \frac{W_{cd}}{\eta_3}$$

$$W_{cb} = 86,022 \text{ Lb.}$$

#### c) Tensión por cada vuelta de cable. (T)

Analizando con ayuda de la figura A.3.1

Dadas las 6 vueltas que sostienen el motón:

$$T = \frac{W_{cb}}{2(\#p)}$$

$$\#p = 3$$

(# poleas motón viajero)

$$T = 14,337 \text{ Lb.}$$

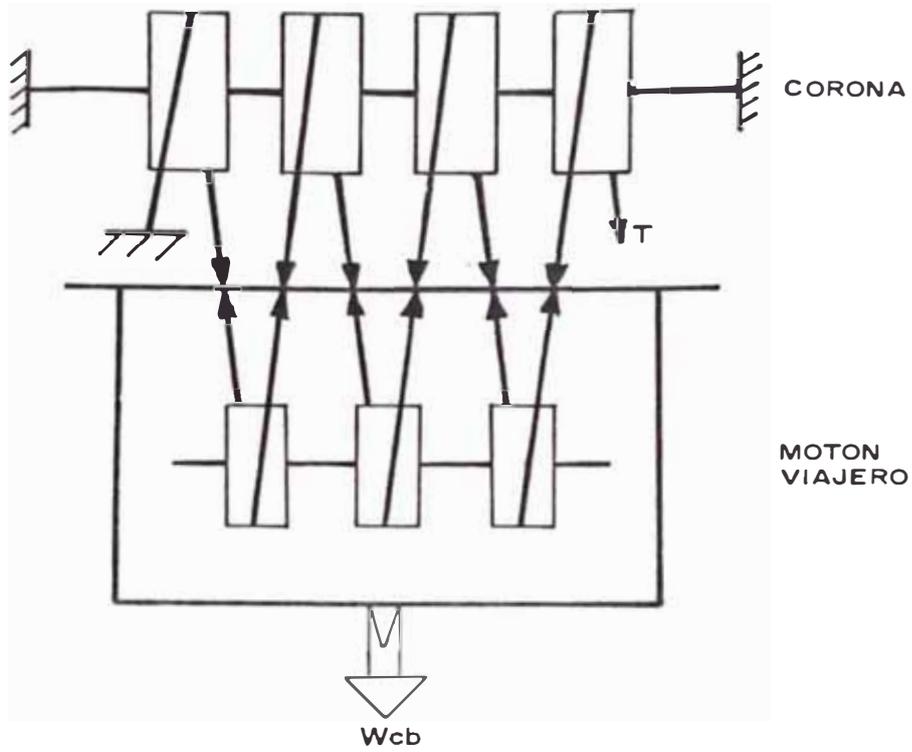
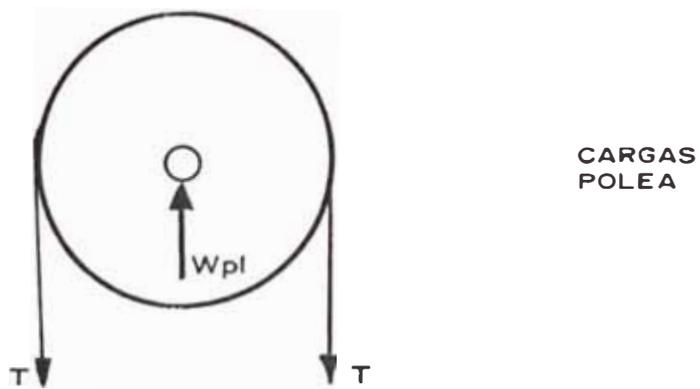


FIGURA A.3.1.



CARGAS POLEA

FIGURA B.3.1.

**d) Carga sobre cada polea en la corona. ( $W_{p1}$ )**

Sabemos que en una polea suspendida se presenta el siguiente diagrama libre (Ver figura B.3.1):

Podemos apreciar:

$$W_{p1} = 2T$$

$$W_{p1} = 28,674 \text{ Lb.}$$

La corona tiene 4 poleas, por lo tanto.

La carga de diseño  $W_{ds}$  será:

$$W_{ds} = 4 W_{p1}$$

$$W_{ds} = 114,696 \text{ Lb.}$$

**3.1.3 Cálculo de las Reacciones en el Primer Cuerpo.**

**a) Datos - Casing grado N-80. (Norma A.P.I.)**

$$O.D. = 8 \frac{1}{8}'' = 8.625 \text{ pulg.} \quad (\text{Ver apéndice})$$

$$e = 0.557 \text{ pulg.}$$

$$I.D. = 7.511 \text{ pulg.}$$

$$W_e = 49 \text{ Lb/pie-lineal}$$

$$S_y = 80,000 \text{ PSI} \quad (\text{Esfuerzo de Fluencia})$$

$$A_e = 14.2 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Sección de Material})$$

$$I_e = \frac{\pi}{64} [(O.D.)^4 - (I.D.)^4] \quad (\text{Momento inercia})$$

$$I_e = 115.4 \text{ pulg}^4$$

$$r_e = \sqrt{\frac{I_e}{A_e}} \quad (\text{Radio de Giro})$$

$$r_e = 2.9 \text{ pulg.}$$

El ángulo máximo de la pluma será  $5.75^\circ$ :

$$\text{Cos } 5.75^\circ = 0.995$$

$$\text{Sen } 5.75^\circ = 0.1$$

**b) Reacciones por Carga de Diseño. ( $W_{db}$ )**

Si sabemos por lo calculado  $W_{db}=114,696$  Lb.

$$\text{Eje Y: } W_{ydb} = (W_{db})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{ydb} = 114,123 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xdb} = (W_{db})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xdb} = 11,470 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{db} = (W_{xdb})(L_t + L_{cr})$$

donde:

$$L_t = 55 \text{ pies} \quad (\text{Longitud de Pluma})$$

$$L_{cr} = 3 \text{ pies} \quad (\text{Longitud de Corona})$$

$$M_{db} = 665,260 \text{ Lb-pie.}$$

**c) Reacciones por Peso de la Corona. ( $W_{cr}$ )**

La corona tiene un peso aproximado  $W_{cr}=1,000$  Lb.

$$\text{Eje Y: } W_{ycr} = (W_{cr})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{ycr} = 995 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xcr} = (W_{cr})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xcr} = 100 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{cr} = (W_{xcr})(L_t + L_{cse})$$

donde:

$$L_{cse} = 2 \text{ pies.}$$

(C.G.de corona Dist.  
Eje Poleas-Base Corona)

$$M_{cr} = 5,700 \text{ Lb-pie.}$$

**d) Reacciones por peso Casing B 10 3/4". ( $W_{cb}$ )**

Si bien la longitud del primer cuerpo (parte visible) será de 25 pies, existen 3 pies dentro del Casing 10 3/4". (Será segundo cuerpo de la pluma)

Recordando que:

$$(L_{t0} = 28 \text{ pies}) \quad (W_0 = 49 \text{ lb/pie}):$$

$$\begin{aligned} \text{Peso:} \quad W_{t0} &= (L_{t0})(W_0) \\ W_{t0} &= 1,372 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eje Y:} \quad W_{y_{t0}} &= (W_{t0})(\cos 5.75^\circ) \\ W_{y_{t0}} &= 1,365 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eje X:} \quad W_{x_{t0}} &= (W_{t0})(\sin 5.75^\circ) \\ W_{x_{t0}} &= 137 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

$$\text{Volteo:} \quad M_{t0} = (W_{x_{t0}})(L_t - L_{c_{g0}})$$

aprox.  $(L_{c_{g0}})$  es la longitud del centro de gravedad, si el casing  $10 \frac{3}{4}$ " mide 30 pies

$$L_{c_{g0}} = \frac{(28 - 3) + 30}{2} \quad (\text{Pluma Total. izada})$$

$$L_{c_{g0}} = 41 \text{ pies}$$

Reemplazando:

$$M_{t0} = 5,617 \text{ Lb-pie.}$$

**e) Reacciones pesos varios.**  
(Polea, cable izaje, soldadura, etc.)

Para fines prácticos  $W_{vre} = 350 \text{ Lb.}$

$$\begin{aligned} \text{Eje Y:} \quad W_{y_{vre}} &= (W_{vre})(\cos 5.75^\circ) \\ W_{y_{vre}} &= 348 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eje X:} \quad W_{x_{vre}} &= (W_{vre})(\sin 5.75^\circ) \\ W_{x_{vre}} &= 35 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volteo:} \quad M_{vre} &= (W_{x_{vre}})(L_{c_{g0}}) \\ M_{vre} &= 1,435 \text{ Lb-pie.} \end{aligned}$$

f) **Reacciones por carga de viento en primer cuerpo. ( $W_{vto}$ )**

El caso más crítico resultará si el viento sopla en la misma dirección en que actúan las cargas que estamos calculando.

Asimismo el área total ( $A_t$ ) será la proyección del casing 8 3/8" vertical al suelo.

$$A_t = (D.D.)(L_{to} \text{ visible})(\text{Cos } 5.75^\circ) = 18 \text{ pie}^2$$

Según norma A.P.I. (Ver apéndice), la presión del viento sobre esta área resultará de:

$$P_s = 0.00338(V_k^2)(C_h)(C_s)$$

$V_k$  : Vel. viento. (Nudos por hora; KNOTTS)

$C_h$  : Coeficiente de altura.

$C_s$  : Coeficiente de la pluma.

Para encontrar datos en norma A.P.I. (Apéndice)

$$V_k = 79 \text{ millas/hr} = 69 \text{ Knotts}$$

$$C_h = 1.1 \quad (\text{Altura entre 50-100 pies})$$

$$C_s = 1.25$$

Reemplazando:  $P = 22 \text{ lb/pie}^2$  (Perpendicular a la pluma)

Recordando:  $L_{cgo} = 41 \text{ pies}$

$$\text{Luego: } W_{vto} = (P)(A_t)$$

$$W_{vto} = 396 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{yvto} = (W_{vto})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{yvto} = 40 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xvto} = (W_{vto})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{xvto} = 394 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{vto} = (W_{xvto})(L_{cgo})$$

$$M_{vto} = 16,154 \text{ Lb-pie.}$$

**g) Reacciones de Vientos Delanteros Superiores.(W)**

De la figura C.3.1:

$$T' = T \cos \beta \cdot \cos \tau \quad (I)$$

$$T'' = T \cos \beta \cdot \sin \tau \quad (II)$$

Asimismo de la figura:

$$\begin{aligned} W'_x &= T' \sin 5.75^\circ \\ &= (T \cos \beta \cdot \cos \tau) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (III)$$

$$\begin{aligned} W'_y &= T' \cos 5.75^\circ \\ &= (T \cos \beta \cdot \cos \tau) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (IV)$$

$$\begin{aligned} W''_x &= T'' \cos 5.75^\circ \\ &= (T \cos \beta \cdot \sin \tau) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (V)$$

$$\begin{aligned} W''_y &= - T'' \sin 5.75^\circ \\ &= - (T \cos \beta \cdot \sin \tau) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned}$$

Momentos provocados por las cargas  $W_x$

$$\begin{aligned} M' &= W'_x(56.5) = (T' \sin 5.75^\circ)(56.5) \\ &= (T \cos \beta \cdot \cos \tau) (\sin 5.75^\circ)(56.5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'' &= W''_x(56.5) = (T'' \cos 5.75^\circ)(56.5) \\ &= (T \cos \beta \cdot \sin \tau) (\cos 5.75^\circ)(56.5) \end{aligned}$$

por lo tanto :

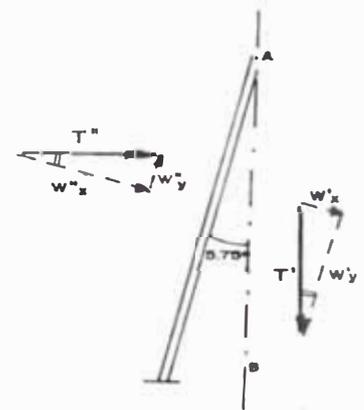
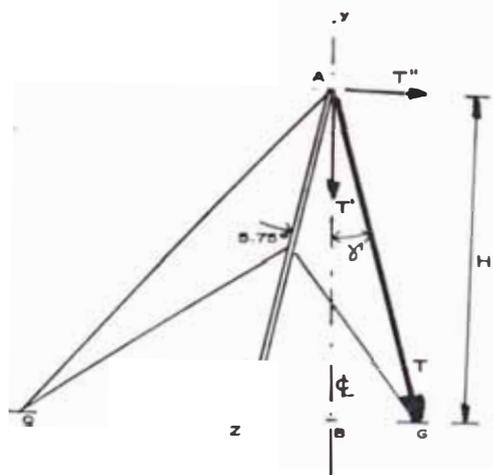
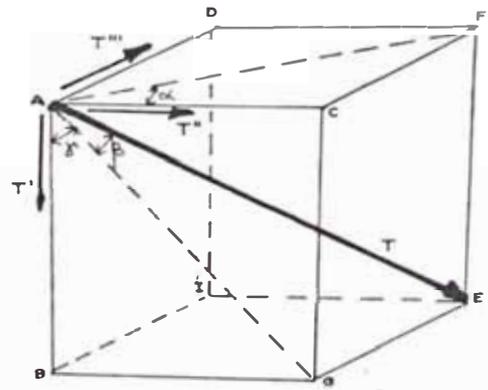
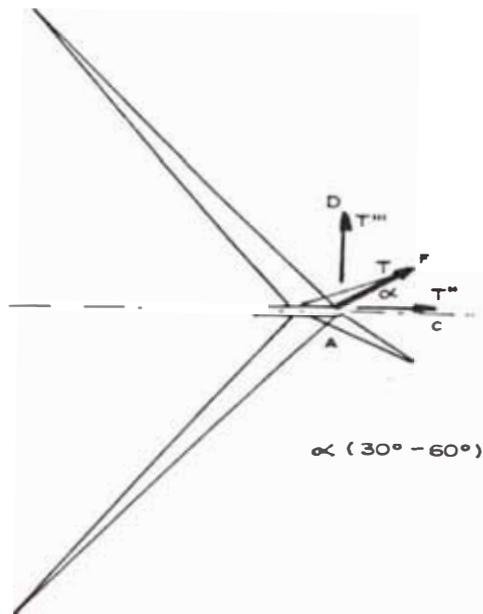
$$M' = (56.5)T(\sin 5.75^\circ)(\cos \beta \cdot \cos \tau) \quad (VII)$$

$$M'' = (56.5)T(\cos 5.75^\circ)(\cos \beta \cdot \sin \tau) \quad (VIII)$$

Tensión recomendada:  $T = 1,000 \text{ Lb.}$

..Recomendación API --->  $BG \in \langle 0.1H - 0.35H \rangle$

Ver Figura C.3.1  $\langle \alpha \in \langle 30^\circ - 60^\circ \rangle$



$ZB = 0.1H$   
 $0.1H \leq BG \leq 0.35H$   
 (RECOM. A.P.I.)

DESCOMPOSICION DE FUERZAS

FIGURA C.3.1.

### h) Cálculo de la Carga Crítica.

Para carga crítica. (sobre el punto A):  $BG = 0.1H$

Luego:

$$\tau = \text{Arctg} \frac{\overline{BG}}{\overline{AB}} = \text{Arctg} \frac{(0.1H)}{(H)}$$

$$\tau = 5.75^\circ$$

Para caso crítico:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\Rightarrow \overline{BG} = \overline{AC} = 0.1H$$

$$\overline{CF} = \overline{AC} \text{ Tg } \alpha = (0.1H) \text{ Tg } 30^\circ$$

$$\overline{CF} = \overline{GE} = (0.1)(56.5) \text{ Tg } 30^\circ$$

$$\overline{CF} = \overline{GE} = 3.2 \text{ pies}$$

$$\overline{AG} = \overline{BG} (\text{Sen } \tau)^{-1}$$

$$\overline{AG} \approx H$$

$$\beta = \text{Arctg} \frac{\overline{GE}}{\overline{AG}} = \text{Arctg} \frac{(0.058H)}{(H)}$$

$$\beta = 3.34^\circ$$

Resumiendo :

$$\tau = 5.75^\circ$$

$$\beta = 3.34^\circ$$

$$T = 1,000 \text{ Lb.}$$

Reemplazando en:(IV) y (VI).

$$\Sigma W'_y + W''_y =$$

$$[1,000(\text{Cos } 3.34^\circ \cdot \text{Cos } 5.75^\circ)(\text{Cos } 5.75^\circ)]$$

$$- [1,000(\text{Cos } 3.34^\circ \cdot \text{Sen } 5.75^\circ)(\text{Sen } 5.75^\circ)]$$

$$\Sigma W'_y = 988 - 10 = 978 \text{ Lb.}$$

Pero son 2 cables :  $\Sigma W_y = 1,956 \text{ Lb.}$

**i) Cálculo del Momento Crítico.**

Para momento crítico.  $BG = 0.35H$

$$\tau = \text{Arctg} \frac{\overline{BG}}{\overline{AB}} = \text{Arctg} \frac{(0.35H)}{(H)}$$

$$\tau = 19.3^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\Rightarrow \overline{BG} = \overline{AC} = 0.35H$$

$$\overline{CF} = \overline{AC} \text{ Tg } \alpha = (0.35H) \text{ Tg } 30^\circ$$

$$\overline{CF} = \overline{GE} = 0.202H = 0.202(56.5)$$

$$\overline{GE} = 11.4 \text{ pies}$$

$$\overline{AG} = \overline{BG} (\text{Sen } \tau)^{-1}$$

$$\overline{AG} = (0.35H) (\text{Sen } 19.3^\circ)^{-1}$$

$$\overline{AG} = 1.059H$$

$$\beta = \text{Arctg} \frac{\overline{GE}}{\overline{AG}} = \text{Arctg} \frac{(0.202H)}{(1.059H)}$$

$$\beta = 10.8^\circ$$

Resumiendo :

$$\tau = 19.3^\circ$$

$$\beta = 10.8^\circ$$

$$T = 1,000 \text{ Lb.}$$

Reemplazando en:(VII) y (VIII).

$$\Sigma M = 56.5 [(1,000)(\text{Sen } 5.75^\circ) \\ (\text{Cos } 10.8^\circ)(\text{Cos } 19.3^\circ)]$$

$$+ 56.5 [(1,000)(\text{Cos } 5.75^\circ) \\ (\text{Cos } 10.8^\circ)(\text{Sen } 19.3^\circ)]$$

$$\Sigma M = [5,248 + 18,251] \text{ Lb-pie.}$$

$$\Sigma M = 23,499 \text{ Lb-pie.}$$

Para 2 cables:

$$\Sigma M = 46,998 \text{ Lb-pie.}$$

### 3.1.4 Cálculo de las Reacciones en el Segundo Cuerpo.

#### a) Datos - Casing grado N-80. (Norma A.P.I.)

$$O.D. = 10 \frac{3}{4}'' = 10.75 \text{ pulg.} \quad (\text{Ver apéndice})$$

$$e = 0.45 \text{ pulg.}$$

$$I.D. = 9.85 \text{ pulg.}$$

$$W_{10} = 51 \text{ lb/pie-lineal}$$

$$S_y = 80,000 \text{ PSI} \quad (\text{Esfuerzo de Fluencia})$$

$$A_{10} = 14.6 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Sección de Material})$$

$$I_{10} = \frac{\pi}{64} [(O.D.)^4 - (I.D.)^4] \quad (\text{Momento inercia})$$

$$I_{10} = 193.5 \text{ pulg}^4$$

$$r_{10} = \sqrt{\frac{I_{10}}{A_{10}}} \quad (\text{Radio de Giro})$$

$$r_{10} = 3.64 \text{ pulg.}$$

El ángulo máximo de la pluma será  $5.75^\circ$

$$\text{Cos } 5.75^\circ = 0.995$$

$$\text{Sen } 5.75^\circ = 0.1$$

#### b) Reacciones por peso segundo cuerpo. ( $W_{t10}$ )

$$\text{Si} \quad L_{t10} = 30 \text{ pies}$$

$$L_{c10} = 15 \text{ pies}$$

$$W_{t10} = (L_{t10})(W_{10})$$

$$W_{t10} = 1,530 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y:} \quad W_{yt10} = (W_{t10})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{yt10} = 1,522 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X:} \quad W_{xt10} = (W_{t10})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xt10} = 153 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo:} \quad M_{t10} = (W_{xt10})(L_{c10})$$

$$M_{t10} = 2,295 \text{ Lb-pie.}$$

c) Reacciones por peso del anillo. ( $W_{an}$ )

Reacción por el anillo soldado en la parte interior y superior del primer cuerpo :

Usamos 3 pies de casing 9 5/8"

Norma A.P.I. N-80

O.D. - 9.625 pulg.

e = 0.395 pulg.

I.D. = 8.835 pulg.

$W_p = 40 \text{ Lb/pie-lineal}$

Se cortará en un ángulo de  $30^\circ$  (ángulo de  $30^\circ$  entre 2 radios), esto nos dará  $11/12$  partes de su peso total. (Ver plano detalle de pluma)

$$W_{an} = 11/12 (L_p) (W_p)$$

$$W_{an} = 11/12 (3) (40)$$

$$W_{an} = 110 \text{ Lb.}$$

Asumamos por practicidad que el C.G. pasa por el eje del casing.

$$\text{Eje Y: } W_{yan} = (W_{an})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{yan} = 110 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xan} = (W_{an})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xan} = 11 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{an} = (W_{xan}) (L_{cg})$$

$$M_{an} = (11) (30 - \frac{3}{2})$$

$$M_{an} = 314 \text{ Lb-pie.}$$

d) **Reacciones por carga de viento en el segundo cuerpo. ( $W_{vt10}$ )**

Similar al primer cuerpo :

$$A_t = (O.D.)(L_{t10} \text{ visible})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$A_t = 26.9 \text{ pies}^2$$

$$V_k = 69 \text{ Knotts.} \quad (\text{Vel. Prom. Viento})$$

Luego; coeficiente de altura entre <0-50> pies:

$$C_h = 1.0$$

$$C_s = 1.25$$

Reemplazando:

$$P = 0.00338 (V_k)^2 (C_h)(C_s)$$

$$P = 20 \text{ lb/pie}^2$$

Por lo tanto:

$$W_{vt10} = (P)(A_t)$$

$$W_{vt10} = 538 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{yvt10} = (W_{vt10})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{yvt10} = 54 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xvt10} = (W_{vt10})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{xvt10} = 535 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{vt10} = (W_{xvt10})(L_{cg10}) \quad (L_{cg10}=15')$$

$$M_{vt10} = 8,025 \text{ Lb-pie.}$$

- **Parte frontal de la unidad de orugas. ( $W_{uo}$ )**

$$A_t = (\text{Ancho})(\text{Altura}) \quad (\text{Area frontal})$$

$$A_t = (10)(10.3)$$

$$A_t = 103 \text{ pies}^2$$

$$V_k = 69 \text{ Knotts.}$$

Coeficiente de altura entre <0-50> pies:

$$C_h = 1.0$$

$$C_u = 1.25 \quad (\text{Coeficiente de la pluma})$$

$$P = 0.00338 (69)^2 (1)(1.25)$$

$$P = 20 \text{ lb/pie}^2$$

Por lo tanto ;

$$W_{uo} = (P)(A_t)$$

$$W_{uo} = 2,060 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{yuo} = (W_{uo})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{yuo} = 206 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xuo} = (W_{uo})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{xuo} = 2,050 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{uo} = (W_{xuo})(L_{\text{soporte}})$$

Donde  $L_{\text{soporte}}$  es donde se apoya la pluma en la unidad.

$$L_{\text{soporte}} = 10.4 \text{ pies}$$

$$M_{uo} = 21,320 \text{ Lb-pie.}$$

**e) Reacciones por pesos varios.**

(Poleas, soldadura, cable izaje, gancho, pintura, pasador etc)

Para fines prácticos asumimos :

$$W_{vr10} = 500 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{yvr10} = (W_{vr10})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{yvr10} = 498 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xvr10} = (W_{vr10})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xvr10} = 50 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{vr10} = (W_{xvr10})(L_{cg10})$$

$$M_{vr10} = 750 \text{ Lb-pie.}$$

f) **Reacciones por peso de escalera. (W<sub>es</sub>)**

Tres pies bajo el punto más alto del segundo cuerpo, 9 escaleras hacia abajo separadas 18".

Son 16.5 pies de escaleras.

Con Fe corrugado de 1/2"; se necesitará para cada escalera:

9" + 12" = 21" y 1" para el dobléz, serán 22" por escalón.

Como la varilla tiene 30 pies:

$$\# \text{ escalones} = \frac{(30 \times 12)}{22} = 16.36 \text{ escalones.}$$

$$\# \text{ escalones} = 16$$

Como son 2 hileras, entonces serán 18 escalones.

Faltan 18 - 16 = 2 escal. <> 2 x 22 = 44 pulg.

Luego, con 1 varilla y 4 pies se podrá confeccionar los 18 escalones.

El peso de la escalera será

$$W_{1/2} = 0.668 \text{ lb/pie} \quad (\text{Peso } 1/2")$$

$$W_{es} = (0.668) \left( \frac{18 \times 22}{12} \right)$$

$$W_{es} = 22 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{y,es} = (W_{es}) (\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{y,es} = 22 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{x,es} = (W_{es}) (\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{x,es} = 2 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{es} = (W_{x,es}) (L_{es}) \quad (L_{es} \text{ distancia C.G.})$$

$$L_{es} = 12.5 \text{ pies}$$

$$M_{es} = 25 \text{ Lb-pie.}$$

**g) Reacciones por peso parrilla del motón. ( $W_{pr}$ )**

**- Diseño de la parrilla:**

Como se puede apreciar en el plano, estará situado 1.5 pies arriba de la abrazadera soportante y de giro de la pluma.

Se usará perfil estructural C4"x5.4", con las siguientes características

$$c = 1.127 \text{ pulg} \quad (\text{Dist. fibra más alejada})$$

$$I = 3.85 \text{ pulg}^4$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$S_y = 36,000 \text{ PSI} \quad (\text{Datos Steel Construction})$$

Supongamos el caso crítico :

$$W_{av} = \text{Peso del motón viajero.}$$

$$W_{av} = 1,085 \text{ Lb.} \quad (\text{Ver 3.1.1.f})$$

$$W'_{av} = (W_{av}) \times \frac{1}{L} ;$$

siendo  $L = \text{long. soportante de un ala.}$

Reemplazando :

$$W'_{av} = (1,085) \left( \frac{1}{1.5} \right)$$

$$W'_{av} = 723 \text{ lb/pie-lineal}$$

Asumimos el diagrama de carga del eje de pluma hacia un lado, como viga empotrada:

Si:

$$M = (W'_{av}) (L) \left( \frac{L}{2} \right)$$

$$M = (723) (1.5) \left( \frac{1.5}{2} \right)$$

$$M = 813 \text{ Lb-pie.}$$

Luego, el esfuerzo máximo en la fibra más alejada :

$$S_{max} = \frac{(M)(c)}{I}$$

$$S_{max} = \frac{(813 \times 12)(1.127)}{3.85}$$

$$S_{max} = 2,856 \text{ PSI}$$

Si el material tiene  $S_y = 36,000 \text{ PSI}$  :

El factor de seguridad será :

$$f.s. = \frac{36,000}{2,856}$$

$$f.s. = 12.6$$

Se debe acotar que la longitud soportante transversal de la parrilla y su longitud a lo largo del mástil, será bastante más larga de lo necesario, pero las condiciones de manipulación del motón, sobretodo al momento de bajar la pluma, nos obligan a tomar esta consideración.

#### - Cálculo de las reacciones.

Luego de verificado la resistencia del material :

$W_{pr}$  = Peso de la parrilla

$$W(C4" \times 5.4") = 5.4 \text{ lb/pie}$$

La longitud total del perfil será :

$$\begin{aligned} C 4" \times 5.4" &: 4 \text{ unidades de } 34 " \\ &= 136 \text{ pulg.} = 11.3 \text{ pies} \end{aligned}$$

Fe corrugado  $\phi$  1/2.

$$2 \text{ segmentos } 52" = 104" = 8.7 \text{ pie}$$

$$16 \text{ segmentos } 6" = 96" = 8.0 \text{ pie}$$

$$16 \text{ segmentos } 6.3" = 101" = 8.4 \text{ pie}$$

$$12 \text{ segmentos } 12" = 144" = 12.0 \text{ pie}$$

$$6 \text{ segmentos } 5" = 30" = 2.5 \text{ pie}$$

$$16 \text{ segmentos } 11" = \frac{176"}{651"} = \frac{14.7 \text{ pie}}{54.3 \text{ pie}}$$

$$W_{pr} = (C 4" \times 5.4") \times W + L_{01/2} \times W_{1/2}$$

$$W_{pr} = (11.3) (5.4) + (54.3) (0.668)$$

$$W_{pr} = 97 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje Y: } W_{ypr} = (W_{pr})(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W_{ypr} = 97 \text{ Lb.}$$

$$\text{Eje X: } W_{xpr} = (W_{pr})(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{xpr} = 10 \text{ Lb.}$$

$$\text{Volteo: } M_{pr} = (W_{xpr})(L_{pr})$$

Donde  $(L_{pr})$  es la distancia al C.G. de la parrilla que está ubicado al centro de la misma.

Si la longitud de la base de la parrilla a la base del mástil es 10.4 pies.

Si la longitud total de la parrilla es 4.3 pies.

$$L_{pr} = 10.4 + \frac{4.3}{2}$$

$$L_{pr} = 12.55 \text{ pies}$$

Reemplazando.

$$M_{pr} = (10) (12.55)$$

$$M_{pr} = 126 \text{ Lb-pie.}$$

### h) Reacciones de Vientos Delanteros Intermedios. (W<sub>x1</sub>)

De la figura D.3.1:

$$T'_1 = T_1 \cos \beta_1 \cdot \cos \tau_1 \quad (I)$$

$$T''_1 = T_1 \cos \beta_1 \cdot \sin \tau_1 \quad (II)$$

Asimismo de la figura:

$$\begin{aligned} W'_{x1} &= T'_1 \sin 5.75^\circ \\ &= (T_1 \cos \beta_1 \cdot \cos \tau_1) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (III)$$

$$\begin{aligned} W'_{y1} &= T'_1 \cos 5.75^\circ \\ &= (T_1 \cos \beta_1 \cdot \cos \tau_1) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (IV)$$

$$\begin{aligned} W''_{x1} &= T''_1 \cos 5.75^\circ \\ &= (T_1 \cos \beta_1 \cdot \sin \tau_1) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (V)$$

$$\begin{aligned} W''_{y1} &= -T''_1 \sin 5.75^\circ \\ &= -(T_1 \cos \beta_1 \cdot \sin \tau_1) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (VI)$$

Momentos provocados por las cargas W<sub>x1</sub>

$$\begin{aligned} M'_1 &= W'_{x1}(31.5) = (T'_1 \sin 5.75^\circ)(31.5) \\ &= (T_1 \cos \beta_1 \cdot \cos \tau_1) (\sin 5.75^\circ)(31.5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M''_1 &= W''_{x1}(31.5) = (T''_1 \cos 5.75^\circ)(31.5) \\ &= (T_1 \cos \beta_1 \cdot \sin \tau_1) (\cos 5.75^\circ)(31.5) \end{aligned}$$

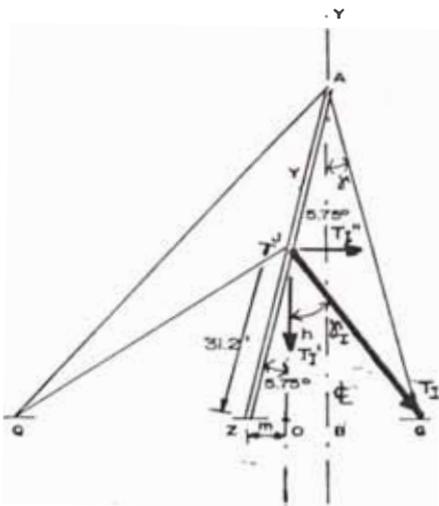
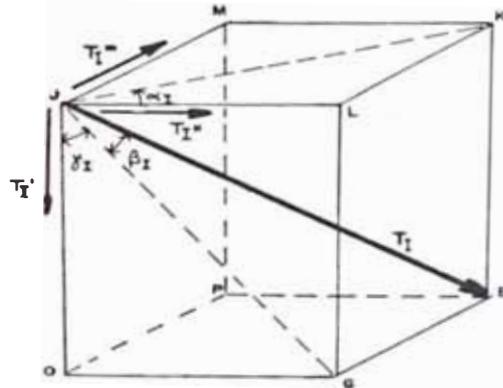
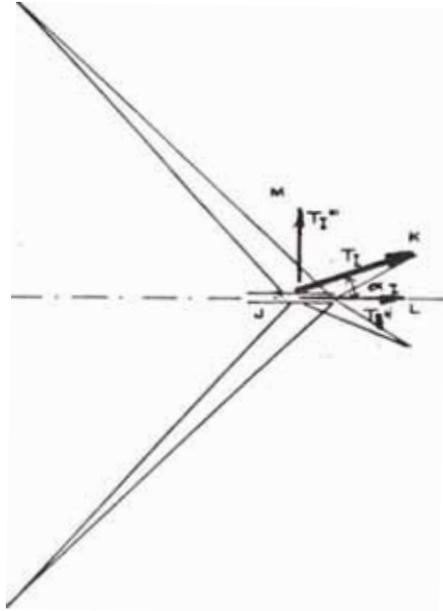
por lo tanto :

$$M'_1 = 31.5 T_1 (\sin 5.75^\circ) (\cos \beta_1 \cdot \cos \tau_1) \quad (VII)$$

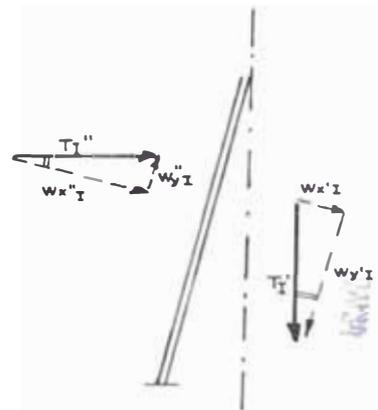
$$M''_1 = 31.5 T_1 (\cos 5.75^\circ) (\cos \beta_1 \cdot \sin \tau_1) \quad (VIII)$$

Tensión recomendada: T = 1,000 Lb.

(Norma API)



H



DESCOMPOSICION DE FUERZAS

- $AB = H = 56.2'$
- $ZB = 0.1H = 5.6'$
- $JO = h = 31.5 \cos 5.75^\circ = 31.3'$
- $ZO = m = 31.5 \sin 5.75^\circ = 3.2'$
- $OB = ZB - ZO = 2.4'$
- $0.1H \leq \overline{BG} < 0.35 H$  (Recomendación A.P.I.)

FIGURA D.3.1.

**i) Cálculo de la Carga Crítica.**

$$\overline{BG} = 0.1 H$$

$$\overline{BG} = 5.6 \text{ pies}$$

Luego:

$$\tau = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{BG}}{\overline{AB}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{0.1H}{H} \right)$$

$$\tau = 5.75^\circ$$

$$\overline{OB} = 2.4 \text{ pies.}$$

(Ver fig.D.3.1)

$$\overline{OG} = \overline{OB} + \overline{BG} = 2.4 + 5.6$$

$$\overline{OG} = 8 \text{ pies.}$$

$$\overline{JO} = 31.3 \text{ pies.}$$

(Ver fig.D.3.1)

$$\tau_1 = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{OG}}{\overline{JO}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{8}{31.3} \right)$$

$$\tau_1 = 14.3^\circ$$

$$\overline{JL} = \overline{OG} = 8 \text{ pies}$$

Luego:

$$\overline{GE} = \overline{LK} = 3.2 \text{ pies}$$

(Mismo muerto anclaje. Acáp. 3.1.3.h) 

Asimismo :

$$\overline{JG} = \overline{OG} (\text{Sen } \tau_1)^{-1}$$

$$\overline{JG} = (8) (\text{Sen } 14.3^\circ)^{-1}$$

$$\overline{JG} = 32.4 \text{ pies}$$

$$\beta_1 = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{GE}}{\overline{JG}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{3.2}{32.4} \right)$$

$$\beta_1 = 5.6^\circ$$

Resumiendo :

$$\tau_1 = 14.3^\circ$$

$$\beta_1 = 5.6^\circ$$

$$T_1 = 1,000 \text{ Lb.}$$

Reemplazando : (IV) y (VI).

$$\begin{aligned} \Sigma W'_{y1} + W''_{y1} &= \\ & [1,000(\text{Cos } 5.6^\circ \cdot \text{Cos } 14.3^\circ)(\text{Cos } 5.75^\circ)] \\ & - [1,000(\text{Cos } 5.6^\circ \cdot \text{Sen } 14.3^\circ)(\text{Sen } 5.75^\circ)] \\ \Sigma W'_{y1} + W''_{y1} &= 960 - 25 = 935 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

Para son 2 cables :  $\Sigma W_{y1} = 1,870 \text{ Lb.}$

### J) Cálculo del Momento Crítico.

Para momento crítico :

$$\overline{BG} = 0.35H = 0.35 (56.5)$$

$$\overline{BG} = 19.7 \text{ pies}$$

Luego:

$$\tau = \text{Arctg } \frac{(0.35H)}{H}$$

$$\tau = 19.3^\circ$$

$$\overline{OB} = 2.4 \text{ pies}$$

$$\overline{OG} = \overline{OB} + \overline{BG} = 2.4 + 19.7$$

$$\overline{OG} = 22.1 \text{ pies}$$

$$\tau_1 = \text{Arctg } \frac{(\overline{OG})}{JO} = \text{Arctg } \frac{(22.1)}{31.3}$$

$$\tau_1 = 35.2^\circ$$

$$\overline{JL} = \overline{OG}$$

Luego:

$$\overline{GE} = \overline{LK} = 11.4 \text{ pies} \quad (\text{Mismo muerto anclaje. Acáp. 3.1.3.i})$$

$$\overline{JG} = \overline{OG} (\text{Sen } \tau_1)^{-1}$$

$$\overline{JG} = (22.1) (\text{Sen } 35.2^\circ)^{-1}$$

$$\overline{JG} = 38 \text{ pies}$$

Luego :

$$\beta_1 = \text{Arctg} \frac{\overline{GE}}{JG} = \text{Arctg} \frac{(11.4)}{38}$$

$$\beta_1 = 16.7^\circ$$

Resumiendo :

$$\tau_1 = 35.2^\circ$$

$$\beta_1 = 16.7^\circ$$

$$T_1 = 1,000 \text{ Lb.}$$

Reemplazando:( VII) y (VIII).

Entonces  $\Sigma M_1$

$$31.5(1,000)(\text{Sen } 5.75^\circ)(\text{Cos } 16.7^\circ)(\text{Cos } 35.2^\circ)$$

$$+31.5(1,000)(\text{Cos } 5.75^\circ)(\text{Cos } 16.7^\circ)(\text{Sen } 35.2^\circ)$$

$$\Sigma M_1 = 2,470 + 17,304$$

$$\Sigma M_1 = 19,774 \text{ Lb-pie.}$$

Para 2 cables:

$$\Sigma M_1 = 39,548 \text{ Lb-pie.}$$

**K) Reacciones de Vientos Posteriores Intermedios. ( $W'_{1p}$ )**

De la figura E.3.1

$$T'_{1p} = T_{1p} \cos \theta \cdot \cos \phi \quad (I)$$

$$T''_{1p} = T_{1p} \cos \theta \cdot \sin \phi \quad (II)$$

Asimismo de la figura:

$$\begin{aligned} W'_{x1p} &= T'_{1p} \sin 5.75^\circ \\ &= (T_{1p} \cos \theta \cdot \cos \phi) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (III)$$

$$\begin{aligned} W'_{y1p} &= T'_{1p} \cos 5.75^\circ \\ &= (T_{1p} \cos \theta \cdot \cos \phi) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (IV)$$

$$\begin{aligned} W''_{x1p} &= -T''_{1p} \cos 5.75^\circ \\ &= -(T_{1p} \cos \theta \cdot \sin \phi) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (V)$$

$$\begin{aligned} W''_{y1p} &= T''_{1p} \sin 5.75^\circ \\ &= (T_{1p} \cos \theta \cdot \sin \phi) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned}$$

Momentos provocados por las cargas  $W_{xi}$

$$\begin{aligned} M'_{1p} &= W'_{x1p}(31.5) = (T'_{1p} \sin 5.75^\circ)(31.5) \\ &= (T_{1p} \cos \theta \cdot \cos \phi) (\sin 5.75^\circ)(31.5) \end{aligned}$$

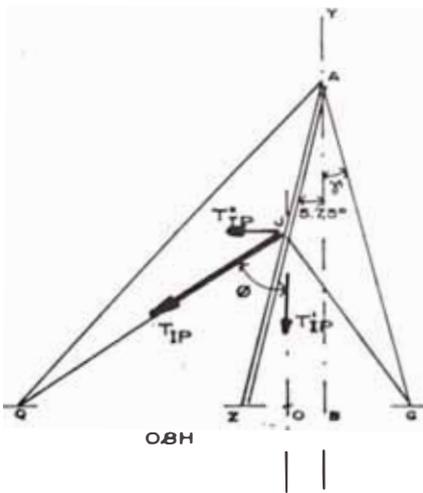
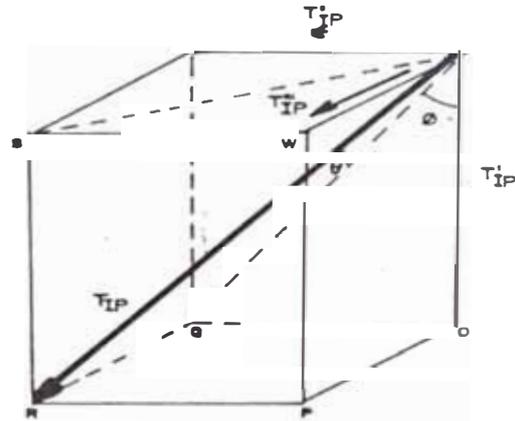
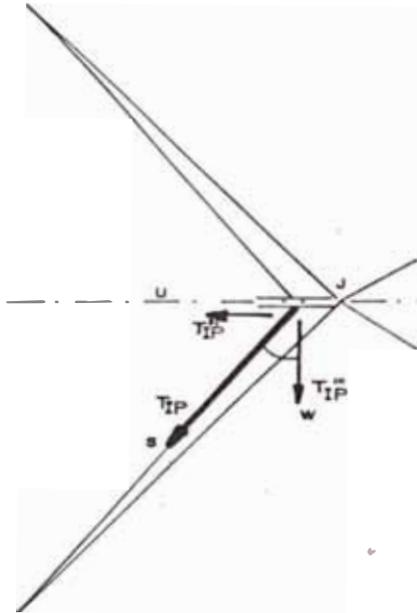
$$\begin{aligned} M''_{1p} &= W''_{x1p}(31.5) = -(T''_{1p} \cos 5.75^\circ)(31.5) \\ &= -(T_{1p} \cos \theta \cdot \sin \phi) (\cos 5.75^\circ)(31.5) \end{aligned}$$

por lo tanto:

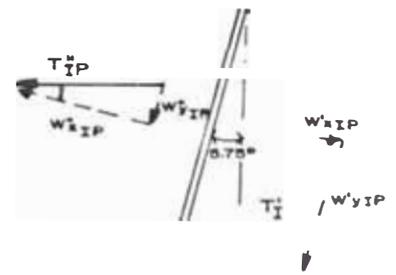
$$M'_{1p} = 31.5 T_{1p} (\sin 5.75^\circ) (\cos \theta \cdot \cos \phi) \quad (VII)$$

$$M''_{1p} = -31.5 T_{1p} (\cos 5.75^\circ) (\cos \theta \cdot \sin \phi) \quad (VIII)$$

Recomendación API :  $T = 1,000 \text{ Lb.}$



H



DESCOMPOSICION DE FUERZAS

- $\overline{OB} = 2.4'$
- $\overline{QB} = 45'$
- $\overline{OO} = \overline{QB} - \overline{OB} = 42.6'$
- $\overline{JO} = 31.3'$

FIGURA E.3.1.

Para hallar las reacciones en la pluma :

En los vientos superiores posteriores.

(La recom.A.P.I. da valores precisos)

Existe el ángulo  $\angle QOR = 45^\circ$  (Según A.P.I.)

$$\overline{QB} = 45 \text{ pies}$$

$$\overline{QR} = \overline{QO} = \overline{QB} - \overline{OB} \quad (\text{Ver Fig.E.3.1})$$

$$\overline{QR} = 42.6 \text{ pies}$$

Luego:

$$\phi = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{QO}}{\overline{JO}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{42.6}{31.3} \right)$$

$$\phi = 53.7^\circ$$

$$\overline{QJ} = \overline{QO} (\text{Sen } \phi)^{-1}$$

$$= 42.6 (\text{Sen } 53.7^\circ)^{-1}$$

$$\overline{QJ} = 52.9 \text{ pies}$$

Luego :

$$\theta = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{QR}}{\overline{QJ}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{42.6}{52.9} \right)$$

$$\theta = 38.8^\circ$$

Resumiendo

$$\phi = 53.7^\circ$$

$$\theta = 38.8^\circ$$

$$T_{1P} = 1,000 \text{ Lb.}$$

Reemplazando :(III) y (IV).

$$W'_{x1P} + W''_{x1P} =$$

$$1,000 (\text{Cos } 38.8^\circ) (\text{Cos } 53.7^\circ) (\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$- 1,000 (\text{Cos } 38.8^\circ) (\text{Sen } 53.7^\circ) (\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$W'_{x1P} + W''_{x1P} = 46 - 625$$

$$W'_{x1P} + W''_{x1P} = -579 \text{ Lb.}$$

Para 2 cables :  $\Sigma W_{xip} = -1,158 \text{ Lb.}$

Reemplazando :(IV) y (VI).

$$W'_{yip} + W''_{yip} =$$

$$1,000(\text{Cos } 38.8^\circ)(\text{Cos } 53.7^\circ)(\text{Cos } 5.75^\circ) \\ + 1,000(\text{Cos } 38.8^\circ)(\text{Sen } 53.7^\circ)(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W_{yip} = 459 + 63$$

$$W_{yip} = 522 \text{ Lb}$$

Para 2 cables :  $\Sigma W_{yip} = 1,044 \text{ Lb.}$

Reemplazando :(VII) y (VIII).

$$M'_{ip} + M''_{ip} = (46)(31.5) + (-625)(31.5)$$

$$M'_{ip} + M''_{ip} = -18,239 \text{ Lb-pie.}$$

Pero son 2 cables:

$$\Sigma M_{ip} = -36,478 \text{ Lb-pie.}$$

### 3.1.5 Cálculo de Reacciones por Vientos de Carga. ( $W_c$ )

De la figura F.3.1 :

$$T'_c = T_c \cos \theta \cdot \cos \phi \quad (I)$$

$$T''_c = T_c \cos \theta \cdot \sin \phi \quad (II)$$

$$\begin{aligned} W'_{xc} &= T'_c \sin 5.75^\circ \\ &= (T_c \cos \theta \cdot \cos \phi) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (III)$$

$$\begin{aligned} W'_{yc} &= T'_c \cos 5.75^\circ \\ &= (T_c \cos \theta \cdot \cos \phi) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (IV)$$

$$\begin{aligned} W''_{xc} &= -T''_c \cos 5.75^\circ \\ &= -(T_c \cos \theta \cdot \sin \phi) (\cos 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (V)$$

$$\begin{aligned} W''_{yc} &= T''_c \sin 5.75^\circ \\ &= (T_c \cos \theta \cdot \sin \phi) (\sin 5.75^\circ) \end{aligned} \quad (VI)$$

Momentos provocados por las cargas  $W_x$

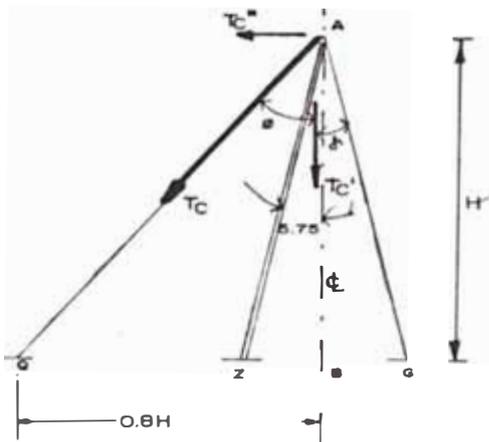
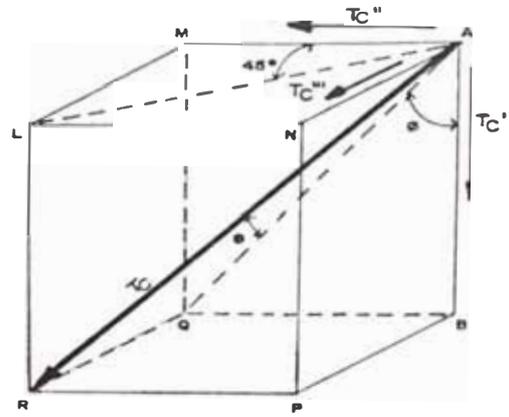
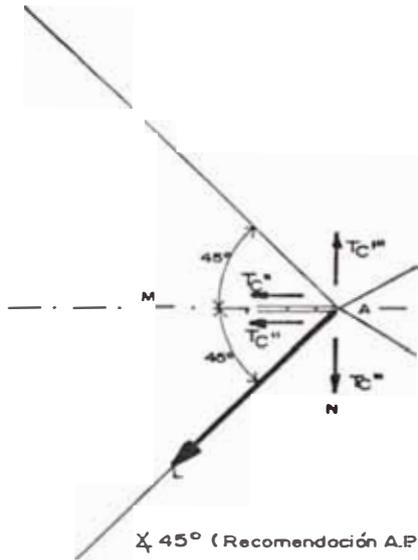
$$\begin{aligned} M'_c &= W'_{xc} (56.5) = (T'_c \sin 5.75^\circ) (56.5) \\ &= (T_c \cos \theta \cdot \cos \phi) (\sin 5.75^\circ) (56.5) \end{aligned} \quad (VII)$$

$$\begin{aligned} M''_c &= W''_{xc} (56.5) = -(T''_c \cos 5.75^\circ) (56.5) \\ &= -(T_c \cos \theta \cdot \sin \phi) (\cos 5.75^\circ) (56.5) \end{aligned} \quad (VIII)$$

por lo tanto :

$$M'_c = 56.5 T_c (\sin 5.75^\circ) (\cos \theta \cdot \cos \phi) \quad (VII)$$

$$M''_c = 56.5 T_c (\cos 5.75^\circ) (\cos \theta \cdot \sin \phi) \quad (VIII)$$



$0.6H \leq \overline{BO} \leq 0.8H$   
(RECOM. A.P.I.)

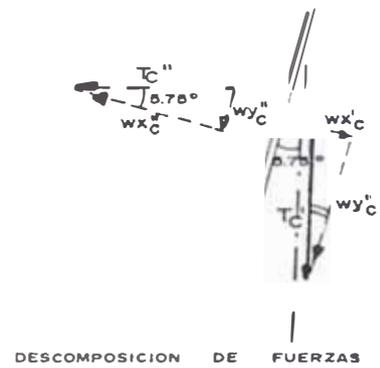


FIGURA F.3.1.

**a) Cálculo de Tensiones en los Vientos de Carga.**

Sabemos que :

$$\overline{AB} = H = 56.5 \text{ pies}$$

$$\overline{QB} = 0.8 H = 45 \text{ pies}$$

$$\phi = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{QB}}{\overline{AB}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{0.8H}{H} \right)$$

$$\phi = 38.7^\circ$$

$$\overline{AQ} = \overline{QB} (\text{Sen } \phi)^{-1} = 45 (\text{Sen } 38.7^\circ)^{-1}$$

$$\overline{AQ} = 72 \text{ pies.}$$

Como:

$$\overline{AM} = \overline{LM}, \text{ ya que existe } < 45^\circ$$

$$\overline{RQ} = \overline{LM} = \overline{QB}$$

$$\overline{RQ} = 45 \text{ pies.}$$

$$\theta = \text{Arctg} \left( \frac{\overline{RQ}}{\overline{AQ}} \right) = \text{Arctg} \left( \frac{45}{72} \right)$$

$$\theta = 32^\circ$$

Resumiendo

$$\phi = 38.7^\circ$$

$$\theta = 32^\circ$$

Hallaremos la tensión  $T''$ , que deben soportar los cables de carga, por lo tanto será necesario conocer el momento total de la pluma :

(Revisar desde acápite 3.1.3.b)

$$\begin{aligned} M_{\text{pluma}} = & M_{cd} + M_{cr} + M_{t0} + M_{vr0} + M_{vt0} \\ & + \Sigma M + M_{t10} + M_{an} + M_{vt10} + M_{u0} \\ & + M_{vr10} + M_{an} + M_{pr} + \Sigma M_i + \Sigma M_{ip} \end{aligned}$$

Reemplazando :

$$\Sigma M_{pluma} =$$

$$\begin{aligned} & 665,260 + 5,700 + 5,617 + 1,435 + 16,154 \\ & + 46,998 + 2,295 + 314 + 8,025 + 21,320 \\ & + 750 + 25 + 126 + 39,548 + 36,478 \\ T''_c(56.5) &= 777,089 \text{ Lb-pie.} \end{aligned}$$

$$T''_c = 13,754 \text{ Lb.}$$

Hallamos la tensión para cada cable ( $\div 2$ )

$$T''_c = 6,877 \text{ Lb.} \quad (\text{c/cable})$$

Reemplazando en (II):

$$T''_c = T_c \text{ Cos } \theta \cdot \text{Sen } \phi$$

$$6,877 = T_c (\text{Cos } 32^\circ)(\text{Sen } 38.7^\circ)$$

$$T''_c \cdot 1.5 = 12,970 \text{ Lb.} \quad (\text{Para un cable})$$

#### b) Cálculo Diámetro Cable de Vientos de Carga.

EL F.Seg recomendado por A.P.I. es 2.5

$$T_c = 32,425 \text{ Lb.}$$

El cable mínimo recomendado por A.P.I. es  $\frac{3}{8}$ ";

$$S_u (\frac{3}{8}) = 36,674 > 32,425 \text{ Lb.}$$

Vientos de carga "acero arado mejorado" de  $\frac{3}{8}$ ".

#### c) Cálculo de Reacciones del Viento de Carga.

Hallamos : (IV) y (VI)

$$W'_{yc} + W''_{yc} =$$

$$12,970 (\text{Cos } 32^\circ)(\text{Cos } 38.7^\circ)(\text{Cos } 5.75^\circ)$$

$$+ 12,970 (\text{Cos } 32^\circ)(\text{Sen } 38.7^\circ)(\text{Sen } 5.75^\circ)$$

$$W'_{yc} + W''_{yc} = 8,541 + 689$$

$$W'_{yc} + W''_{yc} = 9,230 \text{ Lb.}$$

La reacción por los cables será ( $\times 2$ ):

$$W_{yc} = 18,460 \text{ Lb.}$$

### 3.1.6 Esfuerzo Total Sobre la Base de la Pluma.

#### a) Carga Total al Casing 8 3/4". (W<sub>8</sub>)

(Ver todo acápite 3.1.3 y 3.1.5.c)

$$W_{y8} = W_{yed} + W_{yer} + W_{yte} + W_{yvr8} \\ - W_{yvt8} + \Sigma W_y + \Sigma W_{yc}$$

$$W_{y8} = 114,123 + 995 + 1,365 + 348 \\ - 40 + 1,956 + 18,460$$

$$W_{y8} = 137,207 \text{ Lb.}$$

$$A_8 = 14.2 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Acápite 3.1.3.a})$$

Entonces:

$$\sigma_8 = \frac{W_{y8}}{A_8}$$

$$\sigma_8 = 9,662 \text{ PSI}$$

#### b) Carga Total del Casing 10 3/4". (W<sub>10</sub>)

(Ver todo acápite 3.1.4)

$$W_{y10} = W_{y8} + W_{yt10} + W_{yan} - W_{yvt10} \\ - W_{yuo} + W_{yvr10} + W_{yes} + W_{ypr} \\ + \Sigma W_{y1} + \Sigma W_{y1p}$$

$$W_{y10} = 137,207 + 1,522 + 110 - 54 \\ - 206 + 498 + 22 + 97 \\ 1,870 + 1,044$$

$$W_{y10} = 142,110 \text{ Lb.}$$

$$A_{10} = 14.6 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Acápite 3.1.4.a})$$

$$\sigma_{10} = \frac{W_{y10}}{A_{10}}$$

$$\sigma_{10} = 9,733 \text{ PSI}$$

### 3.1.7 Esfuerzo Permisible para las Columnas.

#### a) Cálculo del Factor de Columna.

Siguiendo la metodología recomendada por A.P.I.:

$K = 2$  Para extremos con rotación y translación.

$K = 1$  Para extremos con rotación y sin translación.

$$K = 0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(J/M)}{(I/L)}} \quad (I)$$

Para extremos soldados ó unidos, donde:

$$\frac{J}{M} = J_{1/M_1} + J_{2/M_2} + \dots$$

$J_1, J_2, \dots$  son los momentos de inercia de los extremos unidos y sobre el mismo eje de rotación.

$M_1, M_2, \dots$  Long. de la unión.

$I$  = Momento de inercia del elemento que se busca el factor de columna. (K)

$L$  = Longitud del elemento.

Una vez hallado ambos factores (para cada extremo), se efectuará la semisuma que nos dará el factor de columna buscado: (Para uniformizar criterios: "a" será superior y "b" el extremo inferior).

Dividiremos la columna en 3 partes, si observamos el plano de la vista posterior y lateral de la U.S.P., apreciaremos mejor la división. Nótese que para facilidad, al final del reglón seguido se coloca la longitud de cada segmento.

La primera es el casing de  $8 \frac{3}{8}$ " .(25' = 300")

La segunda es el casing de  $10 \frac{3}{4}$ " , desde la unión con el casing de  $8 \frac{3}{8}$ " hasta la abrazadera soporte de la viga giratoria.(21.1' = 253")

La tercera siempre en el casing de  $10 \frac{3}{4}$ " , desde la abrazadera hasta el extremo pivotante.(8.9' = 107")

Datos:

Casing  $8 \frac{3}{8}$ "

$$I = 115.4 \text{ pulg}^4$$

$$L = 300 \text{ pulg.}$$

$$m = 36 \text{ pulg.} \quad (\text{Conexión columna de } 10 \frac{3}{4} \text{")}$$

Casing  $10 \frac{3}{4}$ "

$$I = 193.5 \text{ pulg}^4$$

$$L = 360 \text{ pulg} = 253 + 107 \quad (\text{Dividido por la abrazadera})$$

$$m = 18 \text{ pulg.} \quad (L/2)(\text{Conex. con abrazadera } 11 \frac{3}{4} \text{"} \\ \text{Acáp 3.3.c})$$

Casing  $11 \frac{3}{4}$ "

$$I = 275 \text{ pulg}^4 \quad (\text{Acápite 3.3.3.a})$$

$$m = 18 \text{ pulg.} \quad (\text{Conex. con abrazadera por un lado})$$

**b) Primera Parte de la Columna.**

Extremo "a":

$$K_a = 1; \quad (\text{Traslación limitada por vientos y rotación libre})$$

Extremo "b":

$$\frac{J}{M} = \frac{115.4}{36} + \frac{193.5}{36}$$

$$\frac{J}{M} = 8.58 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{115.4}{300}$$

$$\frac{I}{L} = 0.385 \text{ pulg}^3$$

Reemplazando en (I):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(8.58)}{(0.5375)}} - 0.6$$

Buscando el valor  $K_b$  en la tabla para 0.54:

$$K_b = 0.89$$

Luego el K para la columna de 8 3/8" será:

$$K = \frac{1 + 0.89}{2}$$

$$K = 0.94 \quad \text{Factor de la columna de 8 3/8"}$$

**c) Segunda Parte de la Columna.**

Extremo "a":

$$\frac{J}{M} = \frac{115.4}{36} + \frac{193.5}{36}$$

$$\frac{J}{M} = 8.58 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{193.5}{360}$$

$$\frac{I}{L} = 0.5375 \text{ pulg}^3$$

wherein:

A = length of bearing of beam on support, in inches.

b = width of the compression flange, in inches.

d = depth of the beam, in inches.

L = unbraced length of column or unsupported length of beam, in inches.

N = distance from outer face of flange to web toe of fillet, in inches.

R = concentrated interior load or end reaction, in pounds.

r = corresponding radius of gyration of column, in inches.

T = thickness of web of beam, in inches.

t = thickness of the compression flange, in inches.

Y = specified minimum yield strength, in pounds per square inch.

h = clear depth between flanges, in inches.

k = effective column length factor,

= 2.0 for cantilever masts and columns,

= 1.0 for pin-end columns,

$$= 0.5 + \frac{1}{2 + \left(\frac{J}{M/L}\right)} \text{ for}$$

compression members having welded joints at both ends, wherein:

$$\frac{J}{M} = j_1/m_1 + j_2/m_2 + j_3/m_3 + \dots$$

$j_1, j_2, j_3 \dots$  = moments of inertia of members, in a common plane, that contribute to the end fixity of the member whose k factor is being computed, in inches to the fourth power.

$m_1, m_2, m_3, \dots$  = lengths of corresponding members, in inches.

I = moment of inertia of member for which the k factor is being computed, in inches to the fourth power.

L = length of this member, in inches.

NOTE 1:

Values of k corresponding to calculated values of  $\frac{J}{M/L}$ , may be obtained by use of Fig. 3, which illustrates these relationships.

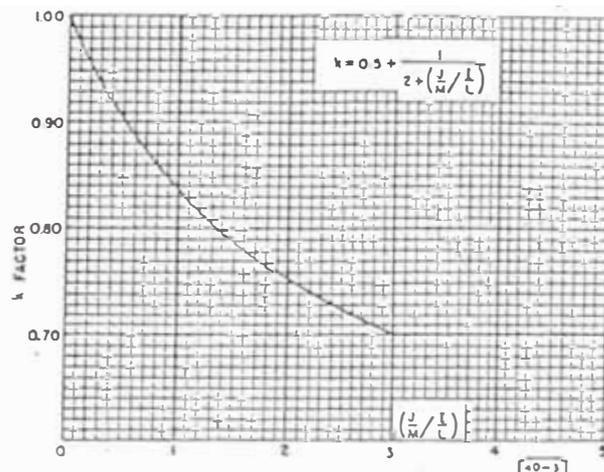


FIG. 3  
RELATIONSHIP OF FACTOR k TO VALUES  
OF  $\frac{J}{M/L}$

NOTE 2:

The following restrictions shall apply to k values calculated for compression members having welded joints at both ends:

- a. When the calculated k values differ for opposite ends of a member, the k value for the member, in the given plane, shall be the mean of the two calculated values. Example: If k = 0.90 for one end and 0.80 for the other, the applicable value shall be 0.85, i.e., (0.90+0.80)/2.
- b. Values of k less than 1.0 may be used for either leg members or web members, but not both. Methods of calculation shall not be mixed within a given structure. If k values less than 1.0 are used for the legs, then a k value of 1.0 shall be used for all web members, or vice versa. However, web members shall not be considered as providing restraint for each other.
- c. When the leg section has a critical minor axis which would permit failure other than in one of the planes of the bracing, the value of k shall be considered as a mean of the values calculated for the bracing planes.  
Example: A column of angle section may fail about the minor axis although the bracing is in the planes of the legs of the angle. Thus, if k = 0.80 in a plane containing one leg of the angle, and k = 0.90 in the plane of the other leg of the angle, k for the minor axis of the angle shall be 0.85, i.e., (0.90+0.80)/2.
- d. When the leg section has a symmetrical cross section, such as for pipe, the plane of bracing having the higher k value shall govern the design.
- e. In calculating the k values for a leg, no restraint shall be credited from the leg in the adjacent panel.
- f. In no case shall the value of k be less than 0.70.

Reemplazando en (I):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(8.58)}{(0.5375)}} = 0.6$$

Buscando el valor  $K_a$  en la tabla para 0.6:

$$K_a = 0.882$$

Extremo "b":

$$\frac{J}{M} = \frac{193.5}{18} + \frac{275}{18}$$

$$\frac{J}{M} = 26 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{193.5}{253}$$

$$\frac{I}{L} = 0.8 \text{ pulg}^3$$

Reemplazando en (I):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(26)}{(0.8)}} = 0.53$$

Buscando el valor  $K_b$  en la tabla para 0.53:

$$K_b = 0.889$$

K para la columna de 10 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" (segunda parte) será:

$$K = \frac{0.882 + 0.889}{2}$$

$$K = 0.886$$

#### d) Tercera Parte de la Columna.

- Extremo "a"

Es el mismo caso que la segunda parte de la columna, en el extremo "a", por lo tanto:

$$K_a = 0.889$$

Extremo "b:

$K_b = 1$  ya que no tiene translación pero sí rotación (pivotado)

$$K = \frac{0.889 + 1}{2}$$

$$K = 0.94$$

**e) Verificación para el Casing 8 1/2" grado N-80.**

(Primera parte de la columna).

Esfuerzo de Fluencia  $S_y = 80,000$  PSI (Norma API)

Según la norma API (Para miembros principales ó secundarios)

Si  $\frac{KL}{r} > \frac{24,000}{\sqrt{S_y}}$  (Valor de r acápite 3.1.3.a)

Se usará la relación:

$$\sigma_{ps} = \frac{149 \times 10^6}{\frac{(KL)^2}{r^2}}$$

Reemplazando datos del acápite 3.1.3.a y 3.1.7.b

$$\frac{(0.94)(25)(12)}{2.9} > \frac{24,000}{\sqrt{80,000}}$$

$$97 > 84.85$$

Luego, reemplazando:

$$\sigma_{ps} = \frac{149 \times 10^6}{(97)^2}$$

$$\sigma_{ps} = 15,836 \text{ PSI}$$

Si  $\sigma_{ps} > \sigma_s$  (Ver Acáp. 3.1.6.a)

$$15,836 > 9,662 \text{ PSI}$$

$$f.s. = 1.64$$

f) Verificación para el casing 10 3/4" grado N-80.  
(Segunda y Tercera parte de la columna)

$$S_y = 80,000 \text{ PSI}$$

Entonces: usamos  $K = 0.94$

(Caso mas critico)

$$\text{Si } \frac{KL}{r} > \frac{24,000}{\sqrt{S_y}}$$

(Reemp. del Acápite 3.1.4.a)

$$\frac{(0.94)(30)(12)}{3.64} > \frac{24,000}{\sqrt{80,000}}$$

$$93 > 84.85$$

En la misma relación anterior:

$$\sigma_{p10} = \frac{149 \times 10^6}{(93)^2}$$

$$\sigma_{p10} = 17,227 \text{ PSI}$$

$$\text{Si } \sigma_{p10} > \sigma_{10}$$

(Ver Acáp. 3.1.6.b)

$$17,227 > 9,733 \text{ PSI}$$

$$f.s. = 1.77$$

### 3.1.8 Fuerza para el Volteo del Mástil.

#### a) Determinación de la Distancia del Soporte Posterior al Punto de Inercia.(b<sub>1</sub>)

Se calculará como si estuviese en equilibrio horizontal:

$$b_1 = \frac{\sum(W)(B)}{\sum W}$$

$$\begin{aligned} (\sum W)(b_1) &= (W_{cr})(B_{cr}) + (W_{t8})(B_{t8}) \\ &+ (W_{vr8})(B_{vr8}) + (W_{t10})(B_{t10}) \\ &+ (W_{an})(B_{an}) + (W_{vr10})(B_{vr10}) \\ &+ (W_{es})(B_{es}) \\ &+ (W_{pr})(B_{pr}) + (W_{av})(B_{av}) \\ &- (P_8)(B'_8) - (P_{10})(B'_{10}) \\ &- (W_{tn})(B'_{tn}) \end{aligned}$$

Donde:

W Es el peso del componente.

B - Distancia al C.G. de componentes en el lado más largo de pluma. (Desde soporte abrazadera de giro)

B' = Distancia al centro de gravedad de cada componente en el lado más corto de la pluma. (Desde soporte abrazadera de giro)

Subíndice:

cr : Corona.

t8 : Casing 8 3/8" sobre el lado más largo.

vr8 : Pesos varios en casing 8 3/8".

t10 : Casing 10 3/4" sobre el lado más largo.

an : Anillo metálico de refuerzo Casing 10 3/4".

vr10 : Pesos varios en casing 10 3/4".

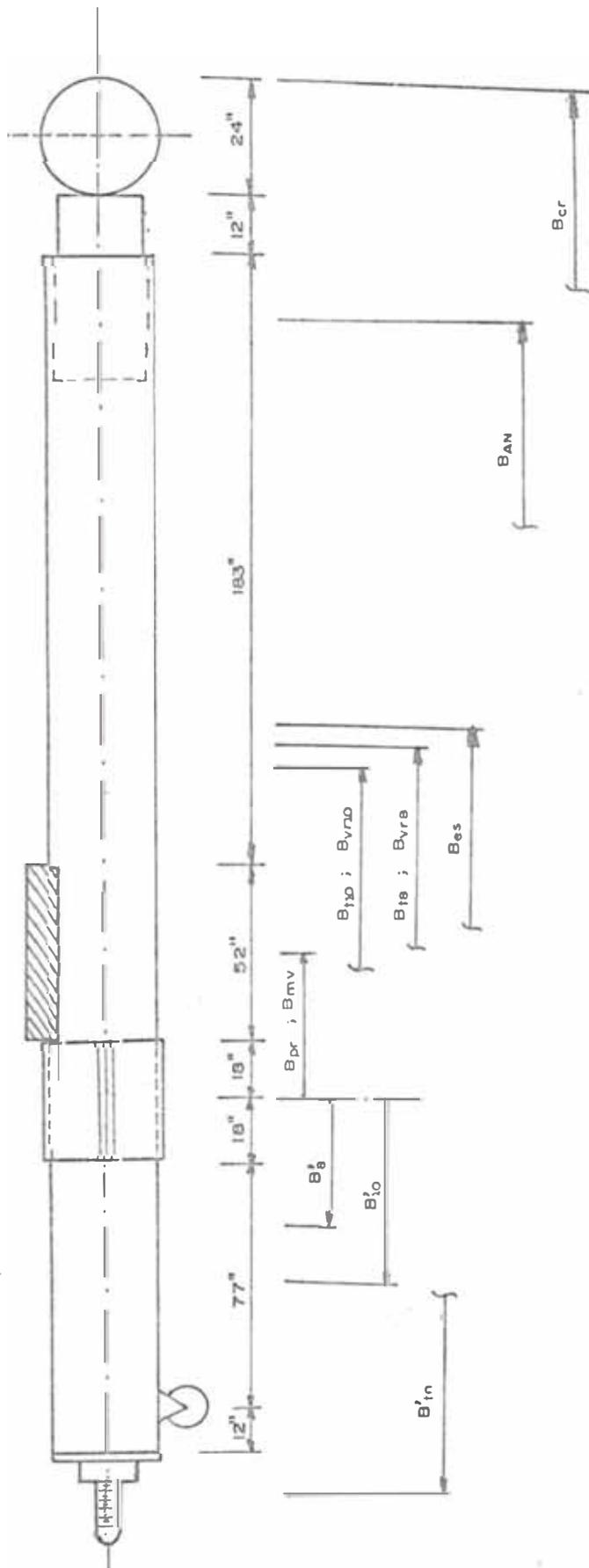
es : Escalera.  
 pr : Parrilla.  
 av : Motón Viajero.  
 es : Casing 8 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>" sobre el lado corto.  
 lo : Casing 10 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" sobre el lado largo.  
 tn : Tornillo potencia (Base mástil)  
 (Ver acápite 3.1.9.j)

- Como datos L (Long. Casing) resumiendo 3.1.7.a
- El centro de abrazadera 11 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" estará a 107" de la base de Pluma.

Reemplazando:

$$\begin{aligned}
 4,409(b_1) &= (1,000)(24.1) + (22.1)(49)\frac{(22.1)}{2} \\
 &+ \frac{(350)(22.1)}{2} + (21.1)(51)\frac{(21.1)}{2} \\
 &+ (110)(21.1 - 1.5) + \frac{(500)(21.1)}{2} \\
 &+ (22)[21.1 - 3 - 4(1.5)] \\
 &+ (97)(1.5 + \frac{4.3}{2}) \\
 &+ (1,085)(12.55 - 8.9) \\
 &- (6.9)(49)\frac{(6.9)}{2} - (8.9)(51)\frac{(8.9)}{2} \\
 &- (122)(10)
 \end{aligned}$$

$$b_1 = 13.36 \text{ pies.}$$



VOLTEO DEL MASTIL

**b) Determinación Cable de Izaie y Potencia Winche.**

Si consideramos una aceleración máxima :

$$\alpha = 0.345 \text{ rad/s}^2$$

La polea que irá en la base del mástil y provocará el giro será ubicada a 7.9 pies del soporte superior. (Ver plano vista lateral)

$$y = 7.9 \text{ pies.}$$

El momento de inercia al inicio del giro de un tubo cualquiera, con un eje transversal en un extremo estará definido aproximadamente por:

$$I = \frac{1}{12} m (3r^2 + 4l^2)$$

Donde:

$$m = \Sigma W = 4,409 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite anterior})$$

$$b = 13.36 \text{ pie} \quad (\text{Acápite anterior})$$

$$g = 32.2 \text{ pie/s}^2$$

$$r = \text{Radio casing } 10 \frac{3}{4}'' = 0.448'$$

$$l = \text{Long. del extremo a izar} = 24.1' \\ \text{Long. pluma, lado mas largo}$$

Reemplazando:

$$I = 26,516 \text{ Lb} \cdot \text{pie}^2 / \text{seg}^2$$

De lo obtenido, consideramos la inercia como una fuerza en la ecuación de equilibrio:

$$R_y(y) = (\Sigma W)(b) + I\alpha$$

Donde  $(\Sigma W)(b)$  del acápite anterior.

$$R_y(7.9) = 58,904 + 9,148$$

$$R_y = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Reacc. vertical volteo})$$

Luego:

El ángulo del cable de izaje será  $45^\circ$

$$T'' = R_v / \cos 45^\circ$$

$$T'' = 12,182 \text{ Lb.} \quad (\text{Fza. aplicada para volteo})$$

Se usará 1 polea, la tensión se repartirá en dos de tal manera que:

$$T' = \frac{12,182}{2} \text{ Lb.}$$

$$T' = 6,091 \text{ Lb.}$$

Pero al izaje, supongamos una eficiencia del mecanismo de poleas del 90%:

$$T = T' / 0.9$$

$$T = 6,768 \text{ Lb.} \quad (\text{Tensión en el winche})$$

Usaremos cable de  $1/2''$  con  $S_u$  23,500 Lb

Factor de seguridad f.s.

$$f.s. = S_u / T$$

$$f.s. = 3.5$$

$$\text{Pot. Winche} = \frac{(T)(\text{Vel})}{550} \quad (I)$$

Donde:

$$\text{Vel} = \frac{\pi DN}{60}$$

$$D = 3/4' \quad (\text{Diámetro del tambor winche})$$

$$N = 20 \text{ R.P.M}$$

$$\text{Vel} = 0.78 \text{ pies/seg}$$

De lo anterior:

$$T = 6,768 \text{ Lb.}$$

Reemplazando en (I):

$$\text{Pot. Winche} = 9.6 \text{ H.P.}$$

### 3.1.9 Tornillo de Potencia.

#### I) Base del Mastil.

##### a) Selección de Medidas.

De acuerdo a cálculos previos escogeremos:

Rosca ACME

Diámetro Exterior Tornillo  $d = 4.5$  pulg.

Diámetro de Raíz Tornillo.  $d_r = 3.98$  pulg.

Diámetro Mayor Tuerca.  $D = 4.52$  pulg.

Diámetro Menor Tuerca.  $D_r = 4.00$  pulg.

Angulo Norm.entre Flancos.  $\phi_n = 14.5^\circ$

Avance de la rosca.  $N = 2$  <sup>Hilos</sup>/pulg

Avance Longitudinal por  
vuelta.  $p = 0.5$  pulg.

Altura de Rosca Tornillo.  $h = 0.26$  pulg.

Diámetro medio Tornillo.  $d_m = 4.25$  pulg.

Coefficiente Fricción  
Tornillo - Tuerca.  $f = 0.11$

##### b) Angulo de Avance de la Rosca. ( $\Omega$ )

Si  $\pi d_m =$  Long. Tangencial recorrida en una vuelta

$$\pi d_m = (\pi)(4.25) = 13.4 \text{ pulg.}$$

$$\Omega = \arctg \left( \frac{p}{\pi d_m} \right)$$

$$\Omega = 2.14^\circ$$

c) **Espeor de la Base del Diente.(b)**

$$b = 2m + 0.3707p$$

Donde:

$$m = h \operatorname{tg} \phi_n = 0.067 \text{ pulg.}$$

Reemplazando:

$$b = 0.32 \text{ pulg.} \approx \frac{1}{16}''$$

d) **Torque para Levantar la Carga.(T<sub>ε</sub>)**

Como servirá de apoyo, le calcularemos con una pre-carga de :

$$W = 1,500 \text{ Lb.}$$

$$T_{\epsilon} = \frac{(W \times d_e)(\operatorname{Cos} \phi_n \operatorname{Tg} \Omega + f) + D_c f_c W}{(2)(\operatorname{Cos} \phi_n - f \operatorname{Tg} \Omega) 2}$$

Donde:

Diámetro promedio del Tornillo de Potencia.  $D_c = 4 \text{ pulg}$

Coefficiente de fricción.  $f_c = 0.15$   
(Aprox. de datos del punto a)

Reemplazando los datos anteriores:

$$T_{\epsilon} = 933 \text{ Lb-Pulg.}$$

e) **Torque para Descender la Carga.(T<sub>o</sub>)**

Supongamos que la carga quedó asentada.  
(Le colocamos un factor de 4)

$$W = (4)(1,500)$$

$$W = 6,000 \text{ Lb.}$$

$$T_o = \frac{(W \times d_e)(f - \operatorname{Cos} \phi_n \operatorname{Tg} \Omega) + D_c f_c W}{(2)(\operatorname{Cos} \phi_n + f \operatorname{Tg} \Omega) 2}$$

$$T_o = 2,768 \text{ Lb-Pulg.}$$

**f) Condición de Irreversibilidad.**

Si  $\operatorname{tg} \Omega < f$  El tornillo no se resbalará,  
será irreversible

$$\operatorname{tg} 2.14^\circ < 0.11$$

$$0.04 < 0.11$$

Se cumple la condición de irreversibilidad.

**g) Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo.**

$$W_{y10} = W$$

$$W = 142,110 \text{ Lb.}$$

(Acápite 3.1.6.b)

Si:  $d_s = 4.25 \text{ pulg.}$                        $b = 0.32 \text{ pulg.}$   
 $h = 0.26 \text{ pulg.}$                           $d_r = 3.98 \text{ pulg.}$   
 $N = 2 \text{ Hilos/pulg.}$                           $D = 4.52 \text{ pulg.}$   
 $L_t = \text{Longitud de Tuerca.}$

**Esfuerzos por Aplastamiento de Roscas. ( $\sigma_s$ )**

Para Tornillo-Tuerca (Ac.-Bronce)  $S_s = 2,950 \text{ PSI}$

$$\sigma_s = \frac{W}{\pi \cdot d_s \cdot h \cdot N}$$

$$\sigma_s = 20,468 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{20,468}{2,950}$$

$$L_t = 6.9 \text{ pulg.}$$

**- Esfuerzos por Flexión en las Roscas. ( $\sigma_r$ )**

Para Acero AISI  $\approx 1040$  ;  $S_y = 78,000 \text{ PSI}$

$$\sigma_r = \frac{3W_s \cdot h}{d_s \cdot N \cdot b^2}$$

$$\sigma_r = 127,350 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{127,350}{78,000}$$

$$L_t = 1.6 \text{ pulg.}$$

- **Esfuerzos de Corte en Roscas de Tornillo. ( $T_r$ )**  
Para el esfuerzo cortante del acero  $S_c = 35,000$  PSI

$$T_r = \frac{3W}{2\pi \cdot d_r \cdot N \cdot b}$$

$$T_r = 26,638 \text{ PSI}$$

$$L_r = \frac{26,638}{35,000}$$

$$L_r = 0.8 \text{ pulg.}$$

- **Esfuerzo Cortante en Roscas de Tuerca. ( $T_t$ )**  
Para el esfuerzo cortante del bronce  $S_c = 42,000$  PSI

$$T_t = \frac{3W}{2\pi \cdot D \cdot N \cdot b}$$

$$T_t = 23,456 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{23,456}{42,000}$$

$$L_t = 0.5 \text{ pulg.}$$

- **Esfuerzos Normal en el Tornillo. ( $\sigma_n$ )**

$$\sigma_n = \frac{4W}{\pi \cdot d_r^2}$$

$$\sigma_n = 11,423 \text{ PSI}$$

#### **Esfuerzo Cortante debido a la Torsión. (T)**

$$T = \frac{16T_t}{\pi \cdot d_r^3} \quad (\text{Ver acáp 3.1.9.d})$$

$$T_r = 75.4 \text{ PSI}$$

### h) Determinación de Medidas del Tornillo.

Tornillo: Material Acero.

AISI  $\approx$  1,040

$S_y = 78,000$  PSI

$L_r = 15$  pulg.

Tuerca: Material Bronce (Fosforoso al 1.25% Sb)

$\phi_{ext} = 7$  pulg.

$L_t = 7$  pulg.

### i) Plancha Soporte del Tornillo de Potencia.

Placa circular con agujero concéntrico, que por diseño va apoyada sobre el casing 10 3/4"

Espesor placa circular  $t = 1.25$  pulg.

Radio exterior placa  $R = 5.375$  pulg.

Radio interior placa  $r = 3.5$  pulg.

Peso sobre tornillo  $P = 142,110$  Lb.

Luego:  $\frac{R}{r} = 1.5$

Tablas: (Manual Ing.Mecánico-Marks) (Capítulo 5.52 tabla 19 -8°ED)

Para  $R/r = 1.5$

$K = 0.22$

#### - Esfuerzo Máximo. ( $S_{max}$ )

$$S_{max} = K \frac{P}{t^2}$$

$S_{max} = 20,009$  PSI

Se usará plancha grado A-36 con  $S_y = 34,000$  PSI

$$f.s. = \frac{34,000}{20,009}$$

$f.s. = 1.7$

j) Peso del Tornillo de Potencia.

**Tornillo:**

Longitud del tornillo                    15 pulg.

Diámetro exterior  
del tornillo                                d - 4.5 pulg.

Densidad del acero                    w - 0.284 lb/pulg<sup>3</sup>

Supongamos que en material existe 80%:

$$w_T = \frac{\pi d^2(L)(w)(0.8)}{4}$$

Reemplazando:

$$w_T = 54 \text{ Lb.}$$

- **Tuerca:**

Longitud de tuerca                    L - 7 pulg.

Diámetro mayor de tuerca            D - 4.52 pulg.

Diámetro de la barra  
de la tuerca                                D' = 7 pulg.

Densidad                                    w = 0.284 lb/pulg<sup>3</sup>

$$w_t = \frac{\pi [(D')^2 - (D)^2] L.w}{4}$$

$$w_t = 45 \text{ Lb.}$$

**Plato Portante:**

Diámetro exterior  $D = 10.75$  pulg.

Diámetro interior  $d = 7$  pulg.

Espesor  $t = 1.25$  pulg.

Densidad(Bronce)  $w = 0.32$  lb/pulg<sup>3</sup>

$$w_p = \frac{\pi t}{4} [D^2 - d^2] w$$

$$w_p = 21 \text{ Lb.}$$

**- Pesos varios.(Soldadura, etc.)**

$$w_r = 2 \text{ Lb.}$$

El peso total será:

$$W_{tN} = 54 + 45 + 21 + 2$$

$$W_{tN} = 122 \text{ Lb.}$$

## II) Giro Del Mastil.

### a) Fuerza de Impacto de la Pluma.

$V_o$  es la velocidad en el punto de apoyo del tornillo de potencia.

$V_{ce}$  : La velocidad del centro gravedad (CG)  
(Ver acápite 3.1.8.a)

Se cumplirá:  $\frac{V_o}{V_{ce}} = \frac{6.08}{13.3}$  (Proporcional a dist. eje sop. post.)

Por cantidad de movimiento:

$$m_o V_o = m_{ce} V_{ce} \quad (I)$$

Si la  $m_{ce} = 4,409$  Lb. (Acápite 3.1.8.a)

Para encontrar  $m_o$  reemplazamos en (I):

$$m_o = \frac{9,645}{g}$$

La fuerza de impacto será:

$$F_o = m_o g$$

$$F_o = W = 9,645 \text{ Lb.}$$

### b) Selección de Medidas.

De acuerdo a cálculos previos escogeremos:

Rosca ACME

Diámetro Exterior Tornillo  $d = 3.5$  pulg.

Diámetro de Raiz Tornillo  $d_r = 2.98$  pulg.

Diámetro Mayor Tuerca  $D = 3.52$  pulg.

Diámetro Menor Tuerca  $D_r = 3.00$  pulg.

Angulo Norm.entre Flancos  $\phi_n = 14.5^\circ$

Avance de la rosca  $N = 2$  Hilos/pulg

Avance Longitudinal por vuelta	$p = 0.5$ pulg.
Altura de Rosca Tornillo	$h = 0.26$ pulg.
Diámetro medio Tornillo	$d_m = 3.25$ pulg.
Coeficiente Fricción Tornillo - Tuerca	$f = 0.11$

**c) Angulo de Avance de la Rosca. ( $\Omega$ )**

$\pi d_m =$  Long. tangencial recorrida en una vuelta

$$\pi d_m = (\pi)(3.25) = 10.2 \text{ pulg.}$$

$$\Omega = \arctg \left( \frac{p}{\pi d_m} \right)$$

$$\Omega = 2.8^\circ$$

**d) Espesor de la Base del Diente. (b)**

$$b = 2m + 0.3707p$$

Donde:

$$m = h \operatorname{tg} \phi_n = 0.067 \text{ pulg.}$$

Reemplazando:

$$b = 0.32 \text{ pulg} \approx \frac{3}{16}$$

**e) Condición de Irreversibilidad.**

Si  $\operatorname{tg} \Omega < f$  el tornillo no se resbalará, será irreversible

$$\operatorname{tg} 2.8^\circ < 0.11$$

$$0.05 < 0.11$$

Se cumple la condición de irreversibilidad

**f) Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo.**

Por la carga de impacto al giro del mástil.  
(Ver acápite 3.1.9.II)

$$F_o = W = 9,645 \text{ Lb.}$$

$$\begin{aligned} \text{Si: } d_o &= 3.25 \text{ pulg.} & b &= 0.32 \text{ pulg.} \\ h &= 0.26 \text{ pulg.} & d_r &= 2.98 \text{ pulg.} \\ N &= 2 \text{ Hilos/pulg.} & D &= 3.52 \text{ pulg.} \end{aligned}$$

**Esfuerzo por Aplastamiento de Roscas. ( $\sigma_a$ )**

Para Tornillo-Tuerca (Ac.-Bronce)  $S_a = 2,950 \text{ PSI}$

$$\sigma_a = \frac{W}{\pi \cdot d_o \cdot h \cdot N}$$

$$\sigma_a = 1,817 \text{ PSI}$$

$$L_r = \frac{1,817}{2,950}$$

$$L_r = 0.6 \text{ pulg.}$$

**Esfuerzo por Flexión en las Roscas. ( $\sigma_f$ )**

Para el acero A.I.S.I.  $\approx 1040$

$S_f = 78,000 \text{ PSI}$

$$\sigma_f = \frac{3W_o h}{d_o \cdot N \cdot b^2}$$

$$\sigma_f = 11,303 \text{ PSI}$$

$$L_f = \frac{11,303}{78,000}$$

$$L_f = 0.15 \text{ pulg.}$$

**Esfuerzo de Corte en Roscas Tornillo. ( $T_r$ )**

Para el esfuerzo cortante del Acero

$S_c \approx 35,000 \text{ PSI}$

$$T_r = \frac{3W}{2\pi \cdot d_r \cdot N \cdot b}$$

$$T_r = 2,415 \text{ PSI}$$

$$L_r = \frac{2,415}{35,000}$$

$$L_r = 0.1 \text{ pulg.}$$

- **Esfuerzo Cortante en Roscas de Tuerca. ( $T_t$ )**  
 Para el esfuerzo cortante del Bronce  $S_c \approx 42,000$  PSI

$$T_t = \frac{3W}{2\pi \cdot D \cdot N \cdot b}$$

$$T_t = 2,044 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{2,044}{42,000}$$

$$L_t = 0.1 \text{ pulg.}$$

- **Verificación del Tornillo Bajo Compresión.**

$$\sigma_c = \frac{W}{A} \left[ 1 + \frac{(L)^2}{(r)^2} \frac{S_y}{\pi^2 \cdot \alpha E} + \frac{(c)(e)}{r^2} \right] < S_{comp}$$

Donde:

$W = 9,645$ Lb.	Fza. Impacto.
$A = 7$ pulg <sup>2</sup>	Area de raíz.
$L = 26$ pulg.	Long. Tornillo.
$I = 3.9$ pulg <sup>4</sup>	Momento Inercia.
$r = 0.75$ pulg.	Radio de Giro.
$\alpha = 2$	Factor de Columna.
$S_y = 78,000$ PSI	Esfuerzo Fluencia. (Ac. Boehler VCL-140)
$E = 30 \times 10^6$ PSI	Mód. Elasticidad.
$c = \frac{3.5}{2} = 1.75$	Distancia del Centroide a fibra más alejada.
$K = 2$	Factor de Columna.
$e = 0$	Excentricidad

Reemplazando:

$$\sigma_c = 1,596 \text{ PSI}$$

Según Steel Construction, para acero con:

$$S_y = 50,000 \text{ PSI}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{(2)(26)}{0.75} = 69$$

El esfuerzo permisible será:

$$\sigma'_c = 21,120 \text{ PSI} \quad (\text{Steel Construction Tabla 3-50})$$

Luego, mínimo factor de seguridad (f.s.):

$$\text{f.s.} = \frac{\sigma'_c}{\sigma_c} = \frac{21,120}{1,596}$$

$$\text{f.s.} = 13$$

**g) Determinación de Medidas del Tornillo.**

Tornillo: Material Acero.

$$\text{AISI} \approx 1,040$$

$$S_y = 78,000 \text{ PSI}$$

$$L_r = 26 \text{ pulg.}$$

Tuerca: Material Bronce  
(Fosforoso 1.25% Sb)

$$\phi_{\text{ext}} = 3.52 \text{ pulg.}$$

$$L_t = 2 \text{ pulg.}$$

### 3.1.10 Peso de la Pluma.

#### a) **Peso del Primer Cuerpo. ( $W_{pc}$ )** (Acáp.3.1.3.c,d y e)

$$W_{pc} = W_{cr} + W_{tb} + W_{vre}$$

$$W_{pc} = 1,000 + 1,372 + 350$$

$$W_{pc} = 2,722 \text{ Lb.}$$

#### b) **Peso del Segundo Cuerpo. ( $W_{sc}$ )** (Acáp.3.1.4.b,c,e,f,g ;Acáp.3.1.9.i,j)

$$W_{sc} = W_{t10} + W_{an} + W_{vr10} + W_{aw} + W_{pr} + W_{tn}$$

$$W_{sc} = 1,530 + 110 + 500 + 22 + 97 + 122$$

$$W_{sc} = 2,381 \text{ Lb.}$$

#### c) **Peso Total de la Pluma. ( $W_{pi}$ )**

$$W_{pi} = W_{pc} + W_{sc}$$

$$W_{pi} = 2,722 + 2,381$$

$$W_{pi} = 5,103 \text{ Lb.}$$

### 3.1.11 Cálculo del Pasador Soporte del Primer Cuerpo.

#### a) Determinación de Cargas y Pasador.

El corte es producido por el peso del casing 8 5/8" y por el peso de los aditamentos.

$$W_{\text{ve}} = 137,500 \text{ PSI (Redondeando la cifra)} \quad (\text{Acápite 3.1.6.a})$$

Supongamos el diámetro del pasador:

$$D = 3 \text{ pulg.}$$

$$A = 7.1 \text{ pulg}^2$$

#### b) Diagrama de Cargas.(Ver diagrama)

$$\begin{array}{l} \text{Diámetro Interior del} \\ \text{casing } 10 \frac{3}{4}'' \\ (\text{Acápite 3.1.4.a}) \end{array} \quad a = 9.85 \text{ pulg.}$$

$$\begin{array}{l} \text{Apoyo en la pared del} \\ \text{casing } 8 \frac{5}{8}'' \\ (\text{Acápite 3.1.3.a}) \end{array} \quad c = 8.625 \text{ pulg.}$$

$$\text{Por lo tanto: } b = \frac{a - c}{2}; \quad b = 0.6125 \text{ pulg.}$$

#### - Reacciones: (R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>).

$$R_1 = R_2 = P = \frac{W_{\text{ve}}}{2} = 68,750 \text{ Lb.}$$

#### Esfuerzo Cortante Máximo (V).

$$V = \frac{4}{3} \frac{P}{A} = 12,911 \text{ PSI}$$

#### Momento Máximo.(M<sub>max</sub>)

$$M_{\text{max}} = (P)(b) = 42,109 \text{ Lb-pulg.}$$

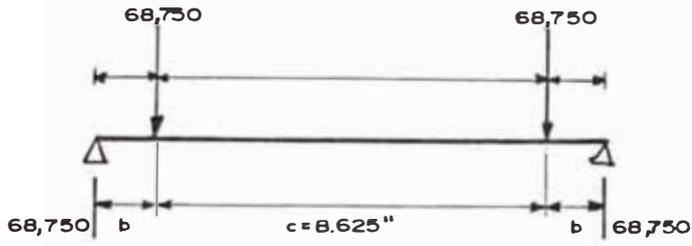
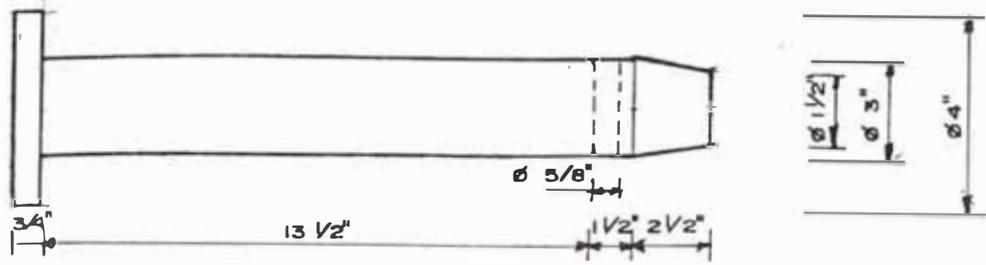
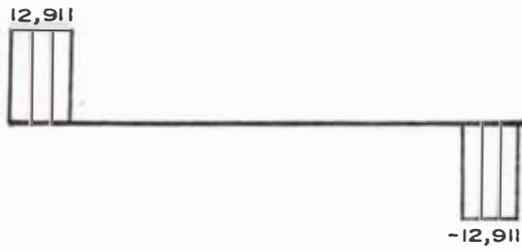
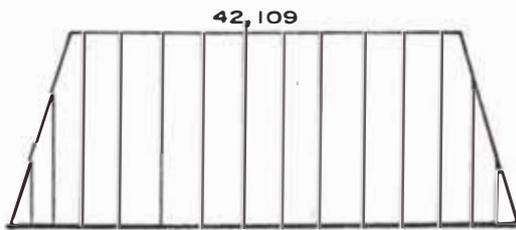


DIAGRAMA DE FUERZAS



ESFUERZO CORTANTE



MOMENTO FLECTOR

PASADOR - SOPORTE

**Esfuerzo Sobre la Fibra más Alejada. ( $\sigma$ )**

$$\text{Momento de Inercia} \quad I = \frac{\pi D^4}{64} = 4 \text{ pulg}^2$$

$$\sigma = \frac{(M_{max})(r)}{I} \quad r = \text{radio de pasador}$$

$$\sigma = 15,791 \text{ PSI}$$

**Fatiga Principal. ( $\sigma_p$ )**

$$\sigma_p = \sigma + \sqrt{(\sigma/2)^2 + V^2}$$

$$\sigma_p = 30,925 \text{ PSI}$$

**c) Verificación por corte. (Pasador - Agujero)**

Según A.P.I. (ver apéndice: esfuerzos máximos en la norma de construcción castillos y plumas), el esfuerzo en el agujero.

$$T < 15,000 \text{ PSI}$$

Para no resquebrajar la pared del tubo.

El agujero tendrá un diámetro de:

$$\text{O.D.} = 3 \text{ pulg.}$$

El área considerada será:

$$A_p = \frac{\pi(\text{OD})^2}{4}$$

$$A_p = 7.1 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Si } P = 68,750 \text{ Lb.}$$

(Acápite 3.1.11.b)

$$T = \frac{P}{A_p}$$

$$T = 9,683 \text{ PSI} < 15,000 \text{ PSI}$$

d) Verificación por Aplastamiento. (Pared del Casing)

Según norma A.P.I., para evitar el efecto de deformación por aplastamiento, el esfuerzo sobre el área proyectada deberá cumplir. (ver apéndice: esfuerzos máximos en la norma A.P.I.)

$$\sigma = 32,000 \text{ PSI}$$

Para poder superar el esfuerzo crítico se colocará una platina de refuerzo de una (01) pulgada de espesor, esto reducirá la presión soportada en el agujero de cada casing (Ambos tubos tienen un espesor de 0.45")

Si:

$$O.D. = 3 \text{ pulg.} \quad (\text{Diámetro agujero})$$

$$e = 0.45 \text{ pulg.} \quad (\text{Espesor de pared})$$

$$e_t = 1 \text{ pulg.} \quad (\text{Espesor de platina})$$

$$P = 68,750 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.11.b})$$

$$\sigma = \frac{P}{(e_t + e)(O.D.)}$$

$$\sigma = 15,805 \text{ PSI} < 32,000 \text{ PSI}$$

Luego Factor de Seguridad (f.s)

$$f.s. = \frac{32,000}{15,805} = 2$$

### **3.2 Resistencia de la Estructura del Camión.**

Se considerarán los siguientes criterios:

Los perfiles del bastidor son 2 de tipo C 10" x 20" y sobre estos, en la zona de carga, lleva un refuerzo del mismo material (remachado), lo que nos permitirá mayor resistencia a la flexión.

El cálculo se realizará sin considerar que existen dichos refuerzos de tal manera que nos de un mayor coeficiente de seguridad.

El material del bastidor es un acero SAE-1060 con las siguientes características:

$S_y$  - 54,000 PSI

$S_u$  - 98,000 PSI

Laminado en caliente.

(Según Fabricante)

La longitud del bastidor sobre el cuál se hace el cálculo estará dado por el apoyo delantero hasta el final del bastidor, ya que peso máximo permitido en la zona de carga es de 30,000 Lb. (Longitud sobre el cual se realiza el cálculo es de 269 pulg).

### 3.2.1 Resistencia del Patín Conjunto: Motor Caja de Cambios - Piñón.

Consideremos los sgtes. pesos:

$W_{motor}$	=	2,220 Lb.	(Con lubricante y refrig.)
$W_{rad.}$	=	450 Lb.	(Radiador con refrigerante)
$W_{caja}$	=	900 Lb.	(Caja cambios con lubric.)
$W_{tra}$	=	300 Lb.	(Protector de cadenas)
$W_{vt}$	=	49 Lb.	(Viga transversal amarre)

Dado que este conjunto está soportado por 2 vigas longitudinales, cada viga soporta la mitad del peso total. (El motor tiene 4 puntos de apoyo, por lo tanto, cada apoyo se divide en 2)

Las cargas a continuación son las que se distribuyen a lo largo de cada viga. Las cargas puntuales  $W_A$ ,  $W_B$  y  $W_C$  están localizadas en vigas transversales.

$$W_A = \frac{(W_{motor} + W_{rad} + W_{vt})}{2}$$

$$W_A = 804.5 \text{ Lb.}$$

$$W_B = \frac{(W_{motor} + W_{caja} + W_{vt})}{2}$$

$$W_B = 1,030 \text{ Lb.}$$

$$W_C = \frac{(W_{tra} + W_{vt})}{2}$$

$$W_C = 174.5 \text{ Lb.}$$

Habrán cargas repartidas en la viga que son:

**Peso mismo de la viga ( W6" x 15' ):**

$$1.25 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

- **Peso del piso (Plancha Estriada): (W<sub>pe</sub>)**

Si la densidad del acero  $W_{ac} = 0.284 \text{ Lb/pulg}^3$

Ancho promedio soportado  $f = 35 \text{ pulg.}$

Espesor prom. de plancha  $e = 1/8 \text{ pulg.}$

$$W_{pe} = (W_{ac}) (f) (e)$$

$$W_{pe} = 1.25 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

**Peso promedio por objetos varios:**

$$8.5 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

Luego: la sumatoria de las cargas repartidas.

$$W = 1.25 + 1.25 + 8.5 = 11 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

**a) Diagrama de Carga.**

**- Reacciones:**

$$\Sigma F_v = 0$$

$$R_1 + R_2 = (11)(134) + 804.5 + 1,030 \\ + 174.5$$

$$R_1 + R_2 = 3,483 \text{ Lb} \dots\dots\dots (I)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$32 R_2 - (1,030)(11) + (174.5)(61) \\ + \frac{[(11)(83)(83)]}{2}$$

$$- (804.5)(31.5)$$

$$+ \frac{[(11)(51)(51)]}{2} \dots\dots (II)$$

De (I) y (II):

$$R_2 = 631.2 \text{ Lb.}$$

$$R_1 = 2,851.8 \text{ Lb.}$$

**Esfuerzo Cortante Máximo.(V)**

Donde:

$$A = 4.43 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Manual Steel Construction})$$

$$F = 2,851.8 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga Máxima. Ver diagrama})$$

$$V = \frac{F}{A} = 643.7 \text{ PSI}$$

**Momento Flector Máximo:(M<sub>max</sub>)**

$$M_{max} = 39,647.25 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Ver Diagrama})$$

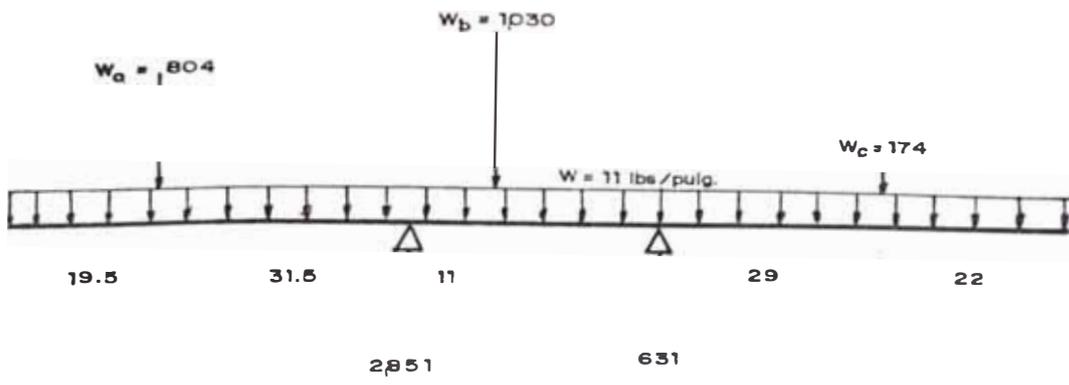
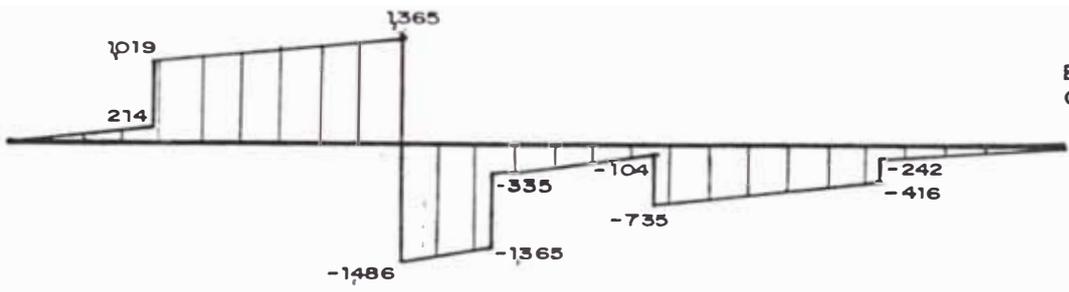
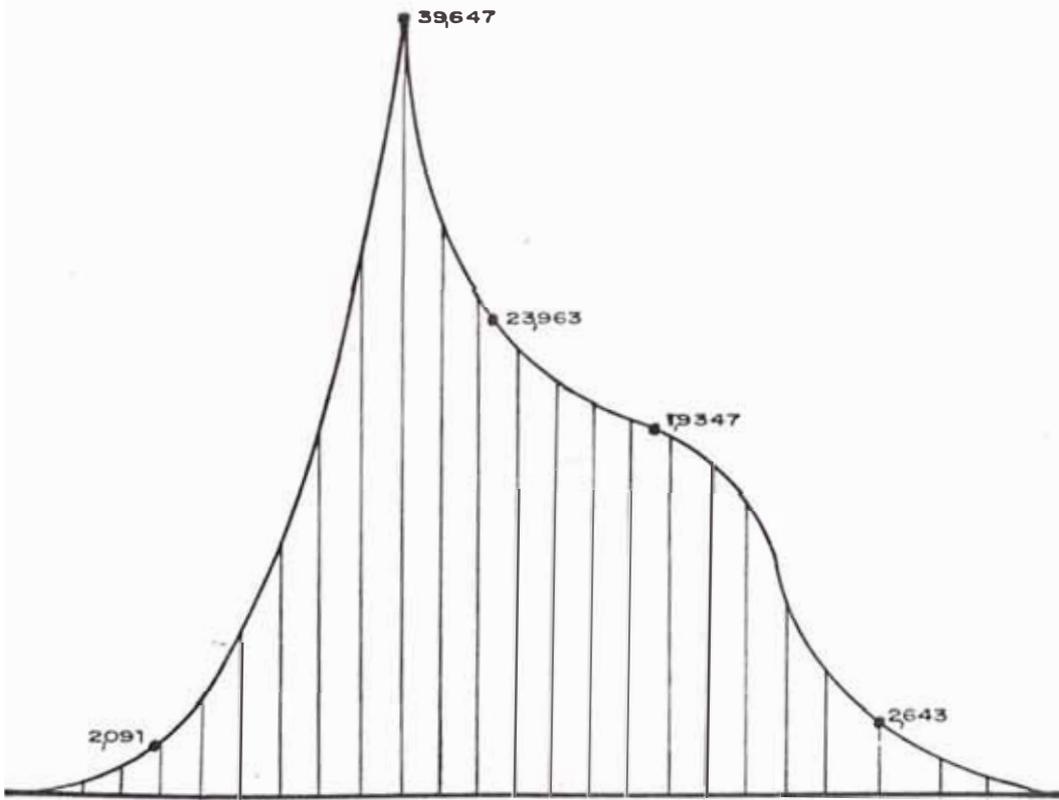


DIAGRAMA DE FUERZAS



ESFUERZO CORTANTE



MOMENTO FLECTOR

PATIN MOTOR - C. CAMBIOS

**Esfuerzo Flector Máximo: ( $\sigma$ )**

$$\sigma = \frac{(M_{max})(C)}{(I)}$$

Donde:

$$c = 3 \text{ pulg.} \quad \text{(Fibra más alejada)}$$

$$I = 29.1 \text{ pulg}^4 \quad \text{(Momento de Inercia)} \\ \text{(Manual Steel Construction)}$$

Reemplazando:

$$\sigma = 4,087 \text{ PSI}$$

Si  $S_y = 36,000 \text{ PSI}$ ,

El factor de Seguridad (f.s.)

$$\text{f.s.} = \frac{36,000}{4,087} = 9$$

Se usará perfil W 6" x 15\*

### 3.2.2 Resistencia del Patín Conjunto : Winche Transmisión.

Consideremos:

$$W_{\text{winche}} = 4,000 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso del Winche})$$

$$W_{\text{cable}} = 910 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso del cable. Acapite 3.6.1})$$

$$W_{\text{vt}} = 57 \text{ Lb.} \quad (\text{Viga transversal amarre})$$

Como en 3.2.1, la mitad del peso total irá en cada viga; asimismo la base del winche mide 67 pulg., por lo que se dividirá  $W$  en cargas repartidas a todo lo largo.

#### Cargas Puntuales:

$$W_A = \frac{(W_{\text{vt}})}{2} = 28.5 \text{ Lb.}$$

#### Cargas Repartidas:

$$W = [(W_{\text{winche}} + W_{\text{cable}})/67] / 2$$

$$W = 37 \text{ Lb/pulg-lineal} \quad (\text{Es el peso repartido en cada viga})$$

#### - Peso mismo de la viga (W 6" x 15°):

$$1.25 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

#### - Peso del piso (Plancha Estriada): ( $W'_{\text{pe}}$ )

$$\text{Si la densidad del acero } W_{\text{ac}} = 0.284 \text{ Lb/pulg}^3$$

$$\text{Ancho promedio soportado } f = 41 \text{ pulg.}$$

$$\text{Espesor prom. de plancha } e = 1/8 \text{ pulg.}$$

$$W'_{\text{pe}} = (W_{\text{ac}})(f)(e)$$

$$W'_{\text{pe}} = 1.5 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

- **Peso promedio por objetos varios:**

$$7.25 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

$$W = 1.25 + 1.5 + 7.25 = 10 \text{ Lb/pulg-lineal}$$

**a) Diagrama de Carga.**

- **Reacciones:  $\Sigma F_v = 0$**

$$R_1 + R_2 = (134)(10) + (37)(67) + 28.5 + 28.5$$

$$R_1 + R_2 = 3,876 \text{ Lb.} \dots\dots\dots (I)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$(32)R_2 = \frac{(37)(54)^2}{2} + (28.5)(51) + \frac{(10)(83)^2}{2} - \frac{(10)(51)^2}{2} - \frac{(37)(13)^2}{2} - (28.5)(10). \quad (II)$$

De (I) y (II):

$$R_2 = 2,295 \text{ Lb.}$$

$$R_1 = 1,581 \text{ Lb.}$$

- **Esfuerzo Cortante Máximo: (V)**

Donde:

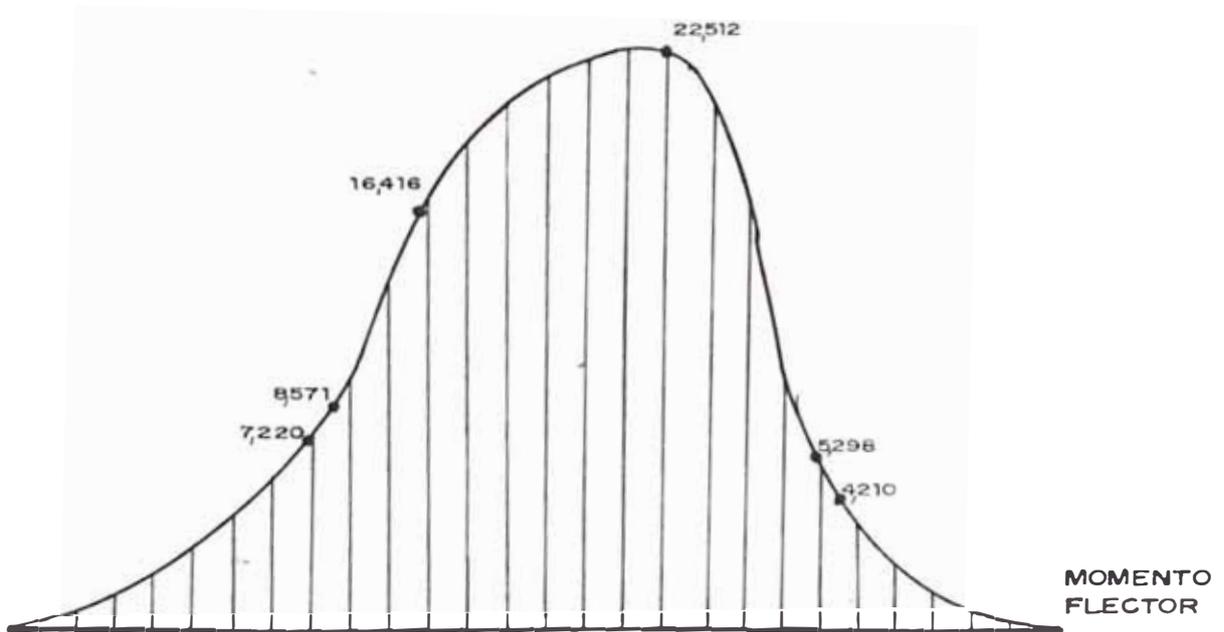
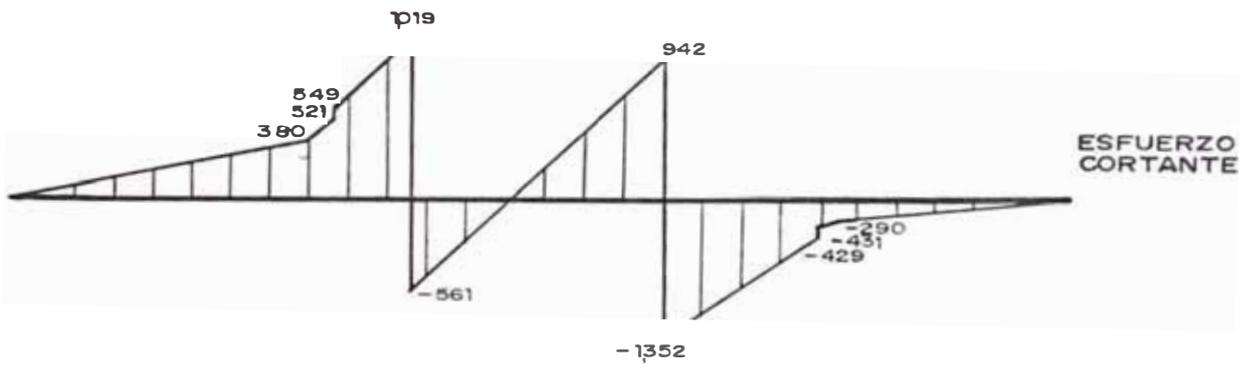
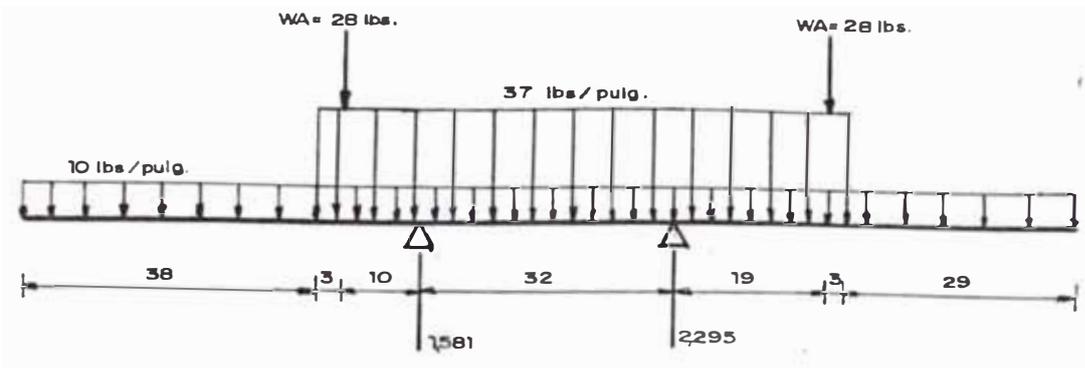
$$A = 4.43 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Manual Steel Construction})$$

$$F = 2,295 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga Max. Ver diagrama})$$

$$V = \frac{F}{A} = 518 \text{ PSI}$$

- **Momento Flector Máximo: (M<sub>max</sub>)**

$$M_{max} = 22,512.65 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Ver Diagrama})$$



PATIN WINCHE - TRANSMISION

**Esfuerzo Flector Máximo: ( $\sigma$ )**

$$\sigma = \frac{(M_{max})(C)}{(I)}$$

Donde:

$$c = 3 \text{ pulg.} \quad \text{(Fibra más alejada)}$$

$$I = 29.1 \text{ pulg}^4 \quad \text{(Momento de Inercia)} \\ \text{(Manual Steel Construction)}$$

Reemplazando:

$$\sigma = 2,321 \text{ PSI}$$

Si  $S_y = 36,000 \text{ PSI}$

El factor de Seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{36,000}{2,321} = 15.5$$

Se usará perfil W 6" x 15\*

### 3.2.3 Cargas sobre el Chasis.

#### a) Chasis Derecho.

Soporte Delantero:

$$R_{vd} = 791 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.11.b})$$

Patín: Motor - Caja de Cambios - Piñón:

$$R_1 = 2,851.8 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.1.a})$$

Patín: Winche - Transmisión:

$$R_1 = 1,581 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.2.a})$$

Soporte Posterior:

$$R_{vp1} = 1,268 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.8.a})$$

$$R_{vp2} = 898 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.8.a})$$

#### b) Chasis Izquierdo.

- Soporte Delantero:

$$R_{vd} = 791 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.11.b})$$

Patín: Motor - Caja de Cambios - Piñón:

$$R_2 = 631.2 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.1.a})$$

- Patín: Winche - Transmisión:

$$R_2 = 2,295 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.2.a})$$

Soporte Posterior:

$$R_{vp1} = 1,268 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.8.a})$$

$$R_{vp2} = 898 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.8.a})$$

### 3.2.4 Reacciones Sobre Chasis Derecho.

#### Reacciones:

$$\Sigma F_v = 0$$

$$A_1 + B_1 = 12,612 \text{ Lb.} \dots\dots\dots (I)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\begin{aligned} 173 B_1 &= (791)(55) + (791)(85) \\ &+ 2,851.8(97) + 2,851.8(142) \\ &+ 1,581(160.5) + 1,581(212) \\ &+ 790(221) + 1,114(267) \dots\dots (II) \end{aligned}$$

De (I) y (II):

$$B_1 = 10,713 \text{ Lb.}$$

$$A_1 = 1,899 \text{ Lb.}$$

#### - Esfuerzo Cortante Máximo.(V)

Donde:

$$A = 5.88 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Manual Steel Construction})$$

$$F = 10,713 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga Max. Ver diagrama})$$

$$V = \frac{F}{A} = 1,822 \text{ PSI}$$

#### Momento Flector Máximo:(M<sub>max</sub>)

$$M_{max} = -223,955 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Ver Diagrama})$$

#### - Esfuerzo Flector Máximo:(σ)

$$\sigma = \frac{(M_{max})(C)}{(I)}$$

Donde:

$$c = 5 \text{ pulg.} \quad (\text{Fibra más alejada})$$

$$I = 78.9 \text{ pulg}^4 \quad (\text{Momento de Inercia})$$

(Manual Steel Construction)

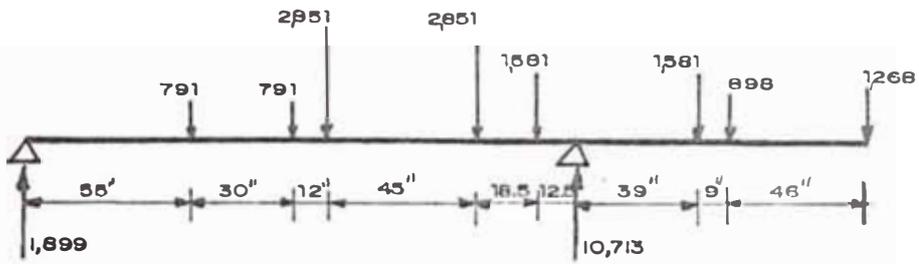
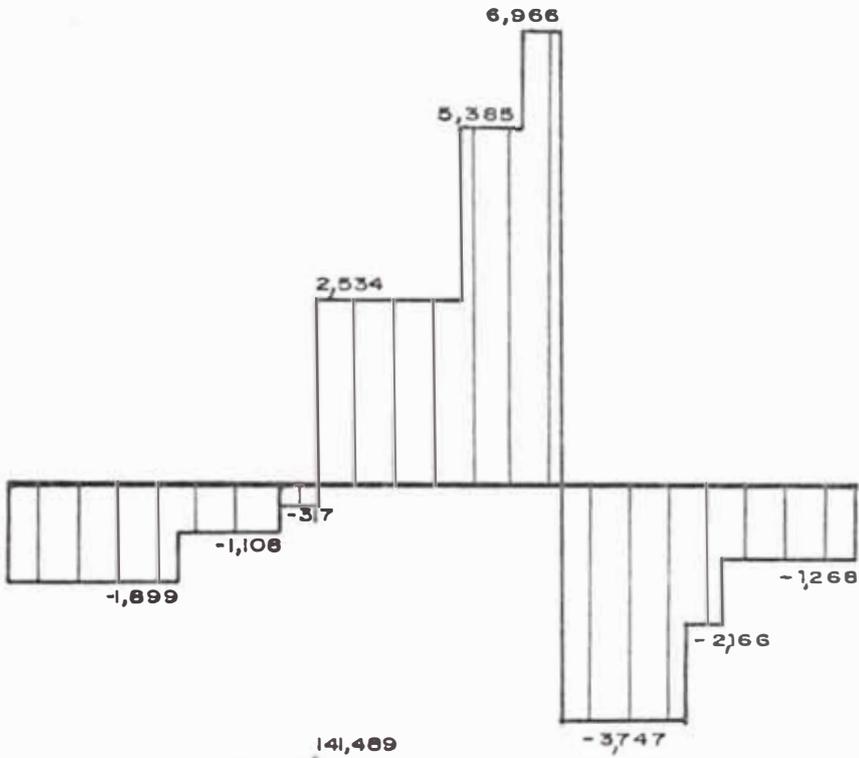
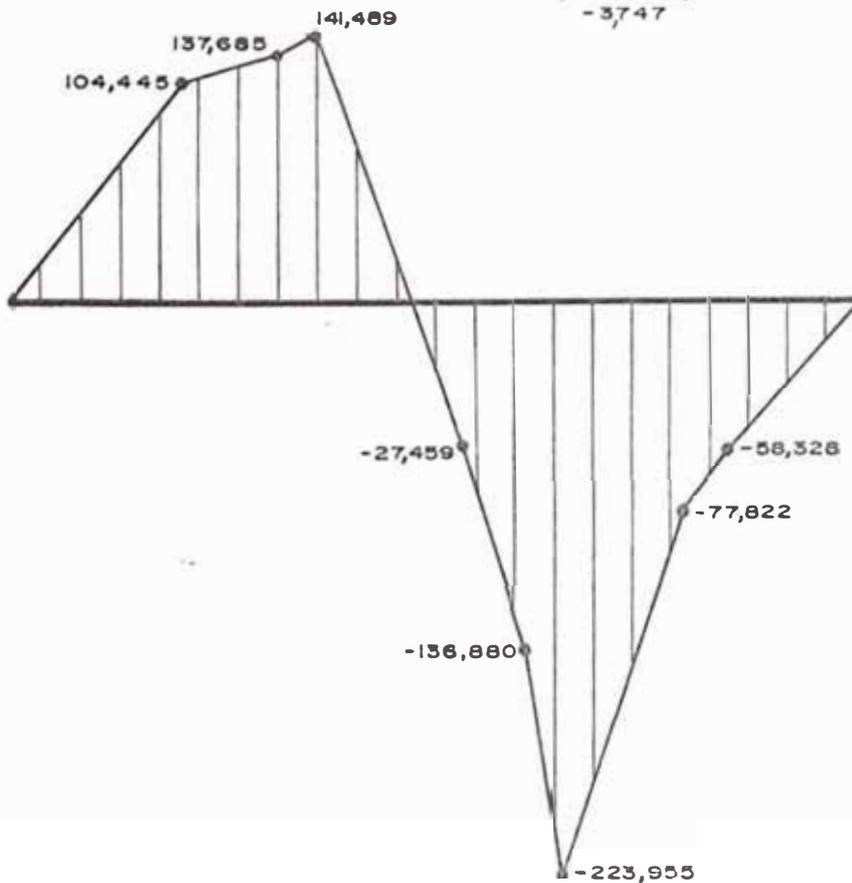


DIAGRAMA DE FUERZAS



ESFUERZO CORTANTE



MOMENTO FLECTOR

CHASIS DERECHO

Reemplazando:

$$\sigma = 14,192 \text{ PSI}$$

$$\text{Si } S_y = 54,000 \text{ PSI}$$

El factor de Seguridad (f.s.)

$$\text{f.s.} = \frac{54,000}{14,192} = 3.8$$

El chasis es resistente en su punto más crítico.

### 3.2.5 Reacciones Sobre Chasis Izquierdo.

**Reacciones:**

$$\Sigma F_v = 0$$

$$A_2 + B_2 = 9,600 \text{ Lb} \dots\dots\dots (I)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\begin{aligned} 173 B_2 = & (791)(55) + (791)(85) \\ & + (631.2)(97) + (631.2)(142) \\ & + 2,295(160.5) + 2,295(212) \\ & + 898(221) + 1,268(267) \dots\dots (II) \end{aligned}$$

De (I) y (II):

$$B_2 = 9,558 \text{ Lb.}$$

$$A_1 = 42 \text{ Lb.}$$

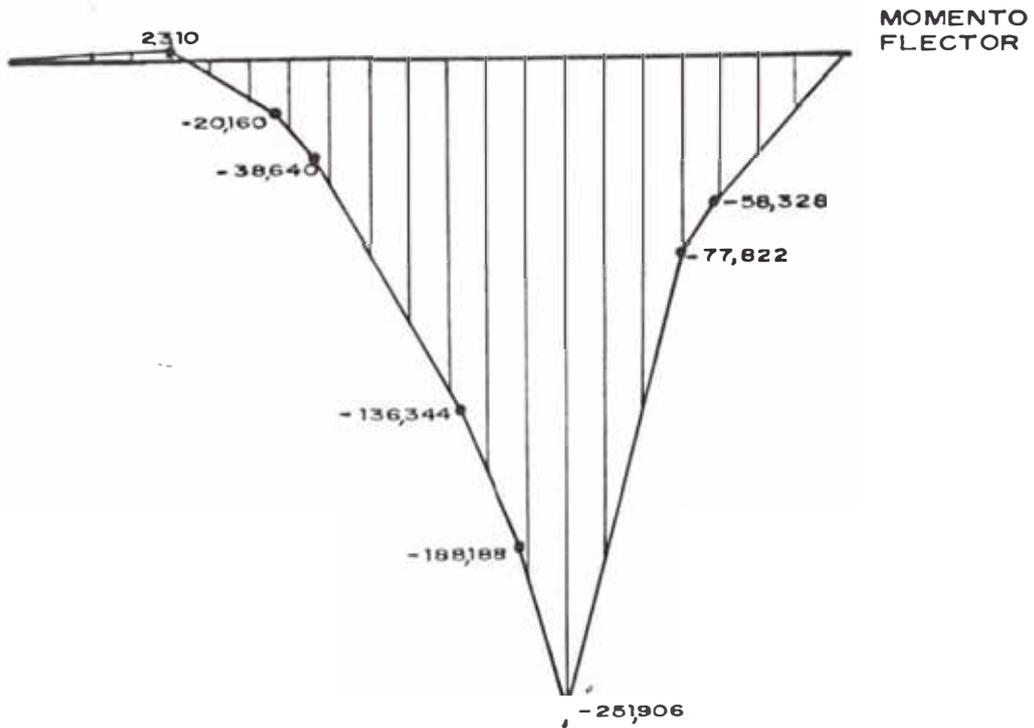
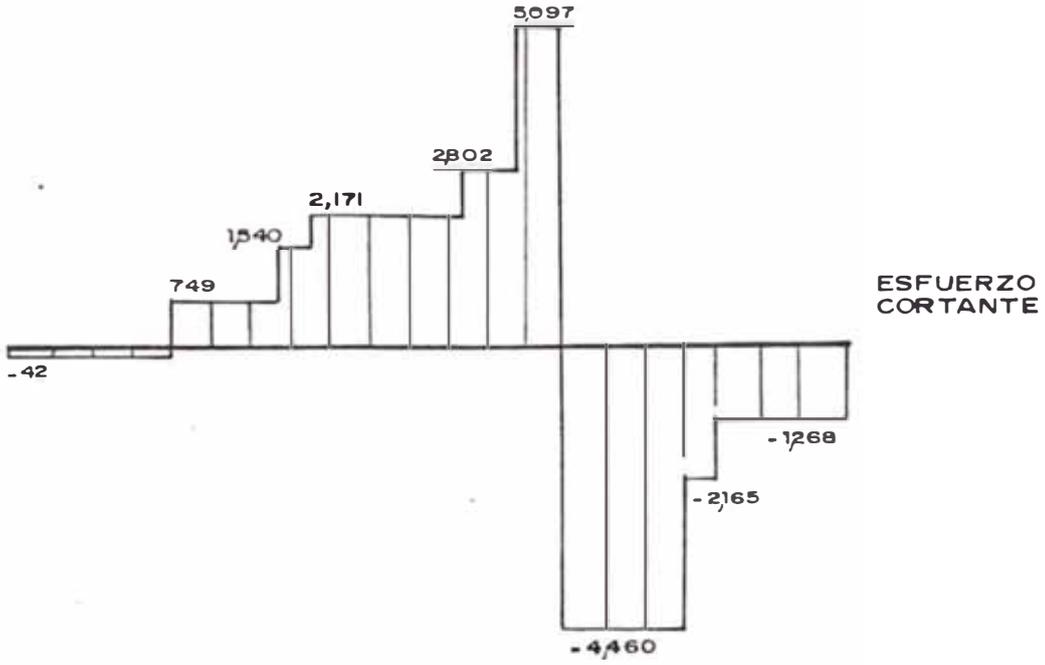
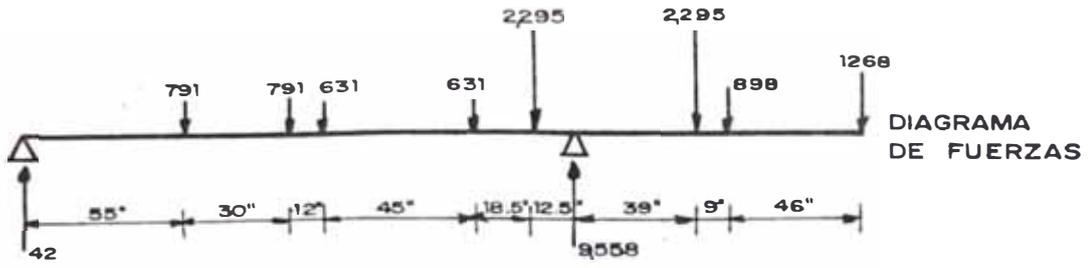
#### - **Esfuerzo Cortante Máximo:(V)**

Donde:

$$A = 5.88 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Manual Steel Construction})$$

$$F = 9,558 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga Max. Ver diagrama})$$

$$V = \frac{F}{A} = 1,626 \text{ PSI}$$



CHASIS IZQUIERDO

- **Momento Flector Máximo: ( $M_{max}$ )**

$$M_{max} = -251,906 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Ver Diagrama})$$

**Esfuerzo Flector Máximo: ( $\sigma$ )**

$$\sigma = \frac{(M_{max})(C)}{(I)}$$

Donde:

$$c = 5 \text{ pulg.} \quad (\text{Fibra más alejada})$$

$$I = 78.9 \text{ pulg}^4 \quad (\text{Momento de Inercia})$$

(Manual Steel Construction)

Reemplazando:

$$\sigma = 15,964 \text{ PSI}$$

Si  $S_y = 54,000 \text{ PSI}$ ,

El factor de Seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{54,000}{14,709} = 3.7$$

El chasis es resistente en su punto más crítico.

### 3.3 Resistencia de los Soportes de la Pluma.

En lo referente a los soportes de la pluma (posición horizontal), estaremos considerando:

Soporte posterior giratorio.

Soporte delantero fijo.

En el caso del soporte delantero, el uso que se le dará será solo en el transporte, el cual no realizará ninguna exigencia sobre la estructura.

El soporte posterior tiene una viga giratoria de las siguientes características.

Acero Boehler H (AISI  $\approx$  1045)

Diámetro  $D = 3.875$  pulg. -  $3 \frac{7}{8}$ "

Area  $A = 11.8$  pulg<sup>2</sup>

Momento de Inercia  $I = 11.07$  pulg<sup>4</sup>

Esfuerzo de Fluencia  $S_y = 54,000$  PSI

Esfuerzo de Rotura  $S_u = 89,500$  PSI

Para el caso de los soportes delantero y posterior, la estructura se fabricará con tubos (tubería de producción) de  $3 \frac{1}{2}$ " x  $9.3^\circ$  N-80 norma API.

### 3.3.1 Cálculo de la Viga Posterior de la Pluma.

Se considera que el volteo es el momento crítico, ya que la viga recibe carga por dos planos diferentes, se analizará cada caso.

Consideramos:

$$W_{p1} = 5,103 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.10})$$

$$m = 2,205 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga inercia, } 1/2 \Sigma w \text{ Acápite 3.1.8.a})$$

$$W_{ov} = 1,085 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.1.f})$$

$$W_{st} = 535 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.7.e})$$

$$R_y = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.8.b})$$

Como puede apreciarse en el plano y detalle del soporte posterior, sobre la viga giratoria va soldado un perfil C 4" x 7 1/2" que va unida a una viga perfil C 8" x 11 1/2" (Consideramos que el peso va repartido solamente por acción de la viga de 8") De las cargas descritas anteriormente se puede considerar como carga repartida la sumatoria de todas ellas:

$$W = \frac{W_{p1} + m + W_{ov} + W_{st} + R_y}{8"}.$$

Reemplazando:

$$W = 2,193 \text{ Lb/Pulg-lineal} \quad (\text{Carga repartida})$$

Por lo tanto:

$$\begin{array}{l} \text{Long. de Viga que soporta} \\ \text{la carga repartida.} \\ \text{(Por efecto de C 8"x 11 1/2")} \end{array} \quad b = 8"$$

$$\begin{array}{l} \text{Long. de Viga que no soporta} \\ \text{la carga repartida.} \\ \text{(Por efecto de C 8"x 11 1/2")} \end{array} \quad a = 10 \text{ 9/16}"$$

a) Plano Vertical.

- **Reacciones:**

$$R_1 = R_2 = \frac{Wb}{2} = 8,772 \text{ Lb.}$$

- **Momento Flector Máximo:**

$$M_{\max} = R_1 (a + \frac{b}{2}) - \frac{Wb^2}{8}$$

$$M_{\max} = 110,746 \text{ Lb-pulg.}$$

- **Esfuerzo Flector Máximo: ( $\sigma_v$ )**

$$\sigma_v = \frac{(M_{\max})(C)}{I}$$

Donde:

$$C = 1.94 \text{ pulg.} \quad \text{(Fibra más alejada)}$$

$$I = 11.07 \text{ pulg}^4 \quad \text{(Momento de inercia)}$$

$$\sigma_v = 19,408 \text{ PSI}$$

b) Plano Horizontal.

- **Reacciones:**

$$R'_1 = R'_2 = \frac{R_x}{2} = 4,308 \text{ Lb.} \quad \begin{array}{l} \text{(Acáp. 3.1.8.b)} \\ \text{(Tensión cable de izar)} \end{array}$$

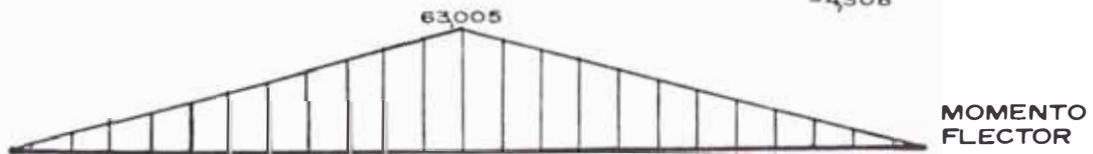
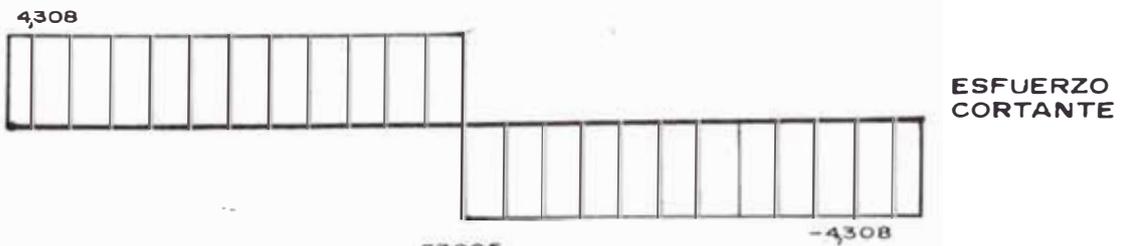
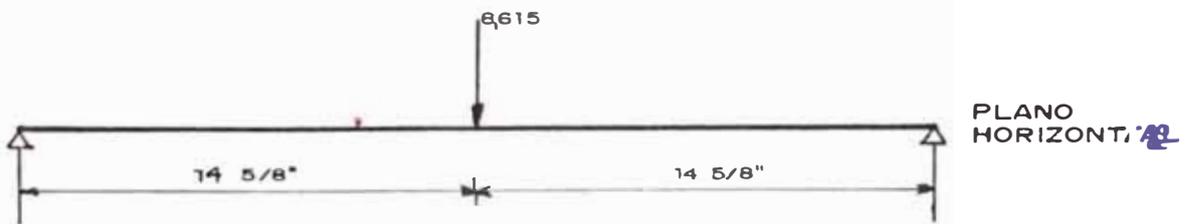
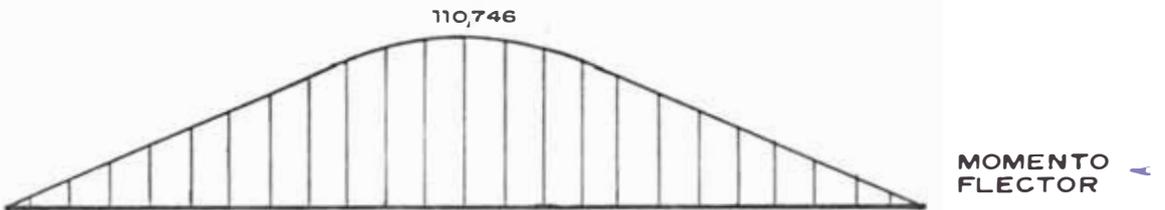
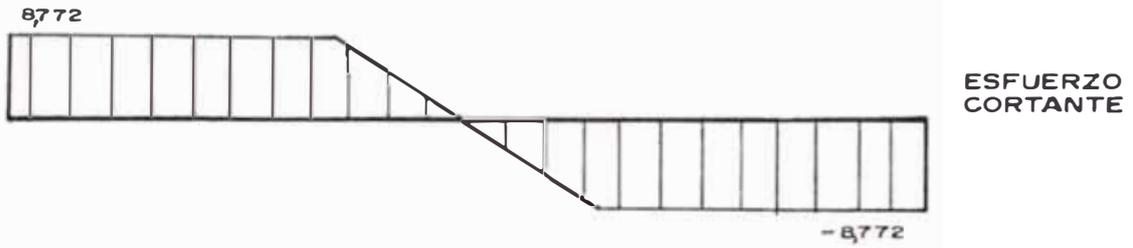
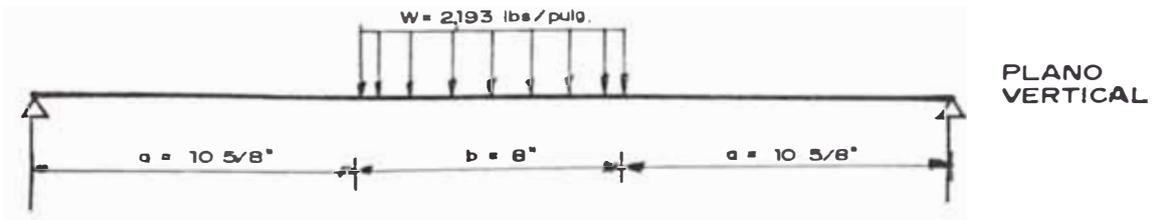
**Momento Flector Máximo: ( $M_{\max}$ )**

La longitud entre puntos de apoyo:

$$L = 29.25 \text{ pulg.}$$

$$M_{\max} = \frac{(R)(L)}{2}$$

$$M_{\max} = 63,005 \text{ Lb-pulg.}$$



VIGA GIRATORIA DE LA PLUMA

- **Esfuerzo Flector Máximo. ( $\sigma_h$ )**

$$\sigma_h = \frac{(M_{max})(C)}{I}$$

Donde:

$$C = 1.94 \text{ pulg.} \quad (\text{Fibra más alejada})$$

$$I = 11.07 \text{ pulg}^4 \quad (\text{Momento de inercia})$$

$$\sigma_v = 11,042 \text{ PSI}$$

**c) La Carga Combinada:**

$$P_{comb} = \sqrt{(R_1)^2 + (R'_1)^2}$$

$$P_{comb} = \sqrt{(8,772)^2 + (4,308)^2} \quad (\text{Vert. y Horiz.})$$

$$P_{comb} = 9,773 \text{ Lb.}$$

Será el peso combinado (por las cargas):

### 3.3.2 Cálculo de Chumaceras del Soporte Superior.

Del acápite 3.3.1.c), la carga combinada es:

$$P_{comb} = 9,773 \text{ Lb.}$$

Debemos considerar entonces:

Bocinas de Bronce:	L	= 5"
	I.D.	= 3 <sup>15</sup> / <sub>16</sub> "
	O.D.	= 4 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> "
Envoltura Exterior:	Tubo extra-fuerte	
	I.D.	= 5. <sup>9</sup> / <sub>16</sub> "
	O.D.	= 4 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> "

Para conocer la presión sobre el área proyectada de la bocina de bronce:

$$A_{BB} = (I.D.)(L)$$

$$A_{BB} = (3.9375)(5) = 19.7 \text{ pulg}^2$$

Luego el esfuerzo sobre cada bocina será:

$$\sigma = \frac{P_{camb}}{A_{BB}} = 496 \text{ PSI}$$

Ya que la resistencia del bronce es 4,500 PSI:

$$f.s. = \frac{4,500}{496} = 9$$

### 3.3.3 Cálculo de la Abrazadera para la Pluma.

Para poder asegurar la pluma en el soporte posterior será necesario considerar dos casos críticos. (El soporte se confeccionará con 3/4" de casing 11 3/4")

#### a) Resistencia de Abrazadera al Volteo de Pluma.

Si consideramos que el momento al volteo está provocado por:

$M_w$  = Momento producido por el peso del extremo más largo de la pluma (posición horizontal y a partir del soporte posterior).

$M_i$  = Momento producido por la inercia al giro del extremo más largo de la pluma (horizontal y a partir del soporte posterior).

$$M_{max} = M_w + M_i = \Sigma(W)(b) + I\alpha \quad (\text{Acápite 3.1.8.b})$$

$$M_{max} = 58,904 + 9,148$$

$$M_{max} = 68,052 \text{ Lb-pulg.}$$

- **Esfuerzo producido en el casing 11 3/4"**

Consideramos:

Diámetro Exterior O.D. - 11.75 pulg.

Diámetro Interior I.D. - 10.77 pulg.

Fibra más alejada  
(O.D./2) C - 5.875 pulg.

Momento de Inercia I - 275 pulg<sup>4</sup>

Reemplazando:

$$\sigma = \frac{(M_{max})(C)}{I} = 1,454 \text{ PSI}$$

Como sabemos, el casing 11 3/4" (e = 0.49")  
tiene: (Ver apéndice, norma API, resistencia casing).

$$S_y = 80,000 \text{ PSI}$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{80,000}{1,454} = 55$$

**b) Verificación que la Pluma no resbale en posición vertical.**

Dado que el soporte (casing 11 3/4") será dividido en dos cascarones, podemos observar del plano de detalle soporte posterior.

$F_c$  - Fuerza de Compresión

$F_c = 2F$

$L = 36$  pulg. (Longitud soporte)

$e = 0.49$  pulg. (Espesor del casing)

$f = 0.2$  (Coeficiente fricción acero-acero)

Luego, la carga a soportar si la pluma está en posición vertical será:

$$W = W_{pl} + W_{mv}$$

$$W = 5,103 + 1,085 = 6,188 \text{ Lb.}$$

Para que no resbale, debe cumplir:

$$F_c = \frac{W}{f} = 30,940 \text{ Lb.}$$

Se logrará con el ajuste de 12 pernos, según se apreciará en 3.7.1.g.

### 3.3.4 Dimensiones Platina de Apoyo en Pluma. (Soporte giratorio)

Soldado al casing de 11  $\frac{3}{4}$ " irá una C 8" x 11  $\frac{1}{2}$ " (espesor de ala  $\frac{3}{8}$ "=0.375") y entre estos irá una placa rectangular que sirva de apoyo para evitar la flexión de la viga. (Datos C 8"x11  $\frac{1}{2}$ " Steel Construction)

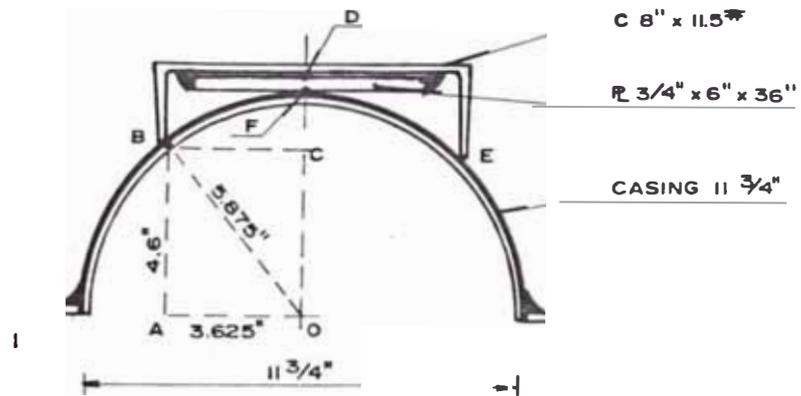
De la figura adjunta:

$$FO = O.D./2 = 5.875 \text{ pulg.}$$

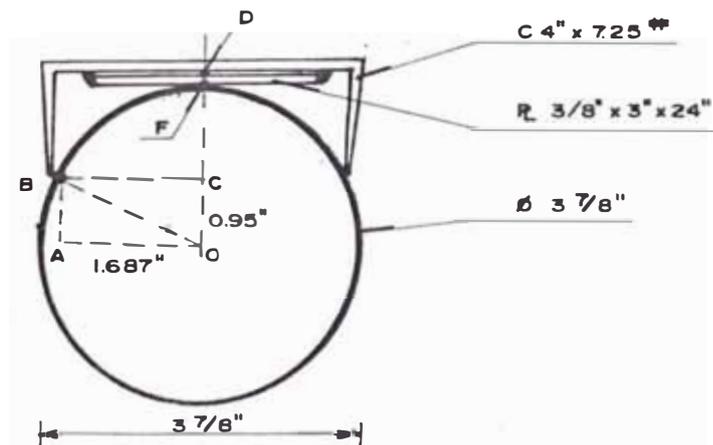
$$BC = AO = 4 \quad 0.375 \text{ pulg.} \quad (\text{Mitad interior viga})$$

$$BC = AO = 3.625 \text{ pulg.}$$

$$BO = FO = 5.875 \text{ pulg.}$$



APOYO PLUMA - VIGA GIRATORIA



APOYO VIGA GIRATORIA - SOPORTE SUPERIOR

Luego:

$$\overline{BA} = \sqrt{(\overline{BO})^2 - (\overline{AO})^2}$$

Reemplazando:

$$\overline{BA} = 4.62 \text{ pulg} = \overline{CO}$$

Si:

$$\overline{DC} = 2 \text{ pulg}$$

(Dato Steel Construction)

Por lo tanto

$$\overline{DF} = \overline{DC} + \overline{CO} - \overline{FO}$$

Reemplazando:

$$\overline{DF} = 0.75 \text{ pulg.}$$

Sabemos que:

$$\overline{BE} = 7.25 \text{ pulg.}$$

Luego,  $\overline{DF}$  se puede suplir con una plancha:

$$3/4" \times 6" \times 36"$$

Dentro del canal apuntalada con soldadura.

### 3.3.5 Dimensiones Platina de Apoyo en Viga. (Soporte giratorio)

Soldado a la viga de 3 7/8" irá una C 4"x 7 1/4" (espesor de ala 9/16") y entre estos irá una placa rectangular de apoyo para evitar flexión en la viga. (Datos C 4"x 7 1/4" Steel Construction)

De la figura:

$$\overline{FO} = \text{O.D.}/2 = 1.9375 \text{ pulg.}$$

$$\overline{BC} = \overline{AO} = 2 - 0.3125 \text{ pulg. (Mitad interior de viga)}$$

$$\overline{BC} = \overline{AO} = 1.6875 \text{ pulg.}$$

$$\overline{BO} = \overline{FO} = 1.9375 \text{ pulg.}$$

Luego:

$$\overline{BA} = \sqrt{(\overline{BO})^2 - (\overline{AO})^2}$$

Reemplazando:

$$\overline{BA} = 0.95 \text{ pulg.} = \overline{CO}$$

Si:

$$\overline{DC} = 1.4 \text{ pulg.}$$

(Dato Steel Construction)

Por lo tanto

$$\overline{DF} = \overline{DC} + \overline{CO} - \overline{FO}$$

Reemplazando:

$$\overline{DF} = 0.41 \text{ pulg.}$$

Sabemos que:

$$\overline{BE} = 3.375 \text{ pulg.}$$

Luego,  $\overline{DF}$  se puede suplir con una plancha:

$$3/8" \times 3" \times 24"$$

Dentro del canal apuntalado con soldadura.

### 3.3.6 Cálculo de la Estructura Portante Posterior.

Los elementos con los que se ha de construir el soporte posterior es tubing 3 1/2" x 9.3° grado N-80 que han sido dados de baja (roscas golpeadas), y tiene las siguientes características.

Diámetro Exterior.	O.D. = 3.5 pulg.
Diámetro Interior.	I.D. = 2.992 pulg.
Area.	A = 2.6 pulg <sup>2</sup>
Momento de Inercia.	I = 3.43 pulg <sup>4</sup>
Radio de Giro.	r = 1.15 pulg <sup>2</sup>
Esfuerzo de Fluencia.	S <sub>y</sub> = 80,000 PSI

#### a) Descomposición de Fuerzas.

En el cálculo se tomará la mitad de la carga total sobre cada estructura portante.

##### Vertical

$$\Sigma F_v = 0$$

$$8,772 = R_1 \cos 16.8^\circ + R_2 \cos 47.3^\circ \dots \quad (I)$$

##### Horizontal

$$\Sigma F_h = 0$$

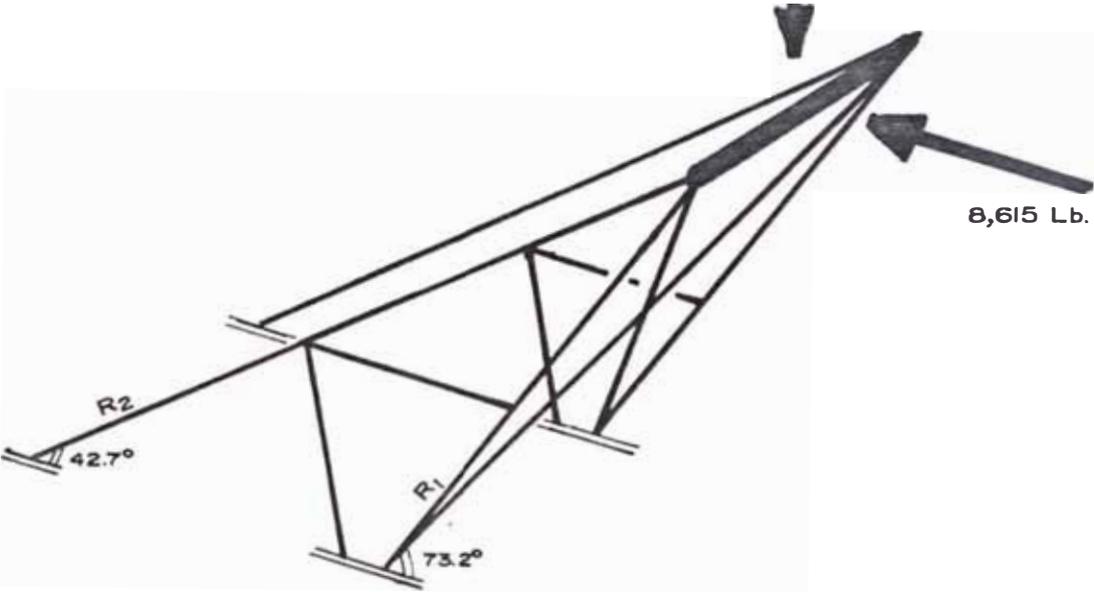
$$4,308 = R_1 \sin 16.8^\circ + R_2 \sin 47.3^\circ \dots \quad (II)$$

De (I) y (II):

$$R_1 = 6,947 \text{ Lb.}$$

$$R_2 = 3,130 \text{ Lb.}$$

17,544 Lb.



CARGAS SOBRE SOPORTE POSTERIOR

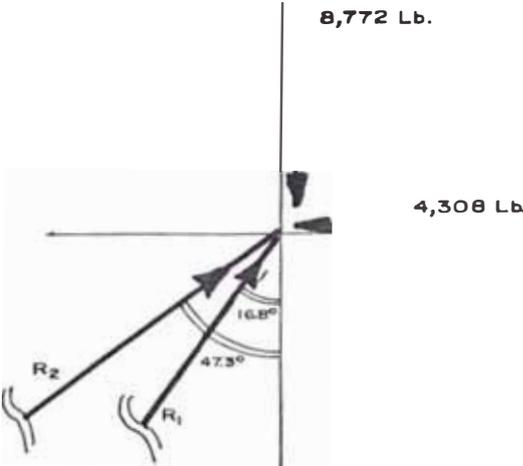


DIAGRAMA DE FUERZAS

**b) Resistencia del elemento  $R_1$ . (Compresión)**

$$\text{Si: } L = 66 \frac{7}{8}''$$

$$A = 2.6 \text{ pulg}^2 \qquad [A = \frac{\pi}{4} (R_o^2 - R_i^2)]$$

$$r = 1.15 \text{ pulg.} \qquad (\text{Radio de giro})$$

$$S_y = 80,000 \text{ PSI}$$

$$R_1 = 6,947 \text{ Lb.}$$

El esfuerzo producido será:

$$\sigma = \frac{R_1}{A} = 2,672 \text{ PSI}$$

Hallaremos K de similar manera que el acápite 3.1.7.

Como los extremos están soldados, utilizaremos la relación (II) del acápite antes mencionado.

$$\frac{I}{M} = \frac{3.43}{66.875} = 0.05 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{3.43}{66.875} = 0.05 \text{ pulg}^3$$

Reemplazando en (II):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(0.05)}{(0.05)}} = 0.83$$

Hallaremos K del gráfico para 0.83

$$K = 0.85$$

Luego:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(0.85)(66.875)}{(1.15)} = 50$$

Verificamos la condición:

$$\frac{KL}{r} < \frac{24,000}{\sqrt{S_y}}$$

$$50 < 85$$

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$S_c = \frac{S_y}{1.941} - \frac{S_y^2 (KL/r)^2}{2.245 \times 10^9}$$

$S_c$  es el esfuerzo a compresión permisible.

Reemplazando datos:

$$S_c = 34,089 \text{ PSI}$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$\text{f.s.} = \frac{S_c}{\sigma}$$

$$\text{f.s.} = \frac{34,089}{2,672} = 12.7$$

### c) Resistencia del elemento $R_2$ . (Compresión)

$$\text{Si: } L = 94.4375 \text{ pulg.} = 94 \frac{7}{16}''$$

$$A = 2.6 \text{ pulg}^2$$

$$r = 1.15 \text{ pulg.}$$

$$S_y = 80,000 \text{ PSI}$$

$$R_2 = 3,130 \text{ Lb.}$$

El esfuerzo producido será:

$$\sigma = \frac{R_2}{A} = 1,204 \text{ PSI}$$

Hallaremos K igual que el acápite 3.1.7.

Como los extremos están soldados, utilizaremos la relación (II) del acápite antes mencionado.

$$\frac{I}{M} = \frac{3.43}{94.44} = 0.04 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{3.43}{94.44} = 0.04 \text{ pulg}^3$$

Reemplazando en (II):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(0.04)}{(0.04)}} = 0.83$$

Hallaremos K del gráfico para 0.83

$$K = 0.85$$

Luego:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(0.85)(94.4)}{(1.15)} = 70$$

Verificamos la condición:

$$\frac{KL}{r} < \frac{24,000}{\sqrt{S_y}}$$

$$70 < 85$$

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$S_c = \frac{S_y}{1.941} - \frac{S_y^2 (KL/r)^2}{2.245 \times 10^9}$$

$S_c$  es el esfuerzo a compresión permisible.

Reemplazando datos:

$$S_c = 27,247 \text{ PSI}$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$\text{f.s.} = \frac{S_c}{\sigma}$$

$$\text{f.s.} = \frac{27,247}{1,204} = 22.6$$

### 3.3.7 Peso aproximado del Soporte Posterior. ( $W_{SP}$ )

#### a) Peso de la Viga Giratoria. ( $P_{br}$ )

$$L = 36 \text{ pulg.} = 3 \text{ pies}$$

$$O.D. = 3.875 \text{ pulg.} \text{ (3 } \frac{7}{8} \text{")}$$

$$W_{ac} = 490 \text{ Lb/pie}^3$$

$$P_{br} = \frac{\pi (O.D.)^2 (L) (W_{ac})}{4 (144)}$$

$$P_{br} = 120 \text{ Lb.}$$

#### b) Peso de las Chumaceras. ( $P_{ch}$ )

$$P_{ch} = 49 \text{ Lb. (Aproximadamente)}$$

#### c) Peso del Casing 1 1/4". ( $P_{11}$ )

$$- L = 36 \text{ pulg.} = 3 \text{ pies}$$

$$W_{11} = 60 \text{ Lb/pie}$$

$$- 4 \text{ Planchas } \frac{3}{4} \text{"} \times 2 \frac{1}{2} \text{"} \times 36 \text{"} \text{ (4)} \text{ (144)}$$

$$W_{ac} = 490 \text{ Lb/pie}^3$$

$$P_{11} = 257 \text{ Lb.}$$

#### d) Peso de la Viga Canal C 8"x11.5". ( $P_{vs}$ )

$$- L = 36 \text{ pulg.} = 3 \text{ pies}$$

$$W_8 = 11.5 \text{ Lb/pie}$$

$$- \text{Plancha } \frac{3}{4} \text{"} \times 6 \text{"} \times 36 \text{"} \text{ (4)} \text{ (144)}$$

$$W_{ac} = 490 \text{ Lb/pie}^3$$

$$P_{vs} = 80 \text{ Lb.}$$

**e) Peso de la Viga canal C 4" x Z.25°. (P<sub>v4</sub>)**

$$L = 24 \text{ pulg} = 2 \text{ pies}$$

$$W_4 = 7.25 \text{ lb/pie}$$

- Plancha  $\frac{3}{8}$ " x 3" x 24 "

$$W = 490 \text{ lb/pie}^3$$

$$P_{v4} = 22 \text{ Lb.}$$

**El peso del travesaño giratorio.(W<sub>st</sub>)**

De a, b, c, d, e)

$$W_{st} = P_{br} + P_{ch} + P_{11} + P_{v8} + P_{v4}$$

$$W_{st} = 535 \text{ Lb.}$$

**f) Peso de los Parantes.(Tubing 3 1/2") (P<sub>t</sub>)**

(Ver plano del soporte posterior)

$$L_T = (94.4 + 66.85 + 28 + 22 + 94.12) \times 2$$

$$L_T = 610 \text{ pulg} = 51 \text{ pies}$$

$$P_T = (51 \text{ pies}) (9.3 \text{ lb/pie})$$

$$P_T = 474 \text{ Lb.}$$

**g) Peso por Varios.(soldadura, pinturas, etc)**

Se considera un 10%

$$P_{TT} = 0.1 P_T$$

$$P_{TT} = 47 \text{ Lb.}$$

**El peso total del Soporte Posterior:**

$$W_{stp} = W_{st} + P_T + P_{TT}$$

$$W_{stp} = 535 + 474 + 47$$

$$W_{stp} = 1,056 \text{ Lb.}$$

### 3.3.8 Reacciones del Soporte Posterior de Pluma sobre Chasis.

Peso soporte post. 1,056 Lb. (Acáp.3.3.7.g)

Peso de la pluma. 5,103 Lb. (Acáp.3.1.10.c)

Peso motón viajero. 1,085 Lb. (Acáp.3.1.1.f)

Se considerará que el soporte posterior recibirá la mitad del peso de la pluma y dos tercios del peso del motón viajero.

$$C_{pp} = 1,056 + \frac{5,103}{2} + \frac{(2)(1,085)}{(3)}$$

$$C_{pp} = 4,331 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga Vertical del Soporte})$$

Porcentajes de carga asumida por los parantes.

$$R_1 \dots\dots\dots L_1 - 66.87 \text{ pulg.}$$

$$R_2 \dots\dots\dots L_2 - 94.4 \text{ pulg.}$$

$$\% R_1 = \frac{1/L_1}{1/L_1 + 1/L_2} = 58.54 \%$$

$$\% R_2 = \frac{1/L_2}{1/L_1 + 1/L_2} = 41.46 \%$$

#### a) Carga Perpendicular al Chasis. ( $R_{vp}$ )

$$R_{vp} = (0.5)(\% R)(C_{pp}) \quad (\text{Por cada estructura})$$

$$R_{vp1} - 1,268 \text{ Lb.}$$

$$R_{vp2} - 898 \text{ Lb.}$$

#### b) Reacción Longitudinal al Chasis. ( $R_{lp}$ )

$$R_{lp} = (0.5)(\% R)(C_{pp})(\text{tag } \alpha)$$

$$R_{lp1} - 383 \text{ Lb.} \quad (\text{Con } \alpha = 16.8^\circ)$$

$$R_{lp2} - 973 \text{ Lb.} \quad (\text{Con } \alpha = 47.3^\circ)$$

### 3.3.9 Cálculo del Soporte Delantero de la Pluma.

#### a) Cargas sobre el Soporte. ( $W_{cr}$ )

Este soporte absorberá  $1/3$  de la carga.

$$W_{cr} = \frac{W_{pl}}{2} + \frac{W_{mv}}{3} + W_g + W_{cb}$$

Donde:

$$W_{pl} = 5,103 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso de pluma 3.1.10.c})$$

$$W_{mv} = 1,085 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso Motón Viajero 3.1.1.f})$$

$$W_g = \frac{1}{2} (W_{pl} + W_{mv}) \quad (\text{Impacto al bajar el mástil})$$

$$W_{cb} = 180 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso aproximado cable})$$

Reemplazando

$$W_{cr} = 6,188 \text{ Lb.}$$

#### b) Dimensiones de los Parantes.

El soporte descansará sobre cuatro tubos. Asimismo será necesaria una altura (vertical) de 68 pulg. y deberá recordarse que la distancia entre bastidores es de 28 pulg.

$$h = 68 \text{ pulg.} \quad (\text{Altura del soporte})$$

$$a = 32 \text{ pulg.} \quad (\text{Separación entre parantes mismo bastidor})$$

$$b = 30 \text{ pulg.} \quad (\text{Separación parantes diferentes bastidor})$$

Luego, la longitud de cada parante:

$$L = \sqrt{(h)^2 + (a/2)^2 + (b/2)^2}$$

$$L = 71.4 \text{ pulg} = 71 \frac{7}{16}''$$

**c) Esfuerzo sobre los Parantes. ( $\sigma_p$ )**

Se considera tubing 3 1/2"

$$A - 2.6 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Area})$$

$$I - 3.43 \text{ pulg}^4 \quad (\text{Momento de Inercia})$$

Cada parante soportará 1/4 del peso total.

$$W = \frac{6,188}{4} - 1,547 \text{ Lb.}$$

De la descomposición de fuerzas:

$$\Sigma F_v = 0 \quad (\text{Fuerzas Verticales})$$

$$W - (\text{Cos } 12.1^\circ) (\text{Cos } 13.2^\circ) R_{pd}$$

Donde 12.1° y 13.2° son los angulos de inclinación de los parantes.

Reemplazando:

$$R_{pd} = 1,625 \text{ Lb.}$$

Asimismo, el esfuerzo será:

$$\sigma_p = \frac{R_{pd}}{A} = 625 \text{ PSI}$$

Será el esfuerzo sobre cada parante.

**d) Resistencia de los Parantes.**

$$\text{Si: } L - 71.4 \text{ pulg.} \quad S_y - 80,000 \text{ PSI}$$

$$A - 2.6 \text{ pulg}^2 \quad R_{pd} - 1,625 \text{ Lb.}$$

$$r = 1.15 \text{ pulg.}$$

Sabemos que el esfuerzo producido será:

$$\sigma_p = \frac{R_{pd}}{A} - 625 \text{ PSI}$$

El valor K del acápite 3.1.7.

Como los extremos están soldados, utilizaremos la relación (II) del acápite antes mencionado.

$$\frac{J}{M} = \frac{3.43}{71.40} = 0.05 \text{ pulg}^3$$

$$\frac{I}{L} = \frac{3.43}{71.40} = 0.05 \text{ pulg}^3$$

Reemplazando en (II):

$$0.5 + \frac{1}{2 + \frac{(0.05)}{(0.05)}} = 0.83$$

El valor K en el gráfico para 0.83

$$K = 0.85$$

Luego:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(0.85)(71.4)}{(1.15)} = 53$$

Verificamos la condición:

$$\frac{KL}{r} < \frac{24,000}{\sqrt{S_y}}$$

$$53 < 85$$

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$S_c = \frac{S_y}{1.941} - \frac{S_y^2 (KL/r)^2}{2.245 \times 10^6}$$

$S_c$  será esfuerzo en compresión permisible.

Reemplazando datos:

$$S_c = 33,208 \text{ PSI}$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{S_c}{\sigma_p} = 53$$

### 3.3.10 Peso Aproximado del Soporte Delantero. ( $W_{ps}$ )

#### a) Peso por los Tubos. ( $P_{tb}$ )

Sabemos que:

Tubing 3 1/2" pesa 9.3  $\text{Lb}/\text{Pie-lineal}$

Luego:

Son 4 unidades de 71.4" = 5.9 pie

$$P_{tb} = (4)(5.9)(9.3) = 220 \text{ Lb.}$$

#### b) Peso por el Soporte Superior. ( $P_{pc}$ )

En la parte superior existen 3 planchas con un Volúmen de:

$$1 \text{ P } 3/8" \times 6 1/4" \times 10 \dots\dots 23.4$$

$$2 \text{ P } 3/8" \times 5 1/4" \times 10 \dots\dots \underline{39.4}$$

$$\text{Volúmen} \dots\dots\dots 62.8 \text{ pulg}^3$$

La densidad del acero  $W_{ac} = 0.284 \text{ Lb}/\text{pulg}^3$

$$\text{Peso}_{pc} = (\text{Volúmen}) (W_{ac})$$

$$\text{Peso}_{pc} = 17.8 \text{ Lb.}$$

#### c) Peso por Varios. (soldadura, pintura, etc.) ( $P_{vr}$ )

Se considerará 5%

$$P_{vr} = 0.05 (P_{tb} + P_{pc})$$

$$P_{vr} = 12 \text{ Lb.}$$

Luego el peso total será;

$$W_{ps} = P_{tb} + P_{pc} + P_{vr}$$

$$W_{ps} = 250 \text{ Lb.}$$

### 3.3.11 Reacciones del Soporte Delantero al Chasis.

Debemos considerar las siguientes cargas.

$$- \text{Peso sop. Delant. } (W_{ps}) \quad 250 \text{ Lb.} \quad (3.3.10)$$

$$\text{Peso de la pluma} \quad 5,103 \text{ Lb.} \quad (3.1.10.c)$$

$$\text{Peso motón viajero.} \quad 1,085 \text{ Lb.} \quad (3.1.1.f)$$

Se considerará que el soporte delantero recibirá la mitad del peso de la pluma y un tercio de peso del motón viajero.

$$C'_{pd} = 250 + \frac{5,103}{2} + \frac{1,085}{3}$$

$$C'_{pd} = 3,163 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso total soport. verticalmente})$$

$$C_{pd} = 791 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso por cada parante})$$

#### a) Reacción en la dirección del Parante. ( $R_{pd}$ )

$$R_{pd} (\cos 12.1^\circ) (\cos 13.2^\circ) = C_{pd} \quad (3.3.9.c)$$

$$R_{pd} = 830 \text{ Lb.}$$

#### b) Reacción Perpendicular al Chasis. ( $R_{vd}$ )

$$R_{vd} = 791 \text{ Lb.}$$

#### c) Reacción Longitudinal al Chasis. ( $R_{ld}$ )

$$R_{ld} = C_{pd} (\tan 13.2^\circ)$$

$$R_{ld} = 186 \text{ Lb.}$$

#### d) Reacción Transversal al Chasis. ( $R_{td}$ )

$$R_{td} = R_{pd} (\sin 12.1^\circ)$$

$$R_{td} = 174 \text{ Lb.}$$

### 3.4 Cálculo de los Apoyos Laterales.

#### 3.4.1 Verificación de Resistencia Viga C10"x 15.3".

Forma parte del bastidor y está situada en la parte posterior del camión, transversalmente a los largueros, soldada con una plancha posterior (vertical) que servirá de apoyo a las gatas laterales y poleas para el volteo del mástil.

Consideraciones:  
(Data Steel Construction)

Area	A - 4.49 pulg <sup>2</sup>
Fibra más alejada	C = 5 pulg.
Momento de Inercia	I - 67.4 pulg <sup>4</sup>
Radio de Giro	- 3.87 pulg.
Esfuerzo de Fluencia	S <sub>y</sub> 36,000 PSI

Para aumentar la resistencia se colocará una plancha del mismo espesor que el alma de la viga (1/4"), de tal manera que tomará la forma de perfil rectangular. Esta plancha deberá ser de 1/4" x 10" x 94" y será soldada en los bordes de las alas del mismo perfil.

$$I'' = \frac{bh^3}{12}$$

Donde:

b - 0.25 pulg. (Espesor de la plancha)

h - 10 pulg. (Ancho de la plancha)

I'' - 20.8 pulg<sup>4</sup>

El momento de Inercia de la estructura conformada:

$$I = I' + I'' = 88.2 \text{ pulg}^4$$

El diseño de las gatas laterales se efectuará para evitar vibraciones y torsiones indeseables en el bastidor, así como para dar mayor estabilidad a la plataforma.

La carga crítica asumida por la gata provocará un momento flector máximo en el perfil rectangular.

Luego:

Con este factor de seguridad hallaremos la carga soportable. f.s. 2

No conocemos el material de la viga, consideramos  $\sigma_y$  bajo.  $\sigma_y = 36,000 \text{ PSI}$

La distancia del punto de aplicación de la fuerza al bastidor del camión.  $L = 26.25 \text{ pulg}$

El esfuerzo de fluencia con el f.s. será:

$$\sigma'_y = \sigma_y / \text{f.s.}$$

El momento máximo (empotrado)

$$M = (P)(L)$$

Si: Momento de Inercia  $I = 88.2 \text{ pulg}^4$

Fibra más alejada  $c = 5 \text{ pulg.}$

Sabemos que:

$$\sigma'_y = \frac{(M)(c)}{I}$$

Reemplazando:

$$\frac{36,000}{2} = \frac{(P) (26.25) (5)}{(88.2)}$$

$$P = 12,096 \text{ Lb.}$$

La carga máxima que podrán soportar las gatas laterales, será de 24,192 Lb. (ya que son 2 apoyos). Puede observarse que es el 80% del peso máximo permitido sobre la plataforma.

### 3.4.2 Resistencia Tubo 3 1/2" x 9.11".(Primer cuerpo gata)

#### a) Datos. (Steel Construction)

O.D. - 4.000 pulg.	(Diámetro exterior)
I.D. = 3.548 pulg.	(Diámetro interior)
e 0.226 pulg.	(Espesor)
w - 9.11 lb/pie	(Peso lineal)
l - 22 pulg.	(Longitud)
I - 4.79 pulg <sup>4</sup>	(Momento de inercia)
A - 2.68 pulg <sup>2</sup>	(Area)
r - 1.34 pulg.	(Radio de giro)
K - 0.7	(Factor de columna un extremo empotrado)

Calidad del acero ASTM 53 gr. B (comercial)

$$S_y - 35,000 \text{ PSI}$$

$$S_u - 60,000 \text{ PSI}$$

$$E - 30 \times 10^6 \text{ PSI}$$

**b) Esfuerzo Permisible a Compresión.(F.)**  
(Fórmula Steel Construction, pag 5-19, 8° ED)

$$\text{Para } \frac{Kl}{r} < C_c \quad (I)$$

$$F_c = \frac{\left[ 1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2} \right] S_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \quad (II)$$

Donde:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (III)$$

Reemplazando en (III)

$$C_c = 130$$

Hallando:

$$\frac{Kl}{r} = 11.5$$

Verificando en (I):

$$11.5 < 130 \quad \text{Se cumple}$$

Reemplazando (II), obtenemos el esfuerzo máximo permisible:

$$F_c = 20,511 \text{ PSI} \quad (\text{Esf. máximo permisible})$$

La carga aplicable para hallar este esfuerzo estará dada por:

$$P_c = (F_c)(A)$$

Reemplazando:

$$P_c = (20,511)(2.68)$$

$$P_c = 54,969 \text{ Lb.} \quad (\text{Aplicable a gata lateral})$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{P_c}{P} = \frac{54,969}{12,096}$$

$$f.s. = 4.5$$

### 3.4.3 Resistencia Tubing 3 1/2" x 9.31. (Segundo cuerpo gata)

#### a) Datos.

O.D. - 3.5	pulg.	(Diámetro exterior)
I.D. - 2.992	pulg.	(Diámetro interior)
e - 0.254	pulg.	(Espesor)
w - 9.3	Lb/100-1 lineal	(Peso lineal)
l - 21	pulg.	(Longitud)
I - 3.43	pulg <sup>4</sup>	(Momento de inercia)
A - 2.6	pulg <sup>2</sup>	(Area)
r = 1.15	pulg.	(Radio de giro)
K - 2.0		(Factor de columna caso crítico)

Calidad de acero según norma API N-80

$$S_y = 80,000 \text{ PSI}$$

$$S_u = 100,000 \text{ PSI}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI}$$

#### b) Esfuerzo Permisible a Compresión. (F<sub>c</sub>)

(Fórmula según norma API, ver apéndice)

$$\text{Para } \frac{Kl}{r} < \frac{24,000}{\sqrt{S_y}} \quad (I)$$

$$F_c = \left[ \frac{S_y}{1.941} \right] - \left[ \frac{(S_y)^2 (Kl/r)^2}{2.245 \times 10^9} \right] \quad (II)$$

Donde:

$$\frac{24,000}{\sqrt{S_y}} = 85$$

Hallando:

$$\frac{Kl}{r} = 36.5$$

Verificando en (I):

$$36.5 < 85 \quad \text{Se cumple}$$

Reemplazando en (II), obtenemos el esfuerzo máximo permisible ( $F_b$ ):

$$F_b = 37,418 \text{ PSI}$$

La carga aplicable para hallar este esfuerzo

$$P_b = (F_b)(A)$$

$$P_b = (37,418)(2.6)$$

$$P_b = 97,287 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga aplicable a la gata latera l})$$

El factor de seguridad (f.s.)

$$f.s. = \frac{P_b}{P} = \frac{97,287}{12,096}$$

$$f.s. = 8$$

### 3.4.5 Tornillo de Potencia - Gata Lateral.

#### a) Selección de Medidas.

De acuerdo a cálculos previos escogeremos:

Rosca ACME

Diám. Exterior Tornillo.  $d = 2.75$  pulg.

Diám. de Raíz Tornillo.  $d_r = 2.3967$  pulg.

Diám. Mayor Tuerca.  $D = 2.77$  pulg.

Diám. Menor Tuerca.  $D_r = 2.4167$  pulg.

Ang. Norm. entre Flancos.  $\phi_N = 14.5^\circ$

Avance de la rosca.  $= 3$  Hilos/pulg

Avance Longitudinal por  
vuelta.  $p = 0.33$  pulg.

Altura Rosca Tornillo.  $= 0.1767$  pulg.

Diámetro medio Tornillo.  $d_m = 2.58$  pulg.

Coefficiente Fricción  
Tornillo - Tuerca.  $f = 0.11$

#### b) Ángulo de avance de la rosca. ( $\Omega$ )

$\pi d_m$  - Long. tangencial recorrida por vuelta

$\pi d_m = (\pi)(2.58) = 8.11$  pulg

$$\Omega = \arctg \left( \frac{p}{\pi d_m} \right) = 2.4^\circ$$

#### c) Espesor de la Base del Diente. (b)

$$b = 2m + 0.3707p$$

Donde:

$$m = h \operatorname{tg} \phi_N$$

Reemplazando:

$$b = 0.214 \approx 7/32''$$

**d) Torque para levantar la carga. ( $T_e$ )**

Debemos colocar una pre-carga de :

$$w = 500 \text{ Lb.}$$

$$T_e = \frac{(W \times d_e)(\cos \phi_w \cdot \text{Tg } \Omega + f)}{2} + \frac{D_c f_c W}{2}$$

Donde:

Diámetro promedio del  
Tornillo de Potencia.  $D_c = 2.75$  pulg.

Coefficiente fricción.  $f_c = 0.15$   
(Ver datos del punto a)

Reemplazando los datos anteriores:

$$T_e = 204 \text{ Lb-Pulg.}$$

**e) Torque para descender la carga. ( $T_o$ )**

Supongamos que la carga queda asentada.  
(Le colocamos un factor de 4)

$$w = (4)(500)$$

$$w = 2,000 \text{ Lb.}$$

$$T_o = \frac{(W \times d_e)(f - \cos \phi_w \cdot \text{Tg } \Omega)}{2} + \frac{D_c f_c W}{2}$$

$$T_o = 597 \text{ Lb-Pulg.}$$

**f) Condición de Irreversibilidad.**

Si  $\text{tg } \Omega < f$ ;

El tornillo no resbalará, es irreversible

$$\text{tg } 2.14^\circ < 0.11$$

$$0.04 < 0.11$$

Se cumple condición de irreversibilidad.

**g) Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo.**

La carga  $P = 12,096$  Lb. (Acapite 3.4.1)

$$\begin{aligned} \text{Si: } d_s &= 2.58 \text{ pulg.} & b &= 0.214 \text{ pulg.} \\ h &= 0.1767 \text{ pulg.} & d_r &= 2.3967 \text{ pulg.} \\ N &= 3 \text{ Hilos/pulg.} & D &= 2.77 \text{ pulg.} \end{aligned}$$

**Esfuerzos por Aplastamiento de Rosca. ( $\sigma_s$ )**

Para Tornillo-Tuerca (Ac.-Bronce)  $S_s = 2,950$  PSI

$$\sigma_s = \frac{P}{\pi \cdot d_s \cdot h \cdot N}$$

$$\sigma_s = 2,815 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{2,815}{2,950}$$

$$L_t = 0.95 \text{ pulg.}$$

**- Esfuerzos por Flexión en las Roscas. ( $\sigma_r$ )**

Para Acero AISI  $\approx 1040$  ;  $S_y = 78,000$  PSI

$$\sigma_r = \frac{3P_s \cdot h}{d_s \cdot N \cdot b^2}$$

$$\sigma_r = 18,090 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{18,090}{78,000}$$

$$L_t = 0.23 \text{ pulg.}$$

**Esfuerzos de Corte Roscas de Tornillo. ( $T_r$ )**

Para el esfuerzo cortante del acero  $S_c \approx 35,000$  PSI

$$T_r = \frac{3P}{2\pi \cdot d_r \cdot N \cdot b}$$

$$T_r = 3,753 \text{ PSI}$$

$$L_r = \frac{3,753}{35,000}$$

$$L_r = 0.1 \text{ pulg.}$$

**Esfuerzo Cortante en Roscas de Tuerca.(T<sub>t</sub>)**Para el esfuerzo cortante del bronce S<sub>c</sub> ≈ 42,000 PSI

$$T_t = \frac{3P}{2\pi \cdot D \cdot N \cdot b}$$

$$T_t = 3,248 \text{ PSI}$$

$$L_t = \frac{3,248}{42,000}$$

$$L_t = 0.1 \text{ pulg.}$$

**Esfuerzo Cortante debido a la Torsión.(T)**

$$T = \frac{16T_e}{\pi \cdot d_r^3} \quad (T_e \text{ en } d)$$

$$T_r = 75 \text{ PSI}$$

**h) Verificación Normal en el Tornillo.(σ<sub>w</sub>)**

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \left[ 1 + \frac{(L)^2 \cdot S_v}{\pi^2 K E} + \frac{(c)(e)}{r^2} \right] < S_{coop}$$

Donde:

Area Raiz. ( $\pi d_r^2/4$ )                      A = 4.5 pulg<sup>2</sup>

Longitud.                                      L = 18 pulg.

Momento Inercia.( $\pi d_r^4/64$ )              I = 1.6 pulg<sup>4</sup>

Radio de giro.                                r = 0.6 pulg.

Esfuerzo fluencia.  
(VCL-140)(AISI - 1040)                      S<sub>v</sub> = 78,000 PSI

Módulo de elasticidad.                      E = 30 x 10<sup>6</sup> PSI

Excentricidad.                                e = 0

Factor de Columna.                            K = 0.7

Reemplazando:

$$\sigma_c = 3,016 \text{ PSI}$$

Steel Construction; Acero  $S_y = 50,000 \text{ PSI}$

$$\frac{KL}{r} = \frac{(2)(18)}{0.6} = 60$$

El esfuerzo permisible será:

$$\sigma'_c = 22,720 \text{ PSI} \quad (\text{Según Tablas})$$

Luego, el mínimo factor de seguridad (f.s):

$$\text{f.s.} = \frac{\sigma'_c}{\sigma_c} = \frac{22,720}{3,016}$$

$$\text{f.s.} = 7.5$$

**i) Determinación de Medidas Tornillo y Tuerca.**

Tornillo: Material Acero.

AISI  $\approx 1,040$

$S_y = 78,000 \text{ PSI}$

$L_r = 18 \text{ pulg.}$

Tuerca: Material Bronce  
(Fosforoso al 1.25% Sb)

$\phi_{\text{ext}} = 3.375 \text{ pulg.}$

$L_t = 1.5 \text{ pulg.}$

### 3.4.6 Peso del Apoyo Lateral. ( $W_{A1}$ )

Hallaremos el peso de una gata y luego duplicaremos el valor. (Sabemos que  $W_{ac} = 0.284 \text{ Lb/ pulg.}^3$ )  
Ver plano detalle y vista posterior de la Unidad.

Tubo  $\varnothing 3 \frac{1}{2}'' \times 9.11''$ :

22 pulg. = 1.8 pies

$$W_1 = (1.8)(9.11) = 16.4 \text{ Lb.}$$

Tubing  $\varnothing 3 \frac{1}{2}'' \times 9.3''$ : (Irá interior al tubo de 22 pulg.)  
(Ver acápite 4.4)

17 pulg. = 1.42 pies

$$W_2 = (1.42)(9.3) = 13.2 \text{ Lb.}$$

Tubing  $\varnothing 3 \frac{1}{2}'' \times 9.3''$ :

21 pulg. = 1.75 pies

$$W_3 = (1.75)(9.3) = 16.3 \text{ Lb.}$$

Tubing  $\varnothing 3 \frac{1}{2}'' \times 9.3''$ :

14 pulg. = 1.2 pies

$$W_4 = (1.2)(9.3) = 11.2 \text{ Lb.}$$

Placa de 1":

1" x 4" x 6"

$$W_5 = (0.284)(1)(4)(6) = 6.8 \text{ Lb.}$$

Placa de  $\frac{1}{2}''$ :

2 Placas triangulares  $\frac{1}{2}'' \times 4'' \times 6''$

$$W_6 = (2)(0.284)(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(4)(6) = 3.4 \text{ Lb.}$$

2 Placas triangulares  $\frac{1}{2}'' \times 4'' \times 4''$

$$W_7 = (2)(0.284)(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(4)(4) = 2.3 \text{ Lb.}$$

Placa de 1/2":

$$1/2" \times 4" \times 6"$$

$$W_8 = (0.284)(1/2)(4)(6) = 3.4 \text{ Lb.}$$

Tornillo de potencia:

Consideramos el peso total del tornillo (considerando el peso de la Tuerca) como si fuera una barra cilíndrica con diámetro igual al diámetro exterior del tornillo. (d = 2.75 pulg)

$$W_9 = \frac{(\pi d^2)}{4} \cdot L \cdot W_{ac}$$

$$W_9 = \frac{(\pi)}{4} \cdot (2.75)^2 (18) (0.284) = 30.4 \text{ Lb.}$$

Varios (Soldadura, pintura, etc.):

Se considera 5% de los pesos hallados:

$$W_{10} = 0.05 \sum_{i=9} W_i$$

$$W_{10} = 5.2 \text{ Lb.}$$

El peso de los soportes será:

$$W_{A1} = 2 \sum_{i=10} W_i$$

$$W_{A1} = 217 \text{ Lb.}$$

### **3.5 Selección de Sistemas Auxiliares.**

(Winche, Enfriamiento Bandas de Freno, etc.)

Para la selección de los equipos han sido considerados criterios de orden técnico y económico; tales como disponibilidad inmediata, peso y volumen que significa llevarlo sobre la Unidad, la capacidad a la que podrá operar, el costo que significa para la empresa (si son nuevos o reparados), la cantidad de repuestos que se disponen como propios o a nivel nacional y mano de obra calificada con que se cuenta para labores de reparación y/o mantenimiento, para poder así asegurar una operación continua y eficiente entre otros factores.

Describiremos cada componente, indicando cuáles fueron los motivos para su selección, asimismo en el apéndice se incluyen datos y especificaciones técnicas del fabricante de algunos equipos.

Antes de comenzar las descripciones correspondientes debemos recordar brevemente al camión a orugas de la U.S.P. Esta unidad de marca FOREMOST, modelo DAWSON SIX, potenciado con un motor marca DETROIT DIESEL 6V53 y potencia al freno de 195 HP @ 2,800 RPM, con una caja de cambios mecánica SPICER de 5 velocidades y una caja de transferencia FABCO, modelo 501 que mueve 4 orugas fabricadas de caucho (tejido interiormente). Sistema eléctrico de 24 voltios y 4 luces delanteras. Los

bastidores de acero SAE 1060 tratados térmicamente con un esfuerzo de fluencia  $S_y = 55,000$  P.S.I., el chasis ha sido ensamblado por remachado, siendo su capacidad de arrastre de 30,000 libras.

El uso de este equipo está determinado principalmente por la existencia del camión en la operación y la necesidad de contar con una U.S.P. rodante, siendo el objeto fundamental de reducir la producción diferida y costos de transporte. Por tal razón, la nueva unidad deberá ir montada sobre este camión y es así como nace este diseño presentado en la tesis que nos ocupa.

**a) Motor.**

Se instalará un motor Diesel marca Caterpillar, modelo 3306 TA (turbo-alimentado y con post-enfriador de aire), con potencia máxima de 270 HP @ 2,200 RPM para requerimientos intermitentes, tal como son nuestras necesidades (la máxima potencia solicitada solo ocurrirá al momento de levantar el primer tubing de la sarta).

Se ha determinado el uso por varios factores:

Posee las condiciones de potencia y maniobrabilidad que se requieren para el servicio.

Se cuenta con un motor nuevo, sin uso actual e ideal por sus características para las Unidades de Servicio de Pozos.

Gran cantidad de motores de la misma marca utilizados en la operación y a nivel empresa en general, contando con un respetable stock de repuestos propios así como de mano de obra calificada en la reparación y/o mantenimiento.

**b) Caja de Cambios.**

Marca SPICER, modelo CM-6052A, de accionamiento mecánico por engranajes y un tren de reducciones: 7.28; 4.09; 2.41; 1.44; 1.00 y para reversa: 7.28. La selección de esta caja de cambios es muy fácil de comprender por las características que explicamos a continuación:

El costo de una caja de cambios mecánica es mucho menor que una caja automática.

El peso, así como la longitud (limitaciones importantes en el diseño de la U.S.P.) es menor que en el resto de las cajas automáticas existentes en la operación.

El mantenimiento de este tipo de reductores es más simple y se posee mano de obra calificada para los servicios requeridos.

Se posee una caja de estas características en la operación.

**c) Disco de Embrague.**

Concordante con las características del motor y las exigencias en la operación de los Equipos para Servicio de Pozos se seleccionará un embrague para los siguientes requerimientos básicos:

Potencia Máxima : 200 HP  
 RPM Máxima : 2,200 RPM  
 Torque Máximo : 742  $\text{lb/ft}$

Luego, del análisis respectivo (los catálogos se encuentran en el apéndice) se seleccionó un embrague seco de 14" (de acuerdo a la medida de la volante del motor CAT. D 3306 TA), de doble disco y de las siguientes características:

Marca : TWIN DISC  
 Modelo : SP-314-P  
 Potencia Máxima : 261HP (Nominal)  
 R.P.M. Máxima : 2,500 RPM  
 Torque Máximo : 2,430  $\text{lb/ft}$   
 Anillo de Deslizamiento : SP-314-P Tipo "B"

**d) Embrague Neumático.**

Para los requerimientos de una potencia de 180 HP y las características del servicio, de acuerdo a la tabla # 1 (Ver Apéndice), el embrague deberá ser catalogado como de tipo pesado.

De acuerdo a la Tabla de Capacidad, se selecciona en principio un PO-218 (Dos Platos) de 14,900 Lb-pie con 130 PSI de aire y 200 HP (Servicio Pesado).

De la Tabla # 2 el Factor de Servicio es 0.62 y de la Tabla # 3 el valor  $D^2$  es de 324 HP.

Luego, la máxima potencia será:

$$\text{Máx}_{pot} = 324 \times 0.62 = 200.88 \text{ HP}$$

El embrague entregará a 120 PSI un torque de:

$$T_{120} = \frac{(14,900) (120)}{130} = 13,754 \text{ Lb-pie.}$$

y teniendo en cuenta el Factor de Servicio:

$$T = (13,754) (0.62) = 8,527 \text{ Lb-pie.}$$

El torque requerido por el winche será:

$$T = \frac{(180 \text{ HP}) (5252)}{(79)} = 11,966 \text{ Lb-pie.}$$

Podemos observar que no cumple la condición requerida:

$$8,527 \text{ Lb-pie.} < 11,966 \text{ Lb-pie.}$$

Aplicamos nuevamente el mismo procedimiento para seleccionar un Embrague PO-318.

Marca	: TWIN DISC.	
Modelo	: SP-318P	(3 Discos)
Potencia Máxima	: 250 HP	(Nominal)
R.P.M.Máximo	: 2,050	(Nominal)
Torque Máximo	: 22,350 $\text{Lb}/\text{pie}$	(130 PSI)
	20,631 $\text{Lb}/\text{pie}$	(120 PSI)
Diámetro	: 18 pulg	
Modelo	: 6926 A	

**e) Winche.**

Se instalará un winche marca CARDWELL, modelo PO-130 con transmisión de cadenas incluida, siendo sus características las siguientes:

Este winche existe en la operación.

Tiene el sistema de enfriamiento hidro neumático para las bandas de freno, sistema incluido en el winche.

Es un winche portátil y lleva incluido su sistema de lubricación del tipo centralizado, lo cual facilita su lubricación. El sistema de lubricación de cadenas es por salpicadura y está incorporado en el winche.

### 3.6 Selección del Sistema de Transmisión.

El tren de transmisión será como sigue:

Winche.

Embrague Neumático.

- Transmisión del winche.

Caja de Cambios-Embrague Mecánico.

#### 3.6.1 Winche.

La eficiencia del winche CARDWELL PD-130 es:

$$\eta_w = 0.93$$

donde:

$$\eta_w = (\eta_t)(\eta_{em})(\eta_{cd})$$

$\eta_t$  =Eficiencia del Tambor.

$\eta_{em}$ =Eficiencia del Embrague.

$\eta_{cd}$ =Eficiencia de Transmisión.

Sabemos del acápite 3.1.2.c. que  $T=14,337$  Lb.

Entonces esta será la fuerza necesaria para comenzar a enrollar el winche.

La potencia que necesitará el winche para mover esta carga estará dada por:

$$P_w = \frac{P_t + P_c}{\eta_w} \quad (I)$$

$$P = \frac{E_s V_s}{550} \quad (II)$$

y donde:

$P_t$  potencia para jalar el cable.

$P_i$  potencia para vencer inercia y girar winche.

Para hallar las potencias debemos saber que la velocidad lineal del cable:

$$V = \frac{(D_c) (n)}{60} \quad \text{(III)}$$

donde:

$D_c$  es el diámetro en que está enrollado el cable sobre el winche.

Si la longitud ( $L_{cn}$ ) mínima necesaria de cable metálico para trabajar con 4 poleas en la corona, suponiendo que el motón viajero está en el suelo se determinará:

La pluma extendida tiene aproximadamente 60 pies de altura, si está totalmente vertical

$$H = 60 \text{ pies}$$

El motón viajero tiene 6 líneas conectadas a la corona, 1 línea asegurada a la base de la pluma

Por lo tanto :

$$L_{cn} = (H)(\# \text{ líneas}) + (\text{línea muerta}) + (\text{línea winche})$$

$$L_{cn} = (60)(6) + (60) + (63)$$

$$L_{cn} = 483 \text{ pies}$$

DETALLE 1

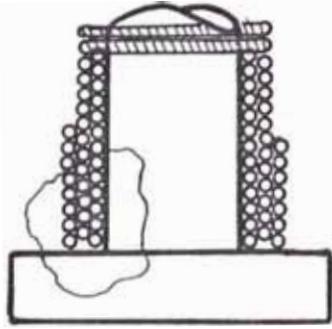
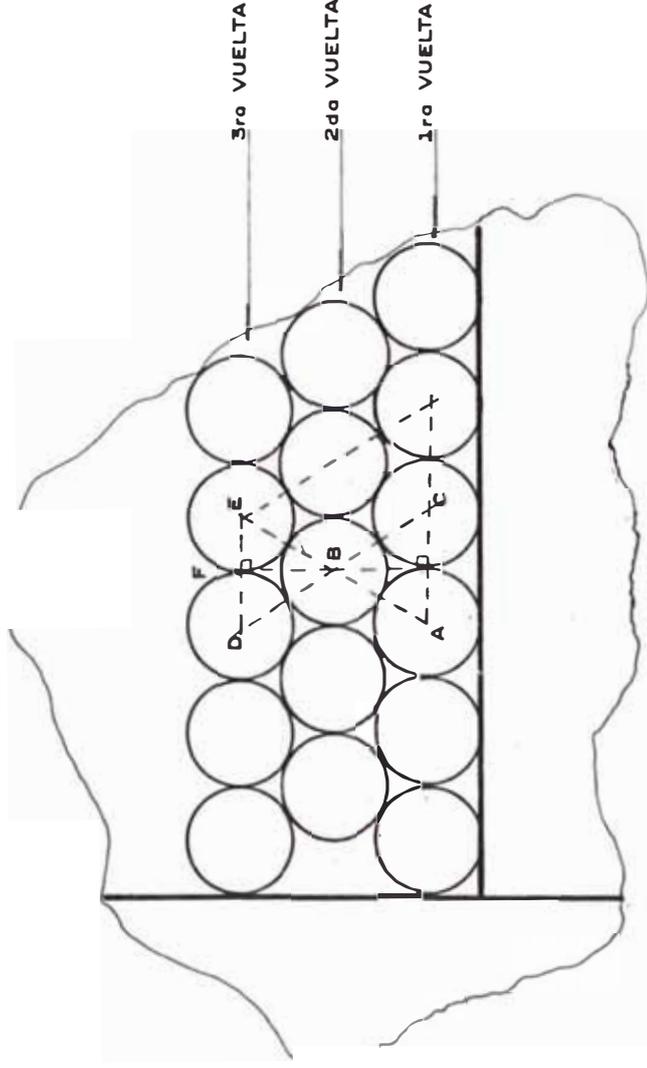


DIAGRAMA A



DETALLE 1

ENROLLAMIENTO DEL CABLE EN EL TAMBOR

Utilizaremos 650 pies de cable para tener una vuelta enrollada al winche por seguridad.

Por lo tanto:

$$L_c = 650 \text{ pies}$$

Por mediciones efectuadas sabemos que el diámetro del winche es 13" y una longitud de 38".

Con ayuda de los diagramas adjuntos podemos apreciar cuantas vueltas son necesarias para enrollar 600 pies.

Si  $\overline{AD}$  es el radio del cable  $= 0.4375''$

Si  $\overline{AB}$  es igual al diámetro del cable  $= 0.875''$

El  $\angle ABD$  es  $30^\circ$  ya que  $\overline{AB} = \overline{AC} = \overline{BC}$

Entonces  $\overline{BD}$  será :  $\overline{AB} \text{ Sen } 60^\circ = 0.758''$

$$\overline{BF} = \overline{BD}$$

Luego:

El diámetro del enrollamiento será:  
(Para calcular se utilizará el eje neutro del cable)

$$* 1^\circ \text{Vuelta } D_{c1} = [ \phi_{\text{winche}} + 2(r_{\text{cable}}) ]$$

$$D_{c1} = [ 13'' + 2(0.4375'') ]$$

$$D_{c1} = 13.875 \text{ pulg.}$$

$$* 2^\circ \text{Vuelta } D_{c2} = [ \phi_{\text{winche}} + 2(r_{\text{cable}} + \overline{BD}) ]$$

$$D_{c2} = [ 13'' + 2(0.4375'' + 0.758'') ]$$

$$D_{c2} = 15.391 \text{ pulg.}$$

$$* 3^\circ \text{Vuelta } D_{c3} = [ \phi_{\text{winche}} + 2(r_{\text{cable}} + 2 \overline{BD}) ]$$

$$D_{c3} = [ 13'' + 2[0.4375'' + 2(0.758'')] ]$$

$$D_{c3} = 16.907 \text{ pulg.}$$

$$* 4^{\circ} \text{Vuelta } D_{c4}: [ \phi_{\text{winche}} + 2(r_{\text{cable}} + 3BD) ]$$

$$D_{c4} = \{ 13" + 2[0.4375" + 3(0.758") ] \}$$

$$D_{c4} = 18.423 \text{ pulg.}$$

Es necesario saber que longitud existe en cada hilera de cable metálico.

$$1^{\circ} \text{ Vuelta} = \frac{(L_{\text{winche}})}{(D_{\text{cab.cable}})} = \frac{38}{0.875"}$$

$$1^{\circ} \text{ Vuelta} = 43 \text{ vueltas.} \quad (\text{En la primera hilera})$$

En la segunda hilera entrará una vuelta menos

$$2^{\circ} \text{ Vuelta} = 42 \text{ vueltas.}$$

y así sucesivamente:

$$3^{\circ} \text{ Vuelta} = 43 \text{ vueltas.}$$

$$4^{\circ} \text{ Vuelta} = 42 \text{ vueltas.}$$

La longitud enrollada en cada cable será:

$$l = (D_c)(\# \text{ de vueltas}) \pi \quad \text{reemplazando:}$$

$$1^{\circ} \text{Vuelta} : l_1 = (13.875)(43)\pi = 1,874 \text{ pulg.}$$

$$2^{\circ} \text{Vuelta} : l_2 = (15.391)(42)\pi = 2,031 \text{ pulg.}$$

$$3^{\circ} \text{Vuelta} : l_3 = (16.907)(43)\pi = 2,284 \text{ pulg.}$$

$$4^{\circ} \text{Vuelta} : l_4 = (18.423)(42)\pi = 2,431 \text{ pulg.}$$

Luego:

Tres enrollamientos contienen:

$$\sum_{i=1}^3 l_i = 6,189 \text{ pulg.} = 516 \text{ pies}$$

Cuatro enrollamientos contienen:

$$\sum_{i=1}^4 l_i = 8,620 \text{ pulg.} = 718 \text{ pies}$$

Utilizaremos cuatro (04) enrollamientos ya que  
718 pies > 650 pies, mínimo necesario.

Por lo tanto:  $D_c = 18.423$  pulg.

Como veremos mas adelante en transmisión por  
cadenas, la velocidad de giro del winche será :

$$n = 78.5 \text{ r.p.m.} \quad (\text{Acápite 3.6.3})$$

Luego ; reemplazando en (III) tenemos :

$$V = \frac{\pi (18.423)(78.5)}{60}$$

$$V = 75.7 \text{ pulg/seg} = 6.3 \text{ pie/seg}$$

Luego ; para hallar la potencia para  
jalar el cable, reemplazamos en II).

$$P_i = \frac{(14,337)(6.3)}{550} = 164 \text{ H.P.}$$

Calcularemos el peso del cable enrollado,  
suponiendo que el motón está arriba, es decir, la  
mayor parte del cable enrollado.

$$\text{Si } L_c = 650 \text{ pies}$$

$$\text{Si } W_{c_s} = 1.4 \text{ lb/pie} \quad (\text{Peso cable } 7/8")$$

$$W_c = (650)(1.4)$$

$$W_c = 910 \text{ Lb.}$$

Potencia para vencer la inercia:

$$P_i = \frac{I \alpha w}{550}$$

donde :

$$I = \frac{W}{2} ( R_{12} + R_{22} )$$

$$m = \frac{W_c + W_{\text{tambores}}}{g}$$

$$m = \frac{910 + 1,760}{32.2} = 83$$

Luego, si conocemos:

$$m = 1,760 \text{ Lb-masa.}$$

(Winche)

$$R_1 = 12 \text{ pulg.}$$

(Ø<sub>int</sub> Winche)

$$R_2 = 18.423 + 0.875$$

$$R_2 = 19.3 \text{ pulg.} = 1.6 \text{ pie}$$

(Ø<sub>ext</sub> Winche + Cable)

$$\alpha = 2 \text{ rad/seg}^2$$

$$\omega = 78.5 \text{ R.P.M.} = 2.6\pi \text{ rad/seg}$$

Por lo tanto, reemplazando:

$$P_1 = 3.2 \text{ H.P.}$$

Luego reemplazando en (I):

$$P_u = \frac{164 + 3.2}{0.93}$$

$$P_u = 180 \text{ H.P.}$$

Será la potencia necesaria a entregar al winche del piñón de transmisión por cadenas. (El winche viene completo hasta la brida que empalma con la caja de cambios).

### 3.6.2 Embrague Neumático.

La selección de este componente fué efectuada en el acápite 3.5.d.

La potencia utilizada para este embrague está considerada dentro de la eficiencia del winche.

### 3.6.3 Transmisión del Winche.

Visto del acápite anterior, para la verificación del tipo de cadenas se utilizará una caja con multiplicación máxima de 7.28:1, la cual será la mínima velocidad de rotación, pero el máximo torque utilizable con 275 r.p.m.

- Relación de Transmisión ( $m_g$ ):

$$m_g = \frac{n}{N} \quad \text{entonces : } N = \frac{275}{3.5}$$

$$N = 78.5 \text{ r.p.m.} \quad (\text{En el winche})$$

Número de Dientes ( $Z$ ):

Consideramos 30 dientes para el piñón:

$$Z_1 = 30 \text{ dientes}$$

$$Z_2 = (m_g) (n)$$

reemplazando:

$$Z_2 = (3.5) (30)$$

$$Z_2 = 105 \text{ dientes}$$

- Potencia Nominal Equivalente (Pne):

La potencia de diseño será ( $P_{DS}$ )

$$P_{DS} = (P_M) (f.\text{servicio})$$

donde:  $f.\text{servicio} = 1.4$  \*

\* Para winches movidos por motores con embrague mecánico.

$$P_{DS} = (180) (1.4)$$

$$P_{DS} = 252 \text{ H.P.}$$

Luego:

$$P_{ne} = (P_{DS}) (f_n \text{dientes})$$

donde:  $f_n \text{dientes} = 0.61$  (Para 30 dientes)

reemplazando:

$$P_{ne} = (252) (0.61)$$

$$P_{ne} = 154 \text{ H.P.}$$

Abaco  $n_{pl} \text{dón}$  vs Pot. 19 d (15,000 hr)

- Con los siguientes datos:

$$N = 275 \text{ r.p.m.}$$

$$P_{ne} = 154 \text{ H.P.}$$

Se seleccionó tres (03) cadenas ASA1002.

Diámetro de Paso de las Ruedas ( $D_p; D_r$ )

Según especificación para:

Cadena ASA-100-2

$$p = 1 \frac{1}{4} \text{ pulg.}$$

$$T_u = 24,000 \text{ Lb.} \quad (\text{Carga de Rotura})$$

$$w = 2.5 \text{ Lb/pulg.} \quad (\text{P.Lineal})$$

Verificamos el  $T_u$  con  $P_w$ :

(Acápite 3.6.1)

$$\text{Torque} = \frac{(P_w)(5252)}{N}$$

$$\text{Torque} = \frac{(180)(5252)}{78.5}$$

$$\text{Torque} = 12,043 \text{ Lb-pie.}$$

El factor de seguridad será: (3 cadenas)

$$f.s. = 3 \times \frac{24,000}{12,043} = 6$$

$$d = \frac{p}{\text{Sen } \left\{ \frac{180}{z} \right\}}$$

Reemplazando:

$$d_p = \frac{1.25}{\text{Sen } \left\{ \frac{180}{30} \right\}} = 11.96'' \approx 11^{15}/_{16}''$$

$$D_p = \frac{1.25}{\text{Sen } \left\{ \frac{180}{105} \right\}} = 41.78'' \approx 41^{3}/_{4}''$$

Velocidad Tangencial (V) :

$$\text{De: } V = \frac{\pi d_p n}{12}$$

$$V = \frac{\pi (11^{15}/_{16}'')(275)}{12}$$

$$V = 859 \text{ p.p.m.}$$

Es utilizable la Cadena ASA-100-3 con lubricación por salpicadura.

- Longitud de Cadena ( $L_p$ ):

La distancia entre centros de la guarda para las cadenas del winche es de 67".

Por lo tanto:

$$C_p = \frac{67}{1.25}$$

$$L_p = 2(53.6) + 0.53(30+105)$$

$$L_p = 178.7$$

Luego:

$$L'_p = 2(53.6) + \frac{30 + 105}{2} + \frac{(105-30)^2}{4\pi^2(53.6)}$$

$$L'_p = 177.4$$

Se usará: Cadena ASA 100-3 180 eslabones

Distancia entre centros 67".

Piñón de 30 dientes.

Catalina 105 dientes.

Coincide con el winche descrito.

### 3.6.4 Caja de Cambios - Embrague Mecánico.

$$P_{ce} = \frac{P_m}{\eta}$$

Donde  $\eta = 0.90$   
(Conjunto caja de cambios-embrague)

Reemplazando:

$$P_{ce} = \frac{180}{0.90}$$

$P_{ce} = 200$  H.P. (Potencia a ser entregada por motor)

### 3.7 Cálculo de Elementos de Unión.

#### 3.7.1 Pluma.

##### a) Cordón de Soldadura. (Cabezal de la Corona)

- Ubicación : Extremo Superior 1°Cuerpo.
- Forma Cordón : Circular. (Perim. Casing 8 3/8")
- Tipo Soldadura : Tope.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)

$$f_w = \frac{W_{ycd} + W_{ycr}}{\pi(\phi_{ext})} \quad (\text{Acápite 3.1.3.b y c})$$

$$f_w = \frac{114,123 + 995}{\pi(8.625)}$$

$$f_w = 4,248 \text{ lb/pulg}$$

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{4,248}{25,000} \quad (\text{Ancho cordón})$$

$$w = 0.17 \text{ pulg} \approx 3/16''$$

usamos  $w = 0.5 \text{ pulg.}$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = \frac{(0.5)(25,000)}{(4,248)}$$

El factor de Seguridad será:

$$f.s. = 3$$

Usar E-100XX

Cordón  $w = 1/2''$

**b) Cordón de Soldadura.** (Polea lateral Sup.Izaje)

- Ubicación : Extremo Superior 1°Cuerpo.
- Forma Cordón : Lineal. (Paralelo)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Tracción. (Longitudinal)  
Flexión.

Si el peso del primer cuerpo es:

$$W_{pc} = 2,722 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.10.a})$$

Para el winche auxiliar:  $g = 32.2 \text{ pie}/\text{seg}^2$

$$\alpha = 8 \text{ rad}/\text{seg} \quad r = 3/8 \text{ pie}$$

$$a_t = \alpha r \quad a_t = 3 \text{ pie}/\text{seg}^2$$

La fuerza de Inercia será:

$$W_i = \frac{W_{pc}}{g} (a_t) = 254 \text{ Lb.}$$

La fuerza de rozamiento será :

$$\text{Si } f = 0.11 \quad ; \quad N = W_{pc} \text{ Sen } 5.75^\circ$$

$$F_r = f N \quad ; \quad F_r = 30 \text{ Lb.}$$

Para levantar el primer cuerpo se requerirá:

$$F = W_{pc} + W_i + F_r = 3,006 \text{ Lb.}$$

**Carga a Tracción.**

Dado que el cable sigue la misma dirección a la entrada y la salida (Paralelos).

$$P = 2F = 6,012 \text{ Lb.}$$

Dado que son placas soportantes: (L=7")

$$L_w = 2(L) = 14 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto:

$$f_w = \frac{P}{L_w} = 430 \text{ lb}/\text{pulg} \quad (\text{Tracc.Long.})$$

**Carga de Flexión.**

Ya que  $\phi_{ext} = 6$  pulg. (De la polea)

$m = 1$  pulg. (Dist. borde polea-placa)

$e = 0.45$  pulg. (Espesor casing)

Por lo tanto:

$$d = e + m + \frac{\phi_{ext}}{2} = 4.45 \text{ pulg.}$$

El momento flector será :

$$M = (P) (d) = 26,753 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{L^2}{3} = \frac{49}{3}$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w' = \frac{M}{Z_w} = 1,638 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga resultante de Corte.**

$$f_w = \sqrt{(430)^2 + (1,638)^2}$$

$$f_w = 1,694 \text{ Lb/pulg}$$

**- Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{1,694}{14,800} = 0.11$$

Si usamos  $w = 1/4''$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 2.2$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4''$$

**c) Cordón de Soldadura.** (Parrilla Motón Viajero)

- Ubicación : Sobre casing 10 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>".
- Forma Cordón : Lineal. (Proyectado al casing)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Compresión (Normal)  
Flexión.

Los criterios de carga pueden apreciarse en el acápite 3.1.4.g)

El cordón de soldadura en la viga sobre el casing , tendrá una longitud de arco circunferencial :L= 7.62 pulg.(Se halló geométricamente similar al acáp. 3.3.4 y 3.3.5)

**Carga de Compresión.**

Considerese que el perfil "C" tiene dos alas laterales:

Suponiendo que cada perfil soporta  $W_{Nv}$  y  $M_{Viga}$

$$P = W_{Nv} + M_{Viga} \quad \cdot \quad (2.83' \text{ ó } 34'' \text{ viga en voladizo})$$

(Ver acápite 3.1.4.g)

$$P = 1,085 + (2.83)(5.4) = 1,100 \text{ Lb.}$$

$$f_w = \frac{1,100}{15.24} = 72 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga de Flexión.**

Aproximadamente el centro de gravedad del motón está alejado 10" del eje a la pluma.

$$M = (1,085)(10) \quad \text{(Momento por Motón a la viga, suponiendo que soporta solo 1 ala)}$$

$$M = 10,850 \text{ Lb-pulg}$$

Módulo de Línea :  
(Considerar la viga empotrada por un lado).

$$Z_w = \frac{d^2}{3} = \frac{(3.81)^2}{3} = 4.84 \text{ pulg}^2$$

donde:

3.81" Mitad de soldadura de L=7.62".  
(Para un lado parrilla)

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 2,242 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

- Carga resultante de Corte.

$$f_w = \sqrt{(72)^2 + (2,242)^2}$$

$$f_w = 2,243 \text{ lb/pulg}$$

- Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{2,243}{14,800} = 0.15 \approx 3/32''$$

Si usamos  $w = 1/4''$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.7$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4''$$

Cordón Continuo.

**d) Cordón de Soldadura.** (Soporte Giratorio)  
(Abraz/Perfil C 8"x 11.5")

- Ubicación : Abrazadera casing 11 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>"  
con perfil C 8"x 11.5"
- Forma Cordón : Longitudinal. (Abraz. 11 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" )
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)  
Tracción. (Longitudinal)  
Flexión.

Para el análisis se considerará el caso de volteo de la pluma, ya que es el caso crítico.

**- Carga de Compresión.**

La fuerza será de 8,615 Lb.  
(Reacción por el cable al momento del volteo)

$$P = W_{pl} + W_{av} + R_v$$

$$P = 5,103 + 1,085 + 8,615$$

$$L_w = 2(36) = 72 \text{ pulg.} \quad (36" \text{ en dos alas perfil})$$

$$f_w = \frac{14,803}{72} = 206 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga de Tracción.**

$$P = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.10})$$

$$L_w = 2(36) = 72 \text{ pulg} \quad (36" \text{ en dos alas perfil})$$

(Ver acápite 3.3.4)

$$f_w = \frac{8,615}{72} = 120 \text{ Lb/pulg}$$

### - Carga de Flexión.

Consideramos el momento de volteo.

$$M = 68,052 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Acápite 3.3.3.a})$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{d^2}{3} = \frac{(36)^2}{3} = 432 \text{ pulg}^2$$

$$\text{donde : } d = 36'' \quad (\text{Longitud viga de } 8'')$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 158 \text{ Lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

### - Carga resultante de Corte.

Fuerzas Normales:

$$f_w = 206 + 158 = 364 \text{ Lb/pulg}$$

reemplazando:

$$f_w = \sqrt{(120)^2 + (364)^2}$$

$$f_w = 383 \text{ Lb/pulg}$$

### Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{383}{14,800} = 0.03 \approx 1/30''$$

Si usamos cordón intermitente.

Cordón : 2"  
Paso : 4"  
Resistencia : 50%

Si usamos:

$$w = 1/4''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)(0.5)}{f_w} = 4.8$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4''$$

Cordón Intermitente 2"-4"

e) **Cordón de Soldadura.** (Viga C 8"x 11.5")  
(Viga C 4"x 7.25")

- Ubicación : Apoyo vigas (Sop. Post. Girat.)
- Forma Cordón : Rectangular. (Perim. apoyo vigas)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)
- Tracción. (Longitudinal)
- Flexión.

Al momento de superponer los dos perfiles (ver plano de detalle), se formará un rectángulo de las siguientes dimensiones:

$$a = 8 \text{ pulg.}$$

$$b = 4 \text{ pulg.}$$

- **Carga de Compresión.**

$$P = W_{pl} + W_{av} + R_v$$

$$P = 5,103 + 1,085 + 8,615$$

$$L_w = 2(12) = 24 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{14,803}{24} = 617 \text{ Lb/pulg}$$

- **Carga de Tracción.**

$$P = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.1})$$

$$L_w = 2(12) = 24 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{8,615}{24} = 359 \text{ Lb/pulg}$$

- **Carga de Flexión.**

Consideramos el momento de volteo.

$$M = 68,052 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Acápite 3.3.3.a})$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = ab + \frac{b^2}{3}$$

$$Z_w = 37.3 \text{ pulg}^2$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 1,824 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

#### - Carga resultante de Corte.

Fuerzas Normales:

$$f_w = 617 + 1,824 = 2,441 \text{ lb/pulg}$$

reemplazando:

$$f_w = \sqrt{(359)^2 + (2,441)^2}$$

$$f_w = 2,467 \text{ lb/pulg}$$

#### Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{2,467}{14,800} = 0.17 \approx 3/16''$$

Si usamos:

$$w = 1/4''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.5$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4''$$

Cordón Continuo.

f) **Cordón de Soldadura.** (Viga C 4"x 7.25"/  
Eje girat. 3 7/8")

- Ubicación : Eje de giro de la pluma.
- Forma Cordón : Lineal.
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)
- Tracción. (Longitudinal)
- Flexión.

Se considerará el caso de volteo de la pluma, que es el caso de esfuerzo más crítico.

- **Carga de Compresión.**

Sabemos que al momento de comenzar a girar, la reacción vertical (abajo) será 8,615 Lb.

$$P = W_{pl} + W_{av} + R_v \quad (\text{Acápite 3.3.1})$$

$$P = 5,103 + 1,085 + 8,615$$

$$L_w = 2(24) = 48 \text{ pulg.}$$

(Son dos cordones de 12 pulg, acáp. 3.3.5)

$$f_w = \frac{14,803}{48} = 308 \text{ Lb/pulg}$$

- **Carga de Tracción.**

$$P = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.1})$$

(Reacción por cable en el momento del volteo)

$$L_w = 2(24) = 48 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{8,615}{48} = 179 \text{ Lb/pulg}$$

- **Carga de Flexión.**

Consideramos el momento de volteo.

$$M = 68,052 \text{ Lb-pulg.} \quad (\text{Acápite 3.3.3.a})$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = Ld \quad (\text{d distancia entre alas de la viga})$$

$$Z_w = (24)(2 \times 1.6875) = 81 \text{ pulg}^2 \quad (\text{d= 28C Acáp.3.3.5})$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 840 \text{ Lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

**- Carga resultante de Corte.**

Fuerzas Normales:

$$f_w = 308 + 840 = 1,148 \text{ Lb/pulg}$$

reemplazando:

$$f_w = \sqrt{(179)^2 + (1,148)^2}$$

$$f_w = 1,162 \text{ Lb/pulg}$$

**- Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{1,162}{14,800} = 0.08 \approx 1/12"$$

Si usamos cordón intermitente.

Cordón : 2"  
Paso : 4"  
Resistencia : 50%

Si usamos:

$$w = 1/4"$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)(0.5)}{f_w} = 1.6$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4"$$

Cordón Intermitente 2"-4"

**g) Cálculo Pernos de Sujeción.**  
(Abrazadera soporte pluma)

- Ubicación : Abrazadera Casing 11 3/4".
- Distribución : Dos hileras Paralelas.
- Tipo de Carga : Tracción.  
Corte.

Se analizará en este caso la posición crítica.

- Para evitar resbale en posición vertical.

**- Carga de Tracción.**

La tracción que actúa para que la pluma no se deslice es igual a:

$$F_t^* = 30,940 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.3.b})$$

$$F_t = \frac{30,940}{12} \quad (\text{Ya que son 12 pernos})$$

$$F_t = 2,578 \text{ Lb.} \quad (\text{Por cada perno})$$

**Carga de Corte.**

La fuerza de corte que soportarán los pernos al momento inicial del volteo será.

$$F_c = \frac{8,615}{12} \quad (\text{Acápite 3.3.1})$$

$$F_c = 718 \text{ Lb.} \quad (\text{Por cada perno})$$

Considerando que el ajuste inicial toma la carga de corte, se debe cumplir.

$$F_s \geq F_t + \frac{E_s}{\mu} \quad \text{Donde } \mu=0.2-0.35$$

$$F_s \leq 0.8 S, A_s$$

$$F_s \geq 2,578 + \frac{718}{0.2}$$

$$F_s > 6,168 \text{ Lb.}$$

Si usamos 12 pernos ASTM A-354 grado BD.

$$S_u - 150,000 \text{ PSI}$$

$$S_y - 125,000 \text{ PSI}$$

$$6,168 \leq (0.8)(125,000)(A_s)$$

$$A_s > 0.062 \text{ pulg}^2$$

Usaremos pernos de  $7/8"$  ( $A_s = 0.4617$ )

$$\text{f.s.} = \frac{(0.8)(125,000)(0.4617)}{6,168}$$

$$\text{f.s.} = 7.5$$

Considerando que el perno tomará la carga de corte por un ajuste inadecuado.

Según criterio MAXIMO ESFUERZO CORTANTE.

$$F_s = \sqrt{F_t^2 + 4F_c^2}$$

$$F_s = \sqrt{(2,578)^2 + 4(718)^2}$$

$$F_s = 2,951 \text{ Lb.}$$

Según criterio SEATONS & ROUTHWAITE

Si  $d_b < 1\frac{3}{4}" \varnothing$

$$A_s = \left\{ \frac{6 F_s}{S_y} \right\}^{2/3}$$

reemplazando:

$$A_s = 0.2717$$

Verificamos con perno  $7/8"$

( $A_s=0.4617 \text{ pulg}^2$ )

$$\text{f.s.} = \frac{0.4617}{0.2717}$$

$$\text{f.s.} = 1.7$$

**Torque de Ajuste.**

Para pernos no lubricados.

$$T = (0.2) F_t d_b$$

$$T = (0.2)(6,168)(0.875)$$

$$T = 1,079 \text{ Lb-pulg.}$$

Por lo tanto:

Se usará 12 pernos  $\frac{7}{8}$ " ASTM-354 grado BD.  
con Torque Inicial 1,079 Lb-pulg.

**h) Cordón de Soldadura.**

(Pestaña abrazadera soporte de pluma).

- Ubicación : Abrazadera de la pluma.  
(Platina para pernos ajuste).
- Forma Cordón : Lineal (Dos cordones paralelos)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Corte.  
Flexión.

**Carga de Corte.**

$$2 F_s - 30,940 \quad (\text{Acápite 3.3.3.b})$$

$$F_s - 15,470 \text{ Lb.} \quad (\text{A cada lado})$$

$$L_w - 2(b) \quad (b=36" \text{ Long. Abrazadera})$$

$$L_w - 72 \text{ pulg} \quad (\text{Platina soldable; ambos lados})$$

$$f_w - \frac{15,470}{72} = 215 \text{ lb/pulg}$$

**- Carga de Flexión.**

$$M = (F_u)(l) \\ (l=1\frac{3}{4}'' \text{ Dist. centro aguj. al borde unión}).$$

$$M = (15,470)(1.75)$$

$$M = 27,073 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = bd \quad (d= \frac{3}{4}'' \text{ Espesor plancha para platina})$$

$$Z_w = (36)(0.75) = 27 \text{ pulg}^2$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 1,003 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

**- Carga resultante de Corte.**

$$f_w = \sqrt{(215)^2 + (1,003)^2}$$

$$f_w = 1,026 \text{ lb/pulg}$$

**- Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{1,026}{14,800} = 0.07''$$

Si usamos  $w = \frac{1}{4}''$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 3.6$$

Usar E-70XX

$$w = \frac{1}{4}''$$

Cordón Continuo.

**i) Cálculo Pernos de Sujeción.**

(Chumacera Soporte viga giratoria)

- Ubicación : Paralelas al eje giratorio.  
(Soporte posterior de pluma)
- Distribución : Dos hileras Paralelas.
- Tipo de Carga : Corte.

A pesar que la posición de las chumaceras permite absorber las cargas (ya que está simplemente apoyado y el giro es bastante lento), el cálculo de los pernos se realizará con el valor de la carga de corte  $R_y$  (Acápite 3.3.1) provocada al momento de girar la pluma, inicialmente en posición horizontal.

**- Carga de Corte.**

Suponiendo que los dos soportes cogen las carga mencionada.

$$R_y = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.8.b})$$

$$F_s = \frac{8,615}{8} \quad (8 \text{ pernos en 2 soportes})$$

$$F_s = 1,077 \text{ Lb.} \quad (\text{Por cada perno})$$

Considerando que el ajuste inicial toma la carga de corte, se debe cumplir.

$$F_1 \geq F_t + \frac{E_s}{\mu} \quad \text{Donde } \mu=0.2-0.35$$

$$F_1 < 0.8 S, A_s$$

$$F_1 > 0 + \frac{1,077}{0.2}$$

$$F_1 > 5,385 \text{ Lb.}$$

Si usamos 8 pernos ASTM A-354 grado BD.

$$S_u = 150,000 \text{ PSI}$$

$$S_y = 125,000 \text{ PSI}$$

$$5,385 \leq (0.8)(125,000)(A_n)$$

$$A_n \geq 0.054 \text{ pulg}^2$$

Usaremos pernos de  $3/4$ "

$$(A_s = 0.3345 \text{ pulg}^2)$$

$$f.s. = \frac{(0.8)(125,000)(0.3345)}{5,385}$$

$$f.s. = 6.2$$

Considerando que el perno tomará la carga de corte por un ajuste inadecuado.

Según criterio MAXIMO ESFUERZO CORTANTE.

$$F_n = \sqrt{F_t^2 + 4F_s^2}$$

$$F_n = \sqrt{(0)^2 + 4(1,077)^2}$$

$$F_n = 2,154 \text{ Lb.}$$

Según criterio SEATONS & ROUTHWAITE

Si  $d_b < 1\frac{3}{4}$ "  $\phi$

$$A_n = \left\{ \frac{6 F_n}{S_y} \right\}^{2/3}$$

reemplazando:

$$A_n = 0.220 \text{ pulg}^2$$

Verificamos con perno de  $3/4$ " ( $A_s=0.3345\text{pulg}^2$ )

$$f.s. = \frac{0.3345}{0.22}$$

$$f.s. = 1.5$$

**Torque de Ajuste.**

Para pernos no lubricados.

$$T = (0.2) F_t d_b$$

$$T = (0.2)(5,385)(0.75)$$

$$T = 808 \text{ Lb-pulg.}$$

Por lo tanto:

Se usará 8 pernos  $\frac{3}{4}$ " ASTM-354 grado BD  
con Torque Inicial 808 Lb-pulg.

**j) Cordón de Soldadura.**

(Pestaña del soporte Abrazadera-Chumacera)

-Ubicación : Soporte posterior de pluma.

-Forma Cordón : Lineal. (2 cordones paralelos)

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Corte.

Flexión.

**Carga de Corte.**

$$F_s = 1,077 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.7.1. i})$$

Pero son dos pernos por platina:

$$F_s = 2 (1,077) = 2,154 \text{ Lb.}$$

$$L_w = 2(b) \quad (b=4" \text{ long. abraz. son 2 cord.})$$

$$L_w = 2(4) = 8 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{2,154}{8} = 269 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga de Flexión.**

$$M = (F_s)(l)$$

( $l=1\frac{1}{2}$ " Dist. centro agujero al borde unión)

$$M = (2,154)(1.5)$$

$$M = 3,231 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = bd \quad (\text{Donde } d = 1/2^{\circ} \text{ espesor de plancha})$$

$$Z_w = (4)(0.5)$$

$$Z_w = 2 \text{ pulg}^2$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 1,616 \text{ Lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

- **Carga resultante de Corte.**

$$f_w = \sqrt{(269)^2 + (1,616)^2}$$

$$f_w = 1,638 \text{ Lb/pulg}$$

- **Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{1,638}{14,800} = 0.111" \approx 1/8"$$

Si usamos  $w = 3/16"$  (Cordón mínimo)

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.7$$

Usar E-70XX

$$w = 3/16"$$

Cordón Continuo.

**k) Cordón de Soldadura.** (Polea Inferior Volteo)

-Ubicación : Extremo Inferior 2°Cuerpo.

-Forma Cordón : Lineal. (Paralelo)

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Corte.

Tracción. (Normal)

Flexión.

### - Carga de Corte.

Si la reacción horizontal al volteo.

$$P = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.8.b})$$

Dado que son 2 placas soportantes: (L=7")

$$L_w = 2(L) = 14 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto:

$$f_w = \frac{P}{L_w} = 615 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Corte})$$

### - Carga de Tracción.

De acuerdo la reacción vertical en el momento del volteo.

$$P = 8,615 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.8.b})$$

Dado que son 2 placas soportantes: (L=7")

$$L_w = 2(L) = 14 \text{ pulg}$$

Por lo tanto:

$$f_w = \frac{P}{L_w} = 615 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Tracción})$$

### Carga de Flexión.

Ya que  $\phi_{ext} = 6 \text{ pulg}$  (De la polea)

$$m = 1 \text{ pulg} \quad (\text{Dist.borde polea-placa})$$

Por lo tanto:

$$d = m + \frac{\phi_{ext}}{2} = 4 \text{ pulg}$$

$$P = 8,615 \text{ Lb-pulg.}$$

El momento flector será :

$$M = Pd \text{ luego } = 34,460 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{L^2}{3} = \frac{49}{3}$$

Carga de corte por Momento Flector

$$f_w' = \frac{M}{Z_w} = 2,110 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga resultante de Corte.**

Fuerzas Normales :

$$f_w' = 615 + 2,110 = 2,725 \text{ Lb-pulg.}$$

$$f_w = \sqrt{(615)^2 + (2,725)^2}$$

$$f_w = 2,794 \text{ Lb/pulg}$$

**Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{2,794}{14,800} = 0.19 \approx \frac{3}{16}''$$

Si usamos  $w = \frac{3}{16}''$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.7$$

Usar E-70XX

$$w = \frac{3}{16}''$$

Cordón Continuo.

1) **Cordón de Soldadura.** (Tornillo Potencia Base Pluma)

- Ubicación : Extremo Inferior 2ºCuerpo.
- Forma Cordón : Circular. (Base)
- Tipo Soldadura : A Tope.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)

Para el tornillo de potencia serán necesarios dos cordones que pasamos a describir.

\*) Unión con el Casing 10 3/4" :

$$P = 142,110 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.6.b})$$

$$L_w = 10.75)$$

$$L_w = 33.8 \text{ pulg.}$$

Se efectuará un cordón perimetral de 1/4" que será suficiente, ya que servirá de sujección, dado que la carga será absorbida por el casing (apoyado) con la placa circular.

\*) Unión con plancha del Tornillo de Potencia y tuerca del mismo.

$$P = 142,110 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.1.6.b})$$

$$L_w = \pi (7) \quad (\text{Donde 7 es } \phi_{\text{ext}})$$

$$L_w = 22 \text{ pulg.}$$

Se efectuará un solo cordón perimetral de 1/4" que será suficiente, ya que servirá de sujección, dado que la carga será absorbida por el contacto de la placa circular con la tuerca del Tornillo de Potencia.

### 3.7.2 Soporte Delantero de la Pluma.

#### a) Cordón de Soldadura. (Parantes del soporte)

- Ubicación : Extremos de cada soporte.
- Forma Cordón : Elíptico. (Perimetral por parante)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Corte.  
Compresión. (Normal)  
Flexión.

#### - Carga de Corte.

\*) Longitudinal al chasis.

$$R_{1d} = 186 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.11.c})$$

$$L_w = \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w = \pi(3.5) = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{186}{11} = 17 \text{ Lb/pulg}$$

\*) Transversal al chasis.

$$R_{td} = 174 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.11.d})$$

$$L_w = \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w = \pi(3.5) = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{174}{11} = 16 \text{ Lb/pulg}$$

#### - Carga de Compresión.

$$R_{vd} = 791 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.11.b})$$

$$L_w = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{791}{11} = 72 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga de Flexión.**

$$M = (R_{vd}) (d)$$

donde :  $d = \sqrt{(15)^2 + (17.125)^2} - 23$  pulg.  
(Distancia del centro a cada parante).

reemplazando en la ecuación hallaremos M:

$$M = 18,193 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{\pi(\phi_{ext})^2}{4} = \frac{\pi(3.5)^2}{4} \quad (\text{Aprox.Circunferencia})$$

$$Z_w = 9.6 \text{ pulg}^2$$

Carga Normal por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 1,895 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

**- Carga resultante de Corte.**

Fuerzas Normales:

$$f_w = 72 + 1,895 = 1,967 \text{ lb/pulg}$$

reemplazando las cargas a la resultante:

$$f_w = \sqrt{(16)^2 + (17)^2 + (1,967)^2}$$

$$f_w = 1,967 \text{ lb/pulg}$$

**Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{1,967}{14,800} = 0.13 \approx 1/8''$$

Si usamos:

$$w = 1/4''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.9$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4''$$

Cordón Continuo.

### 3.7.3 Soporte Posterior de la Pluma.

#### a) Cordon de Soldadura. (Parante $R_1$ L=66 $\frac{7}{8}$ " )

- Ubicación : Extremos de cada parante.
- Forma Cordon : Eliptico. (Perimetral borde parante)
- Tipo Soldadura : Filete.
- Tipo de Carga : Corte.  
Compresión. (Normal)  
Flexión.

Sabemos por el acápite 3.3.8 que:

$$R_1 = 58.54\% \quad (\text{Porcentaje de carga asumido por ese parante})$$

Luego :

$$R_{vp} - 8,772 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.3.1.a})$$

$$R_{ip} - 4,308 \text{ Lb.} \quad (R_v/2)(\text{Acápite 3.3.1})$$

#### Carga de Corte.

\* ) Longitudinal al chasis.

(Por lado el soporte asumirá 50% carga total, sea lado derecho o izquierdo. Asimismo cada parante soportará el porcentaje  $R_n$  de esa fracción de carga).

$$R_{ip1} - (\%R_1) (R_{ip})$$

$$R_{ip1} - (0.5854) (4,308)$$

$$R_{ip1} - 2,522 \text{ Lb.}$$

$$L_w - \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w - \pi(3.5) - 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w - \frac{2,522}{11} - 229 \text{ lb/pulg}$$

**Carga de Compresión.**

$$R_{vpi} = (\%R_1) (R_{vp})$$

$$R_{1pi} = (0.5854) (8,772)$$

$$R_{1pi} = 5,135 \text{ Lb.}$$

$$L_w = \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w = \pi(3.5) = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{5,135}{11} = 467 \text{ lb/pulg}$$

**- Carga de Flexión.**

Donde:

$$d' = 19.3 \text{ pulg.} \quad (\text{Dist.Horiz del Eje Girat. al Pie de Parante})$$

$$d'' = 64 \text{ pulg.} \quad (\text{Dist.Vert.del Eje Girat. al Pie del Parante})$$

(Para ambos casos ver plano correspondiente al soporte posterior).

$$M = (R_{1pi}) (d'') - (R_{vpi}) (d')$$

$$M = (2,522) (64) - (5,135) (19.3)$$

$$M = 62,302 \text{ lb/pulg}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{\pi(\phi_{ext})^2}{4} = \frac{\pi(3.5)^2}{4}$$

$$Z_w = 9.6 \text{ pulg}^2$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 6,490 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

**- Carga resultante de Corte.**

Fuerzas Normales:

$$f_w = 6,490 - 467 = 6,023 \text{ lb/pulg}$$

reemplazando:

$$f_w = \sqrt{(229)^2 + (6,023)^2}$$

$$f_w = 6,027 \text{ lb/pulg}$$

- Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_u}{S_w} = \frac{6,027}{14,800} = 0.41 \approx 7/16''$$

Si usamos:

$$w = 1/2''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_u} = 1.2$$

Usar E-70XX

$$w = 1/2''$$

Cordón Continuo.

(Se deberá soldar platinas triangulares como refuerzos (nervaduras) a cada parante delantero del soporte, aumentando así el facto de seguridad)

b) Cordón de Soldadura. (Parante  $R_2$   $L = 94 \ 7/16''$ )

-Ubicación : Extremos de cada parante.

-Forma Cordón : Elíptico.

(Perimetral borde parante)

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Corte.

Compresión.

(Normal)

Flexión.

Sabemos por el acápite 3.3.8 que:

$$R_2 = 41.46\%$$

(Porcentaje de carga asumido por ese parante)

Luego :

$$R_{vp} = 8,772 \text{ Lb.}$$

(Acápite 3.3.1.a)

$$R_{1p} = 4,308 \text{ Lb.}$$

$(R_v/2)$ (Acápite 3.3.1)

**Carga de Corte.**

\*) Longitudinal al chasis.

(Por lado el soporte asumirá 50% carga total, sea lado derecho o izquierdo. Asimismo cada parante soportará el porcentaje  $R_n$  de esa fracción de carga).

$$R_{1p2} = (\%R_2) (R_{1p})$$

$$R_{1p2} = (0.4146) (4,308)$$

$$R_{1p2} = 1,786 \text{ Lb.}$$

$$L_w = \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w = \pi(3.5) = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{1,786}{11} = 162 \text{ Lb/pulg}$$

**Carga de Compresión.**

$$R_{vp2} = (\%R_2) (R_{vp})$$

$$R_{vp2} = (0.4146) (8,772)$$

$$R_{vp2} = 3,637 \text{ Lb.}$$

$$L_w = \pi(\phi_{ext}) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.del parante})$$

$$L_w = \pi(3.5) = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{3,637}{11} = 331 \text{ Lb/pulg}$$

**- Carga de Flexión.**

Donde:

$$d' = 19.3 \text{ pulg.} \quad (\text{Dist.Horiz. del Eje Girat. al Pie Parante})$$

$$d'' = 64 \text{ pulg.} \quad (\text{Dist.Vert. del Eje Girat. al Pie Parante})$$

(Para ambos casos ver plano correspondiente al soporte posterior).

$$M = (R_{1p2}) (d'') - (R_{vp2}) (d')$$

$$M = (1,786) (64) - (3,637) (19.3)$$

$$M = 44,110 \text{ Lb/pulg}$$

Módulo de Línea :

$$Z_w = \frac{\pi(\phi_{ext})^2}{4} = \frac{\pi(3.5)^2}{4}$$

$$Z_w = 9.6 \text{ pulg}^2$$

Carga de corte por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 4,595 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

**- Carga resultante de Corte.**

Fuerzas Normales:

(Donde 331 lb/pulg es Máxima Tracción)

$$f_w = 4,595 - 331 = 4,264 \text{ lb/pulg}$$

reemplazando:

$$f_w = \sqrt{(162)^2 + (4,264)^2}$$

$$f_w = 4,267 \text{ lb/pulg}$$

**- Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{4,267}{14,800} = 0.29 \approx \frac{3}{16}''$$

Si usamos:

$$w = \frac{1}{2}''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.7$$

Usar E-70XX

$$w = \frac{1}{2}''$$

Cordón Continuo.

(Se deberá soldar platinas triangulares como refuerzos (nervaduras) a cada parante posterior del soporte, aumentando así el factor de seguridad).

### 3.7.4) Apoyos Laterales del Camión.

#### a) Cordón de Soldadura. (Plancha de Apoyo Voladizo)

-Ubicación : Extremo Sup. Gata. (Ver plano)

-Forma Cordón : Lineal Paralelo.

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Corte.

Flexión.

$P = 12,096 \text{ Lb.}$  (Acápite 3.4.1)  
(Utilizaremos la carga máxima soportable)

#### - Carga de Corte.

Son 2 placas soportantes: 1" x 4" x 6"  
Usaremos el lado de 6" soldado al chasis.

$$L_w = 2(L) = 12 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto:

$$f_w = \frac{P}{L_w} = 1,008 \text{ Lb/pulg}$$

#### - Carga de Flexión. (Por carga de gata lateral)

$$M = (P) (\phi_{ext}/2) \quad (\phi_{ext}; \text{diám.ext.parante})$$

$$M = (12,096) (4/2)$$

$$M = 24,192 \text{ Lb-pulg.}$$

Módulo de Línea

$$Z_w = (b) (d)$$

Donde:

$$b = 6 \text{ pulg.} \quad (\text{Longitud de la Plancha})$$

$$d = 1 \text{ pulg.} \quad (\text{Ancho de la Plancha})$$

(Dimensiones de la Placa Superior de Apoyo, ver plano de apoyo lateral).

$$Z_w = 6 \text{ pulg.}$$

Carga Normal por Momento Flector :

$$f_w = \frac{M}{Z_w} = 4,032 \text{ lb/pulg} \quad (\text{Flexión})$$

- Carga resultante de Corte.

Reemplazando las cargas a la resultante:

$$f_w = \sqrt{(1,008)^2 + (3,528)^2}$$

$$f_w = 4,156 \text{ lb/pulg}$$

- Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{4,156}{14,800} = 0.28 \approx 1/4"$$

Si usamos:

$$w = 5/16"$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = 1.1$$

Usar E-70XX

$$w = 1/4"$$

Cordón Continuo.

Este sería el caso si:

-Si al operar se llegara a la carga límite para el apoyo lateral.

-Aún así, el f.s. de seguridad quedará aumentado significativamente al colocarse dos nervaduras o planchas soportantes triangulares de refuerzo, tal como puede apreciarse en el plano respectivo.

**b) Cordón de Soldadura.** (Tornillo de Potencia Base de Apoyo)

- Ubicación : Gata de Apoyo Lateral.
- Forma Cordón : Circular.
- Tipo Soldadura : A Tope.
- Tipo de Carga : Compresión. (Normal)

Se harán dos cordones de la misma forma.

**\* ) Unión con el Tubo.**

$$P = 12,096 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.4.1})$$

$$L_w = \pi D = \pi (3.5)$$

$$L_w = 11 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{P}{L_w} = \frac{12,096}{11}$$

$$f_w = 1,100 \text{ lb./pulg}$$

Luego:

$$w = \frac{3}{16}''$$

$$f.s. = \frac{(w)(s_w)}{f_w}$$

$$f.s. = 2.5$$

Se efectuará un cordón perimetral de  $w = \frac{3}{16}''$  ya que solo servirá de amarre porque la carga será absorbida directamente por el Casing con la placa circular.

\* ) Unión Plancha Tornillo Pot.- Tuerca.

$$P = 12,096 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.4.1})$$

$$L_w = \pi D = \pi (3.375)$$

$$L_w = 10.6 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{P}{L_w} = \frac{12,096}{10.6}$$

$$f_w = 1,141 \text{ Lb./pulg}$$

Luego:

$$w = \frac{3}{16}''$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w}$$

$$f.s. = 2.4$$

Se efectuará un cordón perimetral de  $w = \frac{3}{16}''$ , ya que solo servirá de sujección porque la carga será absorbida por la placa circular con la tuerca del Tornillo de Potencia.

### 3.7.5 Estructura del Camión.

#### a) Cordón de Soldadura. (Viga Apoyo Conjunto Motor-Caja Cambios)

-Ubicación : Transversal Bastidor Camión.

-Forma Cordón : Rectangular.

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Compresión. (Normal)

Utilizaremos la Carga de Apoyo Máxima.

$$R_1 = 2,851.8 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.1.a})$$

(Carga máxima asumida por efecto de ese patín)

#### Carga de Compresión.

$$R_1 = 2,851.8 \text{ Lb.}$$

$$L_w = 2(b + d) \quad \text{Donde:}$$

$$b = 6" \quad (\text{Ancho de la Viga Portante})$$

$$d = 3 \frac{1}{2}" \quad (\text{Ancho Ala de la Viga del Chasis})$$

$$L_w = 2(6 + 3.5) = 19 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{2,851.8}{19} = 150 \text{ Lb/pulg}$$

#### Ancho del cordón de soldadura.

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{150}{14,800} = 0.01$$

Utilizaremos el cordón mínimo:

$$w = \frac{1}{4}"$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = \frac{(0.25)(14,800)}{150}$$

$$f.s. = 25$$

Usar E-70XX

$$w = \frac{1}{4}"$$

Cordón Continuo.

**b) Cordón de Soldadura.** (Viga Apoyo del Conjunto Winche-Transmisión)

-Ubicación : Transversal Bastidor Camión.

-Forma Cordón : Rectangular.

-Tipo Soldadura : Filete.

-Tipo de Carga : Compresión. (Normal)

Utilizaremos la Carga de Apoyo Máxima.

$$R_1 = 2,295 \text{ Lb.} \quad (\text{Acápite 3.2.2.a})$$

(Carga máxima asumida por efecto de ese patín)

**Carga de Compresión.**

$$R_2 = 2,295 \text{ Lb.}$$

$$L_w = 2(b + d)$$

Donde:

$$b = 6" \quad (\text{Ancho de la Viga Portante})$$

$$d = 3 \frac{1}{2}" \quad (\text{Ancho Ala de la Viga del Chasis})$$

$$L_w = 2(6 + 3.5)$$

$$L_w = 19 \text{ pulg.}$$

$$f_w = \frac{2,295}{19} = 121 \text{ lb/pulg}$$

**- Ancho del cordón de soldadura.**

$$w = \frac{f_w}{S_w} = \frac{121}{14,800} = 0.01$$

Utilizaremos el cordón mínimo:

$$w = \frac{1}{4}"$$

$$f.s. = \frac{(w)(S_w)}{f_w} = \frac{(0.25)(14,800)}{121}$$

$$f.s. = 30$$

Usar E-70XX

$$w = \frac{1}{4}"$$

Cordón Continuo.

## VALORES DE SOLDADURA

Tabla # 1  
 PLUMA (Acápites 3.7.1)

Acápites	Descripción	Cordón de Soldadura	Tipo de Carga	Valor de Carga <sup>(Lb)</sup> Carga <sup>(pulg)</sup>	Ancho del Cordón <sup>(pulg)</sup>	Observaciones
3.7.1						
a)	Cabezal de Corona	Tope	Compr. Result.	4,248 4,248	$1/2"$	Resist. Tracc. Soldadura. 25,000 <sup>Lb</sup> / <sub>pulg</sub>
b)	Polea Lat. Sup.de Izaje	Filete	Tracción Flexión Result.	430 1,638 1,694	$1/4"$	
c)	Parrilla Motón	Filete	Compres. Flexión Result.	72 2,242 2,243	$1/4"$	
d)	Sop. Girat. Abraz.-C 8"	Filete	Compres. Tracción Flexión Result.	206 120 158 383	$1/4"$	Cordón Intermitente 50% 2"-4"
e)	Sop. Girat. C 8"- C 4"	Filete	Compres. Tracción Flexión Result.	617 359 1,824 2,467	$1/4"$	
f)	C 4"- Eje Giratorio	Filete	Compres. Tracción Flexión Result.	308 179 840 1,162	$1/4"$	Cordón Intermitente 50% 2"-4"
h)	Pestaña de la Abrazad. Soporte	Filete	Corte Flexión Result.	215 1,003 1,026	$1/4"$	

## Continuación de la Tabla # 1

Acápite	Descripción	Cordón de Soldadura	Tipo de Carga	Valor de Carga <sup>(Lb/pulg)</sup>	Ancho Cordón(pulg)	Observaciones
j)	Soporte de Viga Girat.	Filete	Corte Flexión Result.	269 1,616 1,638	$\frac{3}{16}$ "	
k)	Polea Inf. 2° Cuerpo Pluma	Filete	Corte Tracción Flexión Result.	615 615 2,110 2,794	$\frac{9}{16}$ "	
l)	Tornillo Pot. - Pluma	Tope			$\frac{1}{4}$ "	Cordón Mínimo

VALORES DE SOLDADURA

Tabla # 2

SOPORTE DELANTERO DE LA PLUMA (Acápito 3.7.2)SOPORTE POSTERIOR DE LA PLUMA (Acápito 3.7.3)APOYOS LATERALES DEL CAMION (Acápito 3.7.4)

Acápito	Descripción	Cordón de Soldadura	Tipo de Carga	Valor de Carga (Lb/pulg)	Ancho del Cordón (Pulg)	Observaciones
3.7.2						
a)	Soporte Delantero	Filete	Corte	16		El mismo ancho del cordón todo el soporte
			Compres.	72		
			Flexión	1,875		
			Result.	1,967	1/4"	
3.7.3						
a)	Soporte Posterior(R <sub>1</sub> )	Filete	Corte	229		
			Compres.	-467		
			Flexión	6,490		
			Result.	6,027	1/2"	
b)	Soporte Posterior(R <sub>2</sub> )	Filete	Corte	162		
			Compres.	-331		
			Flexión	4,595		
			Result.	4,264	1/2"	
3.7.4						
a)	Apoyo Later. Gata	Filete	Corte	1,008		
			Flexión	4,032		
			Result.	4,156	3/16"	
b)	Tornillo de Potencia	Tope	Compres.	1,100	3/16"	
		Tope	Compres.	1,141	3/16"	

## VALORES DE SOLDADURA

Tabla # 3  
ESTRUCTURA DEL CAMION (Acápites 3.7.5)

Acápites	Descripción	Cordón de Soldadura	Tipo de Carga	Valor de Carga <sup>(Lb/pulg)</sup>	Ancho del Cordón (Pulg)	Observaciones
3.7.5						
a)	Viga Motor Caja Cambios	Filete	Compres.	150		
			Result.	150	1/4"	
a)	Viga Winche Transmisión	Filete	Compres.	121		
			Result.	121	1/4"	

## CAPITULO # 4.

### FABRICACION Y MANUFACTURA.

#### 4.1 Fabricación de la Pluma.

El proceso de fabricación de la pluma es bastante sencillo, pero requerirá mucho esmero al alineamiento y nivelación de cada una de sus partes.

De acuerdo al cálculo realizado en el Capítulo # 3 se seleccionó casing de 8 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>" y 10 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" el cual deberá ser cortado en los extremos para retirar las roscas que ya no serán de utilidad.

Será conveniente por rapidez, facilidad y seguridad, acondicionar por lo menos dos (02) caballetes que tengan rodillos en la superficie de apoyo, para permitir la libre rotación de la estructura durante el ensamble.

## **SEGUNDO CUERPO**

### **4.1.1 Anillo de Apoyo.**

Tiene por finalidad mantener alineado el segundo cuerpo respecto al primero.

Para su construcción utilizaremos 3 pies de casing de  $9 \frac{5}{8}$ " , al que se deberán efectuar dos cortes longitudinales con  $30^\circ$  de separación entre radios (Ver plano detalle de la pluma). Este corte permitirá el paso del cable de acero al momento de izar o bajar el primer cuerpo de la pluma.

En el borde superior del anillo (lado exterior), deberá esmerilarse un chaflán a  $30^\circ$  para poder soldarse concéntrico al extremo superior del segundo cuerpo.

Para que encaje correctamente este anillo debe calentarse y expandirse tal como puede apreciarse en la vista AA del plano correspondiente al segundo cuerpo de la pluma.

Para asegurarlo se perforarán 8 agujeros de  $\frac{1}{2}$ " (como se indica plano respectivo), rellenandolos con soldadura, quedando así firmemente asegurado el conjunto Anillo-Segundo cuerpo.

Debe observarse que el corte longitudinal a  $30^\circ$  quedará alineado con el eje de las poleas de 6".

#### **4.1.2 Agujeros de Soporte.**

Los centros de estos agujeros deben estar en generatrices separadas por  $180^\circ$ ; formando un ángulo recto con el eje del casing. Se hará un agujero en cada generatriz con equipo de oxi-corte hasta un diámetro aproximado de  $2\frac{3}{4}$ ", se dará el acabado con esmeril circular hasta 3.25 pulg., dándole un chaflán a  $30^\circ$  en el borde interior. Una vez que se alcance esta medida, se colocará en cada agujero una bocina de 3.25 pulg.  $\phi_{ext}$ , 3 pulg.  $\phi_{int}$  y  $1\frac{1}{2}$ " de longitud; insertándoles una bocina en cada agujero y asegurándola con un cordón de soldadura en el mismo chaflán. Una vez terminado, se colocarán las platinas de refuerzo de 1" de espesor (acápite 3.1.11.d.), aseguradas también con su respectivo cordón de soldadura.

#### **4.1.3 Escaleras.**

Dobladas en caliente, de tal manera que el vértice no sea muy pronunciado y permita introducir fácilmente el pie de una persona que suba sin mayor dificultad. Los apoyos deben asegurarse con un cordón circular de soldadura. Todos los peldaños deberán formar un sólo plano con el eje longitudinal del casing de  $10\frac{3}{4}$ ".

#### **4.1.4 Parrilla del Motón.**

De acuerdo al diseño realizado en el acápite 3.1.4.g, el conformado de la viga canal deberá realizarse con equipo de oxi-corte, dando la forma semicircular requerida a cada elemento. Utilizando las medidas observadas en el plano correspondiente de la pluma, se apuntalarán las vigas en el cuerpo del casing  $10^{3/4}$ ", observando que no se produzcan contracciones laterales y que dichas vigas no queden formando ángulo recto respecto al eje del tubo. A continuación deberán soldarse los arriostres situados en el mismo plano de la parrilla y los de apuntalamiento que van desde los extremos de los canales hacia el casing. Nuevamente se deberá regresar a la viga canal, dándole ahora el cordón de soldadura definitivo, concluyendo con los soportes laterales longitudinales, que servirán también para dar mayor rigidez a la estructura (Ver plano de la parrilla).

#### **4.1.5 Apoyo Tornillo de Potencia. (Volteo Mástil)**

Se utilizará una placa de acero de  $1/2$ "x 7"x 5" soldada en el casing de  $10^{3/4}$ " en la zona que apoya con el tornillo para que al momento del armado y volteo de la pluma, no se produzcan abolladuras indeseables en el tubo.

#### **4.1.6 Poleas y Ganchos.**

Serán poleas fabricadas de antemano, se debe tener cuidado con posibles desalineamientos al momento de dar el primer cordón de soldadura, para así evitar torsiones indeseables.

Los cuatro ganchos estampados de 1" para los vientos de carga irán soldados e instalados tal como se aprecia en el plano del segundo cuerpo(pluma).

#### **4.1.7 Tornillo de Potencia. (Base del Mástil)**

Será lo último en colocarse de este cuerpo, previamente se esmerilará un chaflán de 30° en el borde inferior del casing para que apoye correctamente sobre el tubo.

### **PRIMER CUERPO**

#### **4.1.8 Agujeros de Soporte.**

Se deberán localizar en la parte inferior del casing 8 $\frac{1}{8}$ "", según indicaciones del plano correspondiente al primer cuerpo de la pluma. El proceso a seguir será similar al descrito en el acápite 4.1.2, con la diferencia de que las platinas de refuerzo estarán localizadas en la parte interior del tubo, apuntalando desde fuera

para evitar desalineamientos, el cordón de soldadura se aplicará por el interior, verificando a travéz del agujero opuesto. Otra diferencia será el instalar un tubo 3.25 pulg.  $\phi_{ext}$  y 3 pulg.  $\phi_{int}$  de igual longitud al diámetro del casing, que estará colocado uniendo los dos agujeros, sirviendo de refuerzo para evitar que los huecos se desboquen y el pasador encaje sin dificultad. Finalmente se asegurará con un cordón de soldadura perimetral a la circunferencia exterior del tubo de 3" mencionado.

#### **4.1.9 Corona.**

Irà colocada en el extremo opuesto a los agujeros, ubicando el eje de las poleas (corona) en el mismo plano de los agujeros de refuerzo descrito en el acápite 4.1.8. Dado que este componente se adquiere como módulo, se deberá revisar el bisel a 45° en el extremo del casing de 8 7/8" , así como el tubo de la corona también tenga el bisel a 45°, verificando el correcto asentamiento. Asimismo, se deberá verificar que quede correctamente alineado en el eje de la pluma. Aplicar el cordón de soldadura esmerilando cualquier rebaba que haya quedado en la superficie. Una vez limpio deberá realizarse una prueba de tintes penetrantes para verificar que no existan grietas o rajaduras.

#### **4.2 Acondicionamiento de la Plataforma. (Estructura del Camión)**

Para poder instalar la nueva estructura sobre el camión, será necesario retirar la ya existente sobre los bastidores, tal como se puede apreciar en las vistas (Ver apéndice).

Con ello obtendremos dos ventajas apreciables:

- a) Eliminar peso, lo cual nos permite mayor capacidad sobre la unidad.
- b) Poder recuperar este mismo material para nuestro diseño.

Podemos dividir este "desarmado" en tres partes, obteniendo los pesos aproximados, los cuales pasamos a describir.

##### **4.2.1 Pluma de ensamble posterior.**

La utilidad de esta pluma, para el caso de ser usada como unidad de transporte para equipos pesados es grande. Nos permite levantar tanques o equipos sobre patines estructurales sin mayor dificultad, pero dado que el camión tendrá otro uso, es indispensable el retiro de estos accesorios

Se compone fundamentalmente de dos (02) tubos de características extra fuerte, diámetro nominal de 4" y una longitud de 216 pulg. (18 pies).

$$\phi_{ext} = 4.5 \text{ pulg.} \quad \phi_{int} = 3.152 \text{ pulg.}$$

Según Manual de A.I.S.C. podemos apreciar que:

$$W = 18.58 \text{ lb/pie-lineal}$$

2 piezas de 18 pies el peso total será:

$$W_t = (2)(18)(18.58)$$

$$W_t = 669 \text{ Lb.} \dots\dots\dots(I)$$

#### 4.2.2 Estructura.

Nuevamente nos remitimos al gráfico y observamos que existen:

##### a) Vigas Transversales.

Notamos que son siete (07) con una longitud de 81.5 pulg.(6.8 pies).

Asimismo, vigas canal C 5"x6.7", de lo cual podremos calcular.

$$N = 7 \text{ piezas} \quad C \ 5" \times 6.7" \quad ; L = 6.8 \text{ pies}$$

entonces el peso total será:

$$W_c = (7)(6.8)(6.7)$$

$$W_c = 318 \text{ Lb.} \dots\dots\dots(II)$$

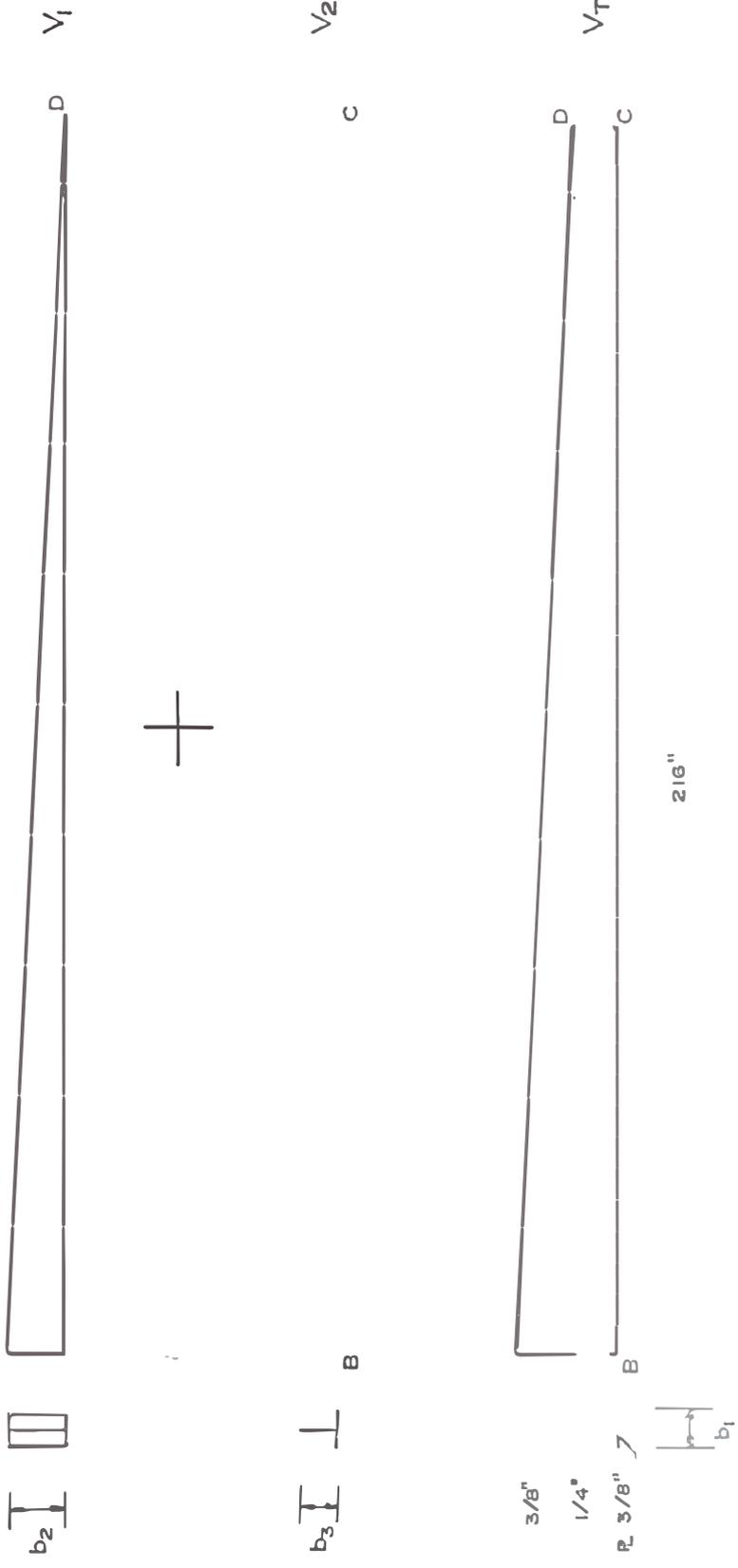


FIGURA A.4.1

b) Vigas Longitudinales.

Estas vigas en número de 2, y son perfiles en "I" con ala de 4" y con pendiente de  $1.79^\circ$ .

Su máxima altura es 9" y la mínima  $2 \frac{1}{4}$ ", a lo largo de 216" ó 18' de la plataforma.

$$\text{Si } W = 0.284 \text{ lb/pulg} \quad (\delta_{\text{acero}})(\text{Manual A.I.S.C.})$$

$$N = 2 \text{ piezas} \quad ; L = 18 \text{ pies}$$

$$C_1 = \frac{3}{8} \text{ (Ala)} \quad ; C_2 = \frac{1}{4} \text{ (Alma)}$$

Dividiremos esta viga mostrada en dos partes, tal como se aprecia en la figura A.4.1.

Luego, por Pitágoras:  $BC = 216 \text{ pulg.}$

El volumen total del acero será:

$$V_1 = (b_1)(c_1)(l_1) + (1/2)(b_2)(c_2)(l_2)$$

$$V_1 = (4)(\frac{3}{8})(216) + (1/2)(6 \frac{3}{4})(\frac{1}{4})(216)$$

$$V_1 = 506 \text{ pulg}^3.$$

$$V_2 = (b_1)(c_1)(L_2) + (b_2)(c_2)(L_2)$$

$$V_2 = (4)(\frac{3}{8})(216) + (2 \frac{1}{4})(\frac{1}{4})(216)$$

$$V_2 = 445 \text{ pulg}^3.$$

El volumen total:

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 506 + 445$$

$$V_T = 951 \text{ pulg}^3$$

El peso será:

$$W_1 = (951) (0.284) (2 \text{ vigas})$$

$$W_1 = 540 \text{ Lb.}$$

El peso de la estructura será: a)+b)

$$W_2 = 318 + 540 = 858 \text{ Lb. ....(III)}$$

#### 4.2.3 Rodillo Posterior y Aditamentos.

##### a) Rodillo Posterior.

$$N = 1 \text{ pieza} \quad ; L = 94 \text{ pulg. (7.8 pies)}$$

$$O.D. = 7 \text{ pulg.}$$

Tiene un peso aproximado de:

$$W_r = 300 \text{ Lb.} \quad \text{(Aproximadamente)}$$

##### b) Gata Hidráulica de levantar tubos 4".(Pluma Ensamble)

$$W_g = 80 \text{ Lb.} \quad \text{(Aproximadamente)}$$

##### c) Soportes, Soldadura, Varios.

$$W_s = 100 \text{ Lb.}$$

Nos resulta un peso total de:

$$W_v = W_r + W_g + W_s$$

$$W_v = 300 + 80 + 100$$

$$W_v = 480 \text{ Lb. ....(III)}$$

Luego, la suma de : (I) (II) (III) nos dará el peso total de la plataforma.

$$W = W_t + W_c + W_2 + W_v$$

$$W = 669 + 318 + 858 + 480$$

$$W = 2,325 \text{ Lb.} \quad \text{(Aproximadamente)}$$

### 4.3 Fabricación de los Soportes de la Pluma.

#### 4.3.1 Soporte Delantero de la Pluma.

Para la construcción del soporte delantero será necesario el siguiente material:

01 Tubing de 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x 9.3°.

01 Plancha 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"x6 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x10" (9.5 mm.A-36).

02 Planchas 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"x5 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x10" (9.5 mm.A-36).

02 Placas Triang. 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"x4"x 8 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"x 8 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" (9.5mm.A-36)

02 Placas Triang. 3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>"x4"x 9"x 9" (9.5mm.A-36).

40 Electrodo de soldadura E-70XX

El soporte debe construirse directamente sobre las platinas de 1" longitudinales al bastidor.

#### Procedimiento:

- a) Previamente cortar el tubing en cuatro partes de 72". (6 pies cada uno)
- b) Para cada segmento, cortar los extremos con ángulo de 19.6° de tal manera que los perimetros sean elípticos y paralelos (Los 19.6° permitirán a los parantes apoyarse mutuamente y la inclinación de éstas no será muy pronunciada).
- c) Fabricar el apoyo de la pluma, tal como se muestra en el plano del soporte delantero (01 plancha 6 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x10" y 02 planchas 5 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x10").

- d) Apuntalar primero los 04 parantes (segmentos) desde la base, terminando por colocar el apoyo de la pluma.
- e) Pasar los respectivos cordones de soldadura, tal como se indica en el plano.
- f) Colocar las nervaduras superiores entre los parantes.

#### 4.3.2 Soporte Posterior de la Pluma.

Para la construcción del soporte posterior será necesario el siguiente material:

02 Tubing de 3 1/2" x 9.3\*.

10 Platinas 3/8" x 8" x 5" (Para nervaduras).

02 Bocinas Bronce ( $\phi_{ext}=47/8"$ ;  $\phi_{int}=37/8"$ ; L=5").

01 Tubo 5" ( $\phi_{ext}=5.563"$ ;  $\phi_{int}=4.813"$ ; L=5 1/2").

08 Platinas 1/4" x 5" x 2" (9.5mm.A-36).

02 Platinas semi-circul. 1/4" x 47/8"  $\phi$ (6.4mm.A-36).

08 Pernos de 3/4" ASTM A-354 grado BD.  
(Con tuerca y arandela de presión).

50 Electrodo de soldadura E-70XX.

El soporte deberá construirse sobre platinas longitudinales al bastidor.

Procedimiento:

- a) Fabricar los dos apoyos de la viga giratoria con tubo de 5", previamente deberán cortarse dos segmentos 5 1/2" de longitud y tornearse a un diámetro interior de 4 7/8", luego cortar con fresadora longitudinalmente dichos tubos, quedando dos mitades iguales (por cada segmento).
- b) Soldar las platinas de 1/4"x2"x5" tal como se muestra en el plano respectivo. Asimismo, soldar una tapa lateral en forma semi-circular.
- c) Taladrar agujero y pasar macho para colocar grasera en la mitad de la generatriz superior de la tapa del apoyo de la viga, hacer lo mismo en la bocina de bronce de tal forma que coincidan dichos agujeros en la instalación.
- d) Taladrar cuatro agujeros con broca de 3/4" para los pernos de ajuste, según indicación del plano. Dejando así listos los apoyos de la viga.
- e) Proceder a cortar cada tubing en segmentos de: 98" , 77", 70" , 35" y 34" de longitud.
- f) Ensamblar los tubos de: 98",70",35" y 34" , acortandolos según disposición y medidas en el plano, verificando que en el momento de

instalarlos los ejes neutros de las estructuras se crucen en un punto y quede con las dimensiones finales indicadas.

- g) Apuntalar esta parte de la estructura encima del bastidor.
- h) Apuntalar los travesaños 77" en su medida y posición final.
- i) Apuntalar los apoyos de la viga giratoria.
- j) Pasar cordones de soldadura definitivos en toda la estructura.
- k) Apuntalar nervaduras de la base de soporte y pasar cordón final de la soldadura.

#### 4.3.3 Viga Giratoria de Apoyo para la Pluma.

Para la construcción de la viga será necesario el siguiente material:

- 01 Barra 36" secc. circ. 4" (AISI 1045).
- 36" Perfil acanalado C 8"x11<sup>1</sup>/<sub>2</sub>".
- 24" Perfil acanalado C 4"x7<sup>1</sup>/<sub>4</sub>".
- 36" Casing N-80 11<sup>3</sup>/<sub>4</sub>"x60°.
- 04 Platinas 3/4"x2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x36" (20 mm.A-36).
- 12 Pernos de 7/8" ASTM A-354 grado BD. (Con tuerca y arandela de presión).
- 25 Electrodo de Soldadura E-70XX.

#### Procedimiento:

- a) Maquinar la barra de sección circular 4" hasta 3 7/8" para poder eliminar imperfecciones.
- b) Tomando centro en la longitud de la barra, soldar el perfil acanalado C 4"x7<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" (Instalar plancha soporte. Acápite 3.3.5).
- c) Fresar longitudinalmente el casing de 11 3/4" x 60° de tal manera que resulten 2 cascarones iguales.
- d) Apuntalar platinas de 3/4"x2 1/2"x36" en cada generatriz maquinada (pestañas donde amarrarán los pernos de 7/8") de los 02 cascarones, pasar los cordones finales de soldadura. (Ver plano respectivo)

- e) Taladrar 12 agujeros con broca de  $1 \frac{5}{16}$ " para pernos de ajuste. (según plano).
- f) Apuntalar el perfil acanalado tipo C 8"x11 $\frac{1}{2}$ " en la generatriz central de uno de los cascarones, pasar cordón final de soldadura. (Instalar la plancha soporte. Acápite 3.3.4).
- g) Tomando centro en la viga acanalada C 8" x 11 $\frac{1}{2}$ " y en la viga acanalada C 4" x 7 $\frac{1}{4}$ ", haciendo ángulo recto, apuntalar y pasar cordón final de soldadura en el perímetro rectangular formado al sobreponer dichos perfiles estructurales.
- h) Instalar bocinas de bronce en cada extremo de la barra de sección circular. Esta maniobra deberá realizarse justo antes de instalar la barra encima del soporte portante.

#### 4.4 Fabricación de los Apoyos Laterales del Camión.

Para la construcción de los apoyos laterales del camión será necesario el siguiente material:

- 01 Tubo de 3 1/2"x9.11°.
- 01 Tubing de 3 1/2"x9.3°.
- 02 Platinas de 1"x6"x4" (25 mm. A-36)
- 02 Platinas de 1/2"x6"x4" (12.5 mm. A-36)
- 04 Platinas Triang. (90°) 1/2"x6"x4" (12.5 mm. A-36).
- 04 Platinas Triang. (90°) 1/2"x4"x4" (12.5 mm. A-36).
- 01 Platina 1/4"x94"x10" (6.4 mm. A-36).
- 02 Tornillos de Potencia. (Según cál. cap.03)
- 30 Electrodo de Soldadura E-70XX.

#### Procedimiento:

- a) Tubo standard de 3 1/2" x 9.11° y un cortatubos, obtener 02 segmentos de 22", esmerilar en cada tubo uno de los extremos dejando bisel a 30°.
- b) Con tubing de 3 1/2"x9.3°, usando un cortatubos, cortar 02 segmentos de 21", 02 segmentos de 17" y 02 segmentos de 16", esmerilar a cada tubo uno de los extremos biselando a 30°.
- c) Los segmentos de tubing de 17" deberán ser rebajados con torno en 1/16" de su diámetro exterior para poder permitir que sea fácilmente introducido, dentro del tubo 3 1/2".

- d) Una vez instalado el tubing dentro, soldarse interiormente las pestañas de ambos tubos, de tal manera que sean solidarios. Esmerilar los posibles rebabas de soldadura que hayan quedado, dejando la superficie plana y que apoye en la platina de 1". (Ver plano).
- e) Los segmentos de tubing 3 1/2" y de 21" de longitud, en el extremo que no está biselado, deberán ser rebajados en el torno en 1/16" de su diámetro y en 5 1/2" de longitud para poder permitir su fácil instalación y desarmado en la Unidad de Servicio de Pozos.
- f) Dar la forma de "Boca de Pescado" al extremo no biselado del segmento de tubing de 16", de tal manera que sea instalado a 45° de inclinación con el tubo de diámetro 3 1/2" y el eje neutro tenga 14" de longitud hasta la platina de apoyo.
- g) Apuntalar las platinas donde apoyan las gatas (una para cada extremo de la viga acanalada C 10"x15.3"), de medidas 1"x6"x4", según ubicación del plano.
- h) Apuntalar el tubo de 3 1/2"x9.11", en la generatriz que apoya en la viga C 10"x15.3". Verificar perpendicularidad en el tubo con el travesaño. Apuntalar nuevamente el tubo a la platina de 1".

- i) Apuntalar la platina de  $\frac{1}{2}$ "x6"x4" verificando que el segmento de tubing con eje neutro de 14", quede apoyado en la platina y el tubo de  $3\frac{1}{2}$ "x9.11°.
- j) Apuntalar el segmento de 14" en la "Boca de Pescado" y en la generatriz que apoya en la plancha de  $\frac{1}{2}$ " del mismo camión.
- k) Pasar cordón de soldadura definitivo a todos los apuntalamientos anteriores.
- l) Apuntalar las platinas triangulares de  $\frac{1}{2}$ "x6"x4" ; 2 en el tubo de  $3\frac{1}{2}$ "x9.11° y 2 en el tubo de  $3\frac{1}{2}$ "x9.3°. Pasar el cordón de soldadura definitivo.
- m) En el extremo biselado del segmento de tubing de 21" de largo, apuntalar y soldar el cordón definitivo al tornillo de potencia.
- n) Repetir la metodología de fabricación al otro soporte de exactas dimensiones, pero ubicación inversa.

- o) Tomando el centro en la viga acanalada C 10" x 15.3" y en la platina de 1/4"x94"x10", apuntalar dicha plancha en los bordes de las alas a todo lo largo, de tal manera que el nuevo perfil será rectangular. Pasar cordón de soldadura definitivo.
- p) Cabe mencionar que el segmento de tubing que lleva el tornillo de potencia será desarmable y para el transporte deberá ir sobre la plataforma de la unidad.

#### 4.5 Fabricación de los Elementos Auxiliares Necesarios.

##### 4.5.1 Tanque de Combustible (02 Unidades).

Para la construcción de 02 tanques de combustible de 40.8 gl.(U.S.) cada uno, será necesario el siguiente material.

"Para diámetro de 20" y 30" de largo".

- 01 Plancha 1mm x 30" x 64" (útese 01 plancha).  
(SIDERPERU 1mm.x905mm.x3,600mm.tipo ASTM 360 ó 366).
- 02 Planchas Circulares 1mm.x 21"∅.  
(01 plancha SIDERPERU 1mm.x651mm.x2,400mm.tipo ASTM 360 ó 366).
- 02 Varillas de 25" angulares 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>".
- 02 Tiras Metálicas roladas 20"∅ (6.4mm.).  
(<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x2"x35" rolada sobre la longitud 35").
- 06 Tiras Metálicas de (6.4mm.) <sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x1"x21".
- 06 Tiras de Hule <sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x1"x25".
- 02 Correas de Seguridad (Cuero) <sup>3</sup>/<sub>16</sub>"x2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x66".
- 01 Niple de <sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x4" (Cortar en dos 2" c/u.).

##### Procedimiento:

- a) Tomar la plancha de 1mm. x 905mm. x 3,600mm. y realizar el corte de 30"x64" (762mm. 1,626mm.) con lo cual obtendremos 02 planchas.
- b) Tomar la plancha de 1mm. x 651mm. x 2,400mm. y realizar el corte de 04 placas circulares de 21" ∅ (533 mm.), obtendremos 04 unidades.

- c) Rolar las planchas de 30" x 64" de tal manera que resulte un cilindro de 20"Ø (1<sup>1</sup>/<sub>8</sub>" de traslape) y 30" de largo.
- d) Apuntalar los bordes longitudinalmente.
- e) Hacer un agujero y colocar con soldadura de oxiacetileno un niple de 1/2" x 2" y a 5" del borde del cilindro (una de las tapas), quedando la generatriz a 28" del borde traslapado (Sobre la circunferencia del cilindro rolado).
- f) Doblar en ángulo recto 1/2" de los bordes de las placas circulares.
- g) Apuntalar las tapas con cilindros conformados.
- h) Apoyando los cilindros sobre 02 parantes (a 10" del travesaño superior) en forma tangencial con las 02 varillas angulares 2 1/2" x 2" x 3/16" (sobre la placa de 2"), de tal manera que el extremo de la varilla apoye con el cilindro. Apuntalar el otro extremo de la varilla sobre cada parante vertical y retirar el cilindro.
- i) Apuntalar los bordes de la tira metálica rolada de 1/4" x 2" x 35" desde el borde de la varilla en voladizo (tangencialmente), hasta que se apoye en ese parante vertical. Repetir el mismo paso para el otro parante.

- j) Verificar el cilindro encaje perfectamente.
- k) Entre los dos soportes, comenzando desde los bordes de las tiras roladas, apuntalar las tiras metálicas de  $\frac{1}{4}$ " x 1" x 21" con un espacio entre ellas de 3" (La plancha rolada del cilindro apoyará sobre la cara de 1").
- l) Pasar cordón de soldadura definitivo a todo el soporte. Usar soldadura eléctrica.
- m) Verificar nuevamente que el cilindro encaje perfectamente, corregir si es necesario.
- n) Pasar cordón de soldadura definitivo a todo el cilindro.
- o) Realizar una prueba neumática en el cilindro para detectar posibles fugas, subsanar si es necesario.
- p) Pegar las tiras de hule sobre las tiras metálicas de  $\frac{1}{4}$ " x 1" x 21", abarcando los 2 bordes de los soportes metálicos (4" más en total).
- q) Colocar el resto de conexiones, según indicación del plano respectivo, instalarlo y asegurarlo con sus correas de seguridad.
- s) Repetir el mismo procedimiento para el otro tanque

#### 4.5.2 Tanque de Aceite.-Sistema Hidráulico.

Para la construcción del tanque de aceite para el sistema hidráulico 40.8 gl. (U.S.) cada uno, será necesario el siguiente material.

\*Para un diametro 20" y largo de 30".

01 Plancha 1mm. x 30" x 64" (útese 01 plancha).  
(SIDERPERU 1mm.x905mm.x3,600mm.tipo ASTM 360 ó 366).

02 Planchas Circulares 1mm.x21"∅.  
(01 plancha SIDERPERU 1mm.x651mm.x2,400mm. tipo ASTM 360 ó 366).

02 Varillas de 25" angular 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x2"x<sup>3</sup>/<sub>16</sub>".

02 Tiras Metál. rolada 20"∅(6.4mm)<sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x2"x35  
(Rolada sobre la longitud 35").

06 Tiras Metálicas de (6.4mm.) <sup>1</sup>/<sub>4</sub>"x1"x30".

06 Tiras de Hule 1/4"x1"x30".

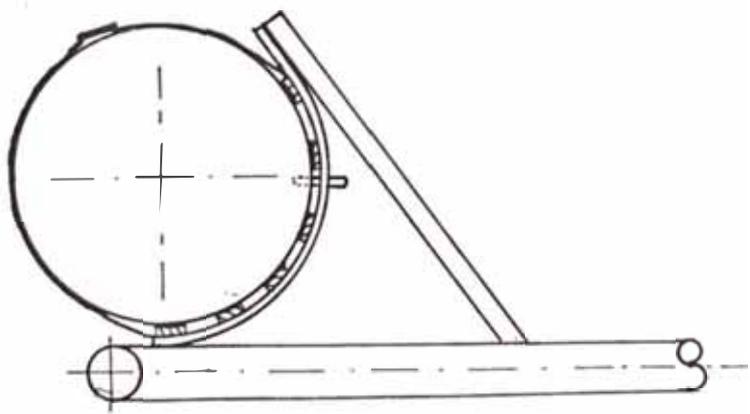
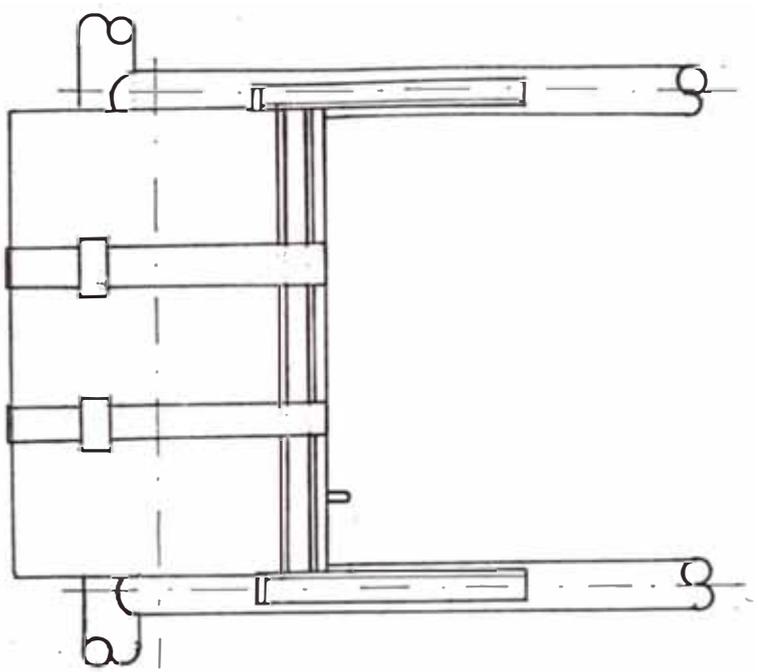
02 Correas Seguridad (Cuero) <sup>3</sup>/<sub>16</sub>"x2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"x66".

#### Procedimiento:

- a) Tomar la plancha de 1mm. x 905mm. x 3,600mm. y realizar el corte de 30" x 64" (762mm. x 1,626mm.) con lo cual obtendremos 02 planchas.
- b) Tomar la plancha de 1mm. x 651mm. x 2,400mm. realizar el corte de 04 placas circulares de 21"∅ (533 mm.) con lo cual obtendremos 04 unidades.
- c) Rolar las planchas de 30" x 64" y de tal manera que resulte un cilindro de 20"∅ (1<sup>1</sup>/<sub>8</sub>" de traslape) y 30" de largo.

- d) Apuntalar los bordes longitudinalmente. (usar soldadura oxiacetilénica)
- e) Hacer un agujero y colocar con soldadura de oxiacetileno un niple de  $\frac{1}{2}$ "x2"x5" del borde abierto del cilindro (una de las tapas) quedando la generatriz así formada a 28" del borde traslapado (medidas sobre la circunferencia del cilindro rolado).
- f) Doblar en angulo recto  $\frac{1}{2}$ " de los bordes de las placas circulares.
- g) Apuntalar las tapas con los cilindros ya conformados.
- h) Apoyando los cilindros sobre 02 parantes (10" del travesaño superior) y en forma tangencial con las 02 varillas angulares  $2\frac{1}{2}$ " x 2" x  $\frac{3}{16}$ " (sobre la placa de 2"), de tal manera que el extremo de la varilla apoye con el cilindro. Apuntalar el otro extremo de la varilla sobre cada parante vertical y retirar el cilindro.
- i) Apuntalar los bordes de la tira metálica rolada de  $\frac{1}{4}$ " x 2" x 35" desde el borde de la varilla en voladizo (tangencialmente) ,hasta que apoye en el parante. Repetir el mismo paso para el otro parante.
- j) Verificar que el cilindro encaje perfectamente.

- k) Entre los dos soportes, comenzando desde los bordes de las tiras roladas, apuntalar las tiras metálicas de  $\frac{1}{4}$ " x 1" x 30" con un espacio entre ellas de 3" (La plancha rolada del cilindro apoyará sobre la cara de 1").
- l) Pasar cordón de soldadura definitivo al soporte. Usar soldadura eléctrica.
- m) Verificar nuevamente que el cilindro encaje.
- n) Pasar cordón de soldadura definitivo.
- o) Realizar una prueba neumática en el cilindro para detectar posibles fugas, subsanar si es necesario.
- p) Pegar las tiras de hule sobre las tiras metálicas de  $\frac{1}{4}$ " x 1" x 30", centrar de tal manera que apoye correctamente.
- q) Disponer el resto de conexiones, según indicación del plano para el sistema hidráulico.
- r) Colocar el tanque en su lugar y asegurarlo con las correas de seguridad.



ESQUEMA DE TANQUES  
COMBUSTIBLE — ACEITE

#### **4.5.3 Escaleras para la Plataforma.**

Llevará una escalera portátil que estará situada al lado del camión donde está el operador del winche (Ya que en caso que suba o baje alguien, se le pueda observar), además el 90 % de lo que se debe obtener, revisar o manipular se encuentre a este lado.

La escalera se fabricará con fierro corrugado de construcción de  $\frac{3}{4}$ ", con 7 escalones separados cada 10" y tendrá un ancho de 20". En un extremo será en gancho ya que será removible.

## CAPITULO # 5.

### DETALLES DE INSTALACION.

#### 5.1 Distribución e Instalación de Componentes sobre el Equipo.

Es importante conocer brevemente el por qué de la posición de cada componente de la Unidad de Servicio de Pozos para que así también, en caso de requerirse modificaciones se realicen con el criterio necesario.

##### a) Pluma.

Está situada en la parte más alta de la plataforma y su eje longitudinal estará contenido dentro del plano central perpendicular a los dos largueros del bastidor, es decir, en el centro de la plataforma del camión. La posición descrita se debe a la necesidad de volteo de la pluma, ya sea en posición horizontal a vertical, o viceversa.

La pluma está compuesta principalmente por las siguientes partes:

**Corona:**

Parte superior (Parte más alta de la pluma) se denomina al lugar donde están situadas las poleas. Este componente es adquirido como módulo y es colocado como tal.

No es conveniente hacer modificaciones en esta, ya que es parte crítica y su material es de alta calidad, será muy fácil variar sus características mecánicas al sufrir calentamiento o perforaciones.

**Parrilla:**

Se utiliza solamente en el transporte, cuando la pluma está en posición horizontal y sirve para llevar el motón viajero. La parrilla se sitúa aproximadamente en la tercera parte inferior del casing de 10 3/4", de tal manera que el peso transportado es recibido en su gran mayoría por el soporte posterior.

Se ha procurado en todo lo posible, que este elemento sea lo más liviano posible y así no sobrecargar innecesariamente a la unidad.

**Tornillo de Potencia: (Base de la Pluma)**

Se sitúa en la base inferior de la pluma y su fin primordial es regular la distancia de la pluma al apoyo (o patín) para que a su vez esté firmemente soportado desde el suelo y no permita giros indeseables.

**Poleas Auxiliares:**

En número de dos que servirán para la operación de volteo e izaje de la pluma, estas tendrán que situarse necesariamente en el mismo plano vertical perpendicular del centro de la plataforma.

**b) Soporte Delantero y Posterior.**

Estructuras metálicas con suficiente capacidad para soportar el peso de la pluma en la operación de servicio de pozos y en transporte, por ello los coeficientes de seguridad son bastante altos permitiendo observar cargas y vibraciones igualmente altas.

Para su construcción se han utilizado materiales dados de baja o inservibles en la empresa, motivo por el cual el costo será bajo.

La ubicación de los soportes es a los extremos de la plataforma, dejando el espacio intermedio para el motor y winche.

Asimismo, el soporte posterior tiene una pronunciada salida del margen final del chasis permitiendo que la pluma, al momento de operar tenga el ángulo máximo de  $5.75^\circ$ . Esta estructura conformada por cuatro largueros principales (contenidos dos en el mismo plano de cada bastidor), tienen en el triángulo formado con su base, dos arriostres que permitirán mayor seguridad para las sollicitaciones de torsión y de flexión, de igual manera tiene dos arriostres más, entre bastidores para posible flexión lateral de la estructura.

### c) **Motor.**

La ubicación del motor está determinada principalmente por el winche o malacate y por la disposición del chasis del camión.

En nuestro caso se ha requerido en centrar lo mayor posible el motor, tratando de repartir las cargas uniformemente a lo largo de la viga, en conjunto con el resto de componentes de la transmisión.

El motor va sobre cuatro apoyos que están empernados al patín y éste a su vez soldado a la plataforma sobre el bastidor.

Para las unidades de servicio de pozos del tipo rodante, que en una de sus variantes nos ocupa, se muestran dos posibles formas de dar la potencia requerida.

I. Utilizando el mismo motor para transporte y para accionar el equipo.

Para ello se requerirá una caja de traspaso II, una caja angular y un contraeje.  
(O también un embrague con reducción de velocidad o torque)(Ver esquema.)

II. Utilizando motores diferentes para transporte o para las labores de servicio de pozos.

Es la unidad que nos ocupa. Para mayores detalles de instalación revisar acápite 5.1.

Veremos brevemente algunas diferencias entre los casos I y II.

## CASO I

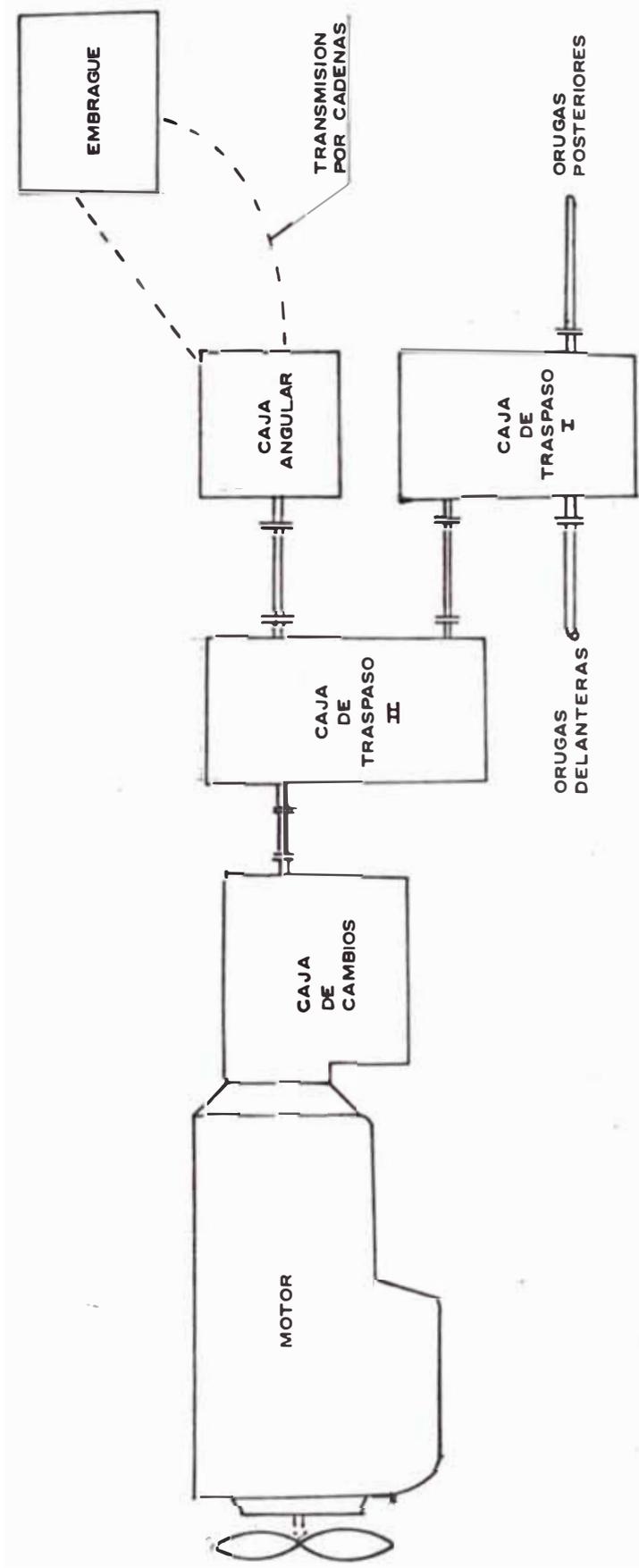
Sólo se utiliza un motor, siendo el costo inicial de la Unidad más bajo, no así de mantenimiento que estará dado por las horas de operación.

Nos da un índice de confiabilidad menor, así como, el desgaste continuo de una sola máquina.

En operaciones selva (OPS) no se cuenta con la caja de traspaso II, ni con los repuestos apropiados, representando tiempo y costo la adquisición de la caja requerida, así como de mantener un nuevo stock de repuestos.

La caja de traspaso I conecta solidariamente las orugas delanteras y posteriores sin mecanismo propio para independizar algún eje, siendo indispensable evaluar una modificación.

El sistema necesita de dos cajas de traspaso reduciendo la eficiencia del mismo, aparte de que el motor del camión es de menor potencia que la necesaria.



ESQUEMA DE LA UNIDAD CON UN MOTOR  
CASO I

## CASO II

Utiliza dos motores, alargando el tiempo de reparación ya que uno funciona sólo para transporte y el otro en la operación de servicio de pozos.

Es posible chequear el motor de la unidad al momento del armado (1 hora aproximadamente), reduciendo así el tiempo muerto y producción diferida.

Actualmente se cuenta con el motor referido y el 90 % de los motores que se utilizan en Operaciones Selva son de la misma marca.

Sistema del camión es independiente de la unidad.

El sistema de transmisión es más pequeño y eficiente, además el motor de la unidad es más potente

**d) Caja de Cambios.**

Es la que nos reducirá el número de R.P.M. y permitirá optimizar el torque, su ubicación será solidaria al motor. Es importante acotar que periódicamente debe verificarse el ajuste de los pernos que sostienen la caja de cambios del motor.

**e) Sistema de Transmisión.**

Ubicado a continuación de la caja de cambios y antes del winche propiamente dicho.

Su instalación es sencilla ya que la defensa va empernada al protector del tambor del winche y al lado del piñón (del menor número de dientes) va apoyado por un soporte sobre la viga patín del conjunto Motor-Caja de Cambios. Asimismo, la distancia entre el eje del tambor del winche y el eje de salida del conjunto Motor-Caja de Cambios es de 67", limitándonos en cualquier alejamiento o acercamiento a pequeñas regulaciones en el mismo cajón del winche.

**f) Winche.**

El eje transversal del winche estará ubicado a 4 1/2" paralelo al eje central del bastidor, para que el conjunto motor-winche tenga una mejor distribución de peso en el bastidor del camión, asimismo nos alineará con la polea izquierda (visto desde el winche) que guiará el cable.

El winche va asegurado por medio de pernos al patin y éste a su vez por soldadura a la platina sobre el bastidor.

**g) Winche Auxiliar.**

Este winche existente en la parte posterior de la caseta del chofer será reubicado ahora sobre las platinas de 1" del bastidor e irá asegurado tal como lo estuvo anteriormente.

Este elemento nos permitirá, por medio de un cable de  $1/2$ " efectuar el giro, así como subir o bajar el segundo cuerpo de la pluma.

## 5.2 Modificaciones Necesarias en el Camión.

### 5.2.1 Sistema de Volteo e Izaje de la Pluma.

Para poder realizar las maniobras de volteo o izaje de la pluma, así como para no incrementar el costo de la unidad, será necesaria la utilización del winche auxiliar situado detrás de la cabina del camión. Asimismo, para que el cable llegue alineado a la polea inferior de la pluma, a lo largo de todo el bastidor, se instalarán dos poleas de  $1/2$ " x 6", así como un rodillo de alineamiento.

#### a) Verificación de resistencia al primer travesaño de la plataforma.

Es importante este travesaño ya que nos permitirá colocar un guiador de cables de rodillos. Será necesario por lo tanto, verificar la resistencia del sistema con el peso incluido de los tanques llenos instalados (combustible y aceite).

Debemos considerar los pesos por dos tanques de combustible y por un tanque de aceite hidráulico, cada uno de los cuales estará soportado por dos columnas (tubos de 3").

#### - Por los tanques

Si cada tanque tiene una capacidad

$$Q = 40.8 \text{ gl.} \quad = 154.2 \text{ Lt.}$$

$$w = 0.85 \text{ Kg/lit} \quad = 1.87 \text{ Lb/lit} (*)$$

(\*) Consideramos la densidad aproximada entre el Diesel #2 y el aceite hidráulico.

$$F = Q \cdot w$$

$$F = (154.2)(1.87)$$

$$F = 290 \text{ Lb. (Aprox.) (**)}$$

(\*\*) Será el peso sostenido por tanque.

Como será soportado por dos columnas.

$$F_1 = 145 \text{ Lb.} \quad (\text{Cada columna})$$

- Por la estructura

Conformada por tubos standard de 3":

$$(W = 7.58 \text{ Lb/ pie-lineal})$$

$$1 \text{ Travesaño } 94" = 7.83'$$

$$\text{Peso} = 60 \text{ Lb.} \quad (\text{Peso equivalente})$$

$$6 \text{ Parantes } 46" = 3.83'$$

$$\text{Peso} = 175 \text{ Lb.}$$

Por tanque, soportes, soldadura, etc.

$$\text{aproximadamente} = 125 \text{ Lb.}$$

$$\text{Peso Total } W = 360 \text{ Lb.}$$

Luego, cada punto de apoyo de los parante  
soportará:

$$T = F_1 + W/6$$

$$T = 145 + 360/6$$

$$T = 205 \text{ Lb.}$$

**-Por el Rodillo**

Está soportado por una placa metálica de  $\frac{1}{8}$ " x 2" x 12", en la cual estará repartida la reacción por la carga del cable.

La tensión del cable será:

$$T_0 = 6,770 \text{ Lb.} \quad (\text{Aprox.})(\text{Acáp.3.1.8.b})$$

El ángulo que forma el cable en la entrada y la salida, al paso por la polea será aproximadamente  $120^\circ$  por lo tanto la reacción del rodillo por el cable estará dado por:

$$R = 2 T_0 (\cos 60^\circ)$$

$$R = (2) (6,770) (0.5)$$

$$R = 6,770 \text{ Lb.}$$

Consideramos una carga repartida a lo largo de la placa metálica de 12"

$$W = R/12 = 6,770/12$$

$$W = 564 \text{ Lb/pulg}$$

**-Para el diagrama de carga**

Reacciones:

$$R_1 + R_2 = (564)(12) - (205)(6)$$

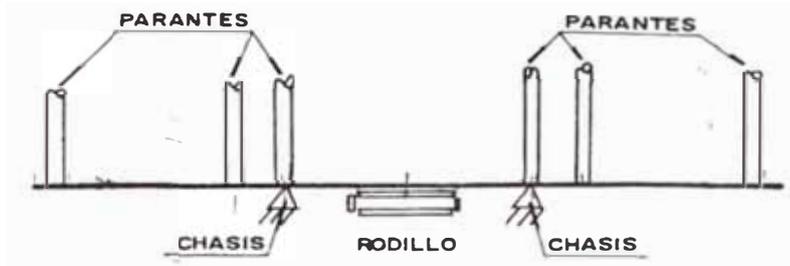
$$R_1 - R_2 = 2,769 \text{ Lb.}$$

Fuerza Cortante Máxima:

$$V = R/A = 3,384/1.97 (*)$$

$$(*) A = 1.97 \text{ pulg}^2$$

Dato Manual Steel Construction



ESQUEMA

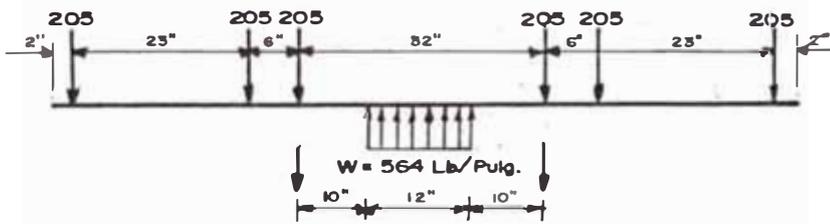
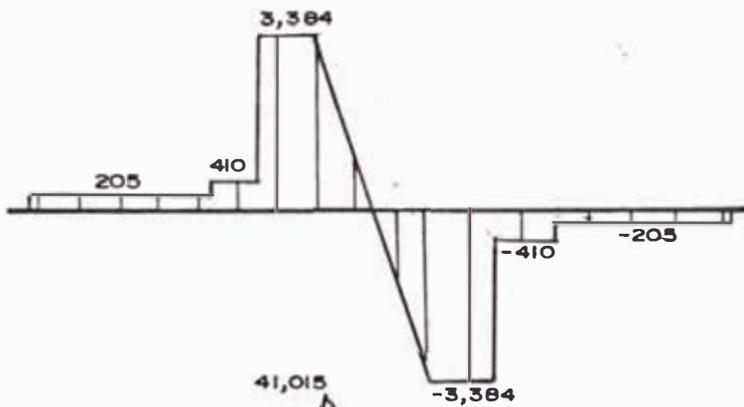
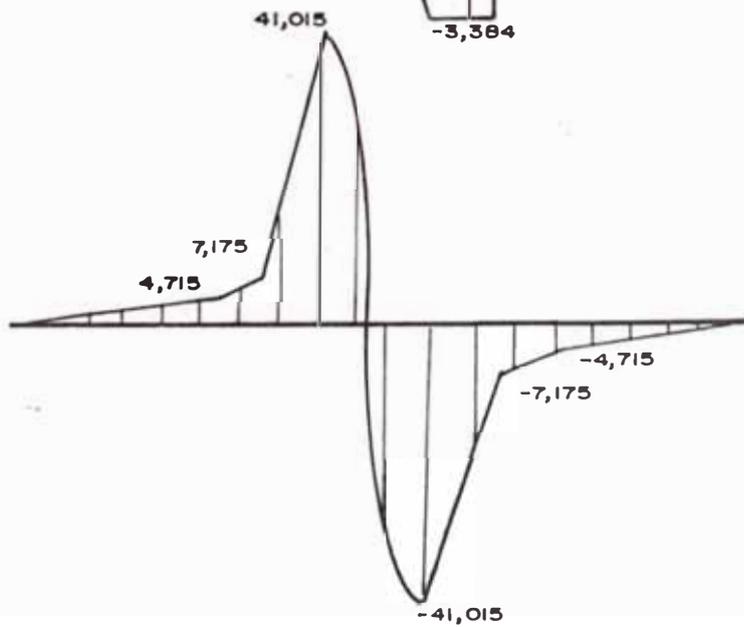


DIAGRAMA DE FUERZAS



ESFUERZO CORTANTE



MOMENTO FLECTOR

VIGA SOPORTE RODILLO Y TKS COMBUSTIBLE Y ACEITE

Viga acanalada C 5"x 6.7"

$$V = 1,718 \text{ PSI}$$

Máximo Momento Flector:

De la estructura anterior y de la viga acanalada C 5"x6.7" (Ver diag. adj.)

$$I = 7.49 \text{ pulg}^4$$

$$C = 2.5 \text{ pulg.}$$

$$S_y = M C / I = (41,015)(2.5) / 7.49$$

$$S_y = 13,690 \text{ PSI}$$

Sabemos que el  $S_y$  del perfil es 36,000 PSI.

El factor de seguridad:

$$f.s. = 36,000 / 13,690$$

$$f.s. = 2.6$$

#### b) Polea Direccional II.

Esta polea irá situada debajo de la estructura portante y soldada a un perfil que sirve de apoyo en la plataforma.

Sabemos que  $T_o = 6,770 \text{ Lb.}$

Consideramos que el ángulo formado por el cable al entrar y salir de la polea será  $100^\circ$ .

$$R = 2 T_o (\cos 50^\circ)$$

$$R = 2 (6,770)(0.6428)$$

$$R = 8,703 \text{ Lb.}$$

Asimismo, la polea irá montada sobre una placa de 4"x7".

La carga repartida será:

$$W = T_0 / \text{Ancho de Placa}$$

$$W = 8,703 / 4$$

$$W = 2,176 \text{ Lb/pulg}$$

Esta carga repartida irá situada en el centro de la viga estructural.

**-Para el diagrama de carga**

Reacciones:

$$R_1 + R_2 = 8,703 \text{ Lb.}$$

$$R_1 - R_2 = 4,351.5 \text{ Lb.}$$

Fuerza Cortante Máxima:

$$V = R/A = 4,351.5 / 4.43 (*)$$

$$(*) A = 4.43 \text{ pulg}^2$$

Dato Manual Steel Construction

Viga en "I" 6"x 15#

$$V = 982 \text{ PSI}$$

Máximo Momento Flector:

$$I = 29.1 \text{ pulg}^4$$

$$C = 2.5 \text{ pulg.}$$

$$S_y = M C / I = (60,921)(2.5) / 29.1$$

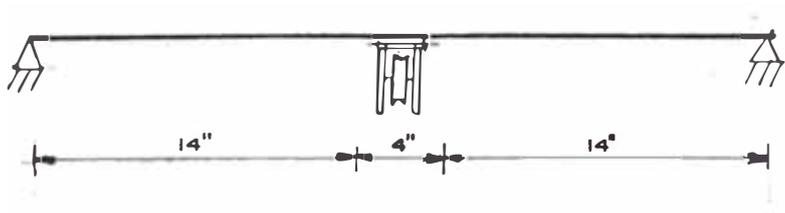
$$S_y = 5,234 \text{ PSI}$$

Sabemos que  $S_y$  del perfil es 36 KSI.

El factor de seguridad:

$$f.s. = 36,000 / 5,234$$

$$f.s. = 7$$



ESQUEMA

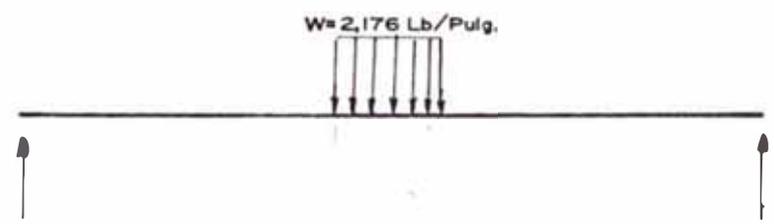
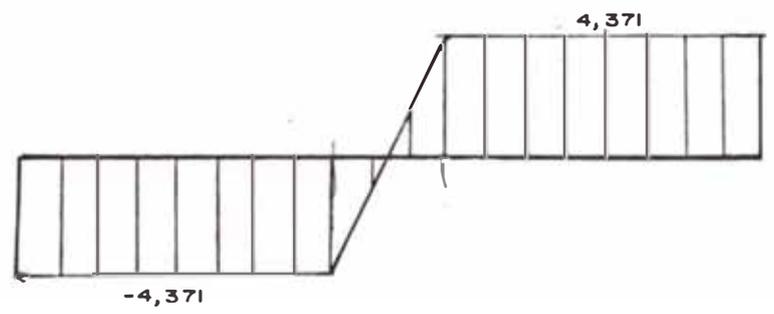
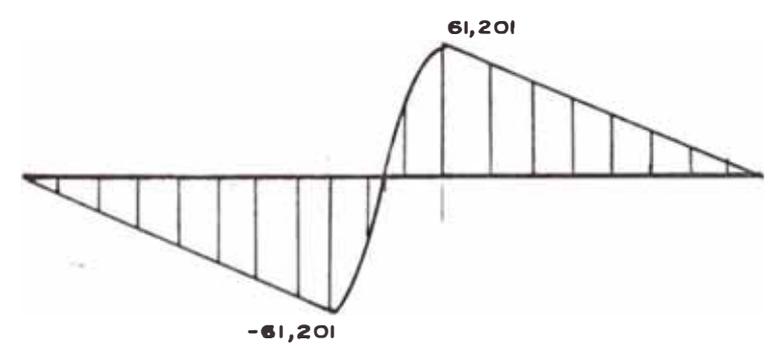


DIAGRAMA DE FUERZAS



ESFUERZO CORTANTE



MOMENTO FLECTOR

VIGA SOPORTE DE LA POLEA  
PARA GIRO DEL MASTIL

**c) Polea Direccional III.**

Esta polea irá colocada en la armadura posterior e inferior del camión y será la que guíe el cable para permitir el volteo de la pluma y el izaje de la misma.

La ubicación estará dada en el centro de la placa soportante, tal como se ubica en el plano. (Vista posterior de la unidad)

**5.2.2 Sistema de Sujeción Plataforma - Chasis.**

Este será por medio de grapas empernadas, tal como sucede con los paquetes de muelles de uso automotriz y de la misma forma que se utilizó para sujetar la plataforma anterior que fué desarmada.

Como abrazaderas se colocarán dos platinas de  $\frac{3}{2}$ " x 6" x  $2\frac{1}{2}$ " con agujeros de  $\frac{13}{16}$ " para que pasen pasadores (grapas) de  $\frac{3}{4}$ ". Debe instalarse una en la parte superior (retenida por las tuercas) y la otra entre la cara inferior del bastidor y el cuerpo de la grapa, esto para evitar posibles marcas o magulladuras en el chasis.

Los ajustes de estas 20 grapas en total deberán realizarse máximo cada 100 horas de funcionamiento del equipo.

### 5.2.3 Acondicionamiento para la Instalación del Sistema de Combustible.

Material para instalar el sistema:

- 01 Válvula de bola  $\frac{3}{8}$ ". (Bronce)
- 02 Válvulas de bola  $\frac{1}{2}$ ". (Bronce)
- 02 Válvulas de compuerta  $\frac{1}{2}$ ". (Bronce)
- 03 Conexiones roscada macho  $\frac{3}{8}$ ". (Bronce)
- 06 Conectores tuerca  $\frac{3}{8}$ ". (Bronce)  
(Con manguito respectivo).
- 20 Pies de cañería  $\frac{3}{8}$ ". (Bronce)
- 01 Niple de 3" x 6" x 300°. (Acero)  
(Cortar en 02 segmentos 3" y usar como pico en tanques de combustible).
- 01 Niple de  $\frac{1}{2}$ " x 4" x 300°. (Acero)  
(Cortar en segmentos de 3" y utilizarlo en la conexión de los tanques).
- 01 Niple  $\frac{1}{2}$ " x 4" x 300°. (Galvanizado)
- 01 Unión tuerca de  $\frac{1}{2}$ ".
- 02 Tapas Tanque combustible con respiradero.
- 15 Pies de tubería  $\frac{1}{2}$ " x 300°. (Galvanizado)

- \* Las conexiones que salen del tanque deberán soldarse con el mismo metal que el conector, asimismo, se deberán realizar con soldadura de oxiacetileno.

### **5.3 Instalación para el Sistema Neumático.**

Para la instalación del sistema neumático será necesario el siguiente material:

03 Válvulas de 3 vías para corte de aire.

06 Válvulas check  $\frac{3}{8}$ " .(Bronce)(Para sist. neumático)

01 Cople  $\frac{3}{8}$ " .(Bronce)

03 Unión tuerca  $\frac{3}{8}$ " .(Bronce)

60 Pies manguera  $\frac{3}{8}$ "x 2500 PSI .(Alma acero)

22 Conectores hembra giratorios.  
(Para manguera de alta presión 2,500 PSI).

01 Manómetro de aire 0-180 PSI.

01 Pulmón neumático.

01 Actuador neumático.

01 Filtro secador de aire.

\* Los tanques de agua y de aire para el enfriamiento de bandas de freno, así como el pedal acelerador viene dentro del sistema winche.

\* La presión de aire se calibrará en 120 PSI.

#### 5.4 Instalación para Sistema Eléctrico.

Para la instalación del sistema eléctrico será necesario el siguiente material:

- 40 Pies cable eléctrico 16 AWG.
- 20 Pies cable eléctrico 14 AWG.
- 15 Pies cable eléctrico 12 AWG.
- 20 Terminales eléctricos (ojo)  $3/16$ ".
- 02 Terminales eléctricos (ojo)  $1/2$ ".
- 02 Pinzas de agarre para bornes de batería.
- 05 Switch de palanca (24 volt.).
- 05 Fusibles y Portafusible(vidrio) de 8 amp.
- 05 Faros sellados de 5"x 24 volt.x 75 watts.
- 01 Tacómetro completo.
- 01 Manómetro de aceite (seguridad).
- 01 Termómetro de agua (seguridad).

\* Los instrumentos de seguridad son calibrados en una condición crítica. Cuando ocurre dicha condición el circuito se cierra generando el impulso quedará la señal de alarma.

\* La Unidad de Servicio de Pozos trabajará con las mismas baterías del camión, ya que cuando funcione un motor el otro estará apagado. Se ha dispuesto un juego de pinzas para ser conectado al motor de la U.S.P.

### 5.5 Instalación para Sistema Hidráulico.

Será necesario el siguiente material:

- 01 Bomba Hidráulica 1 cuerpo 2500 PSI/65 GPM
- 01 P.T.O. (Toma-Fuerza) Caja de cambios.  
(Para conectarla a la bomba hidráulica)
- 01 Radiador Tubos Aletados  $\frac{3}{8}$ " y 20"x 60".  
(Para sistema hidráulico)
- 01 Válvula de bola de 1".(Bronce)
- 01 Válvula de compuerta  $\frac{1}{2}$ ".(Bronce)
- 01 Válvula de seguridad 3,000 PSI.
- 60 Pies de tubería 1"x 10,000°.
- 15 Pies manguera 1"x 10,000 PSI.(Alma Acero)
- 03 Conectores macho para manguera.  
(Alta presión 10,000 PSI)
- 03 Conectores hembra giratorio manguera.  
(Alta presión 10,000 PSI)
- 02 Niples 1"x 3" x 300 PSI.
- 01 Niple 1"x 6" x 300 PSI.  
(Dividido en 02 segmentos 3" y sirvan de retorno al tanque aceite)
- 01 Niple de 2"x 3" x 300 PSI.  
(Para usarlo como pico en el tanque de aceite)
- 01 Codo de 90°x 1" x 300 PSI.
- 19 Codos de 90°x 1" x 10,000 PSI
- 02 Niples de 1"x 3" x 10,000 PSI.
- 01 Conexión en "T" 1" x 10,000 PSI.
- 01 Unión tuerca de 1" x 10,000 PSI.
- 02 Conectores rápidos de 1".
- 01 Tapa Tanque hidráulico con respiradero.
- 01 Portafiltro para sistema hidráulico

- \* Las mangueras de alta presión serán usadas desde la salida del tanque hasta el nivel de la plataforma.
- \* Los niples para salida del tanque de aceite serán soldados con soldadura oxiacetileno.

## CAPITULO # 6.

### SISTEMA DE SEGURIDAD.

#### 6.1 Guardas y Defensas.

##### a) Pararrayos.

Este sistema de seguridad es uno de los más importantes, dadas las características meteorológicas de la región, ya que las precipitaciones pluviales vienen acompañadas de rayos y relámpagos ocurren con frecuencia; sino en temporadas donde caen diariamente.

Diseñado para entrar en función, con la pluma está izada y en el punto más alto de la unidad.

El pararrayos está dividido en tres partes:

##### - **Varilla:**

Es el punto donde se recibe la descarga, y estará colocada sobre un soporte lateral al paquete de poleas y su longitud no será menor de 2 pies, para que así la punta de la varilla sobresalga del extremo superior de la pluma.

**Cable:**

Del tipo AWG-2/0 y de una longitud no menor de 80 pies. Será instalado interiormente a la pluma y saliendo por pequeños agujeros hechos en cada uno de los extremos.

**Placa de Descarga:**

Ubicada al otro extremo del cable, de cobre y de  $1/8$ " x 3" x 8". Esta placa deberá ser enterrada a más de 20" de la superficie y preferentemente la tierra de relleno deberá ser mezclada con sal común para mejorar su conductividad. (No es imprescindible en poca de lluvia, el suelo está constantemente húmedo).

**b) Defensa de la Cardán.**

Situada entre la caja de cambios y el piñón del sistema de transmisión por cadenas.

Se fabricará con una plancha de 2mm. rolada en 180° la que no deberá quedar a menos de 4" (radialmente) de las bridas de amarre de la cardán, irá empernada sobre la plataforma (piso de plancha estriada).

Su razón fundamental es de proteger cualquier elemento que toque la cardán al momento del giro de este elemento de transmisión.

**c) Cadenas.**

Esta defensa viene incluida en el winche y sirve de doble función:

Proteger de que en algún momento se rompa o afloje algún elemento (cadena, piñón, etc.) y golpee contra una persona o algún equipo de la unidad.

Sirve de recipiente para el aceite que lubrica por salpicadura.

Está situada solidaria al winche y al extremo opuesto del operador.

**d) Winche.**

Ya que es uno de los elementos principales, y al cual debe esmerarse en su mantenimiento y verificación periódica.

Este winche CARDWELL, ya viene con su guarda incluida que tiene tres finalidades.

Proteger al personal y equipo de cualquier eventualidad, ya sea rotura del cable, rotura del eje del tambor, etc.

Proteger al winche y las fajas de freno de la lluvia, barro y posibles golpes.

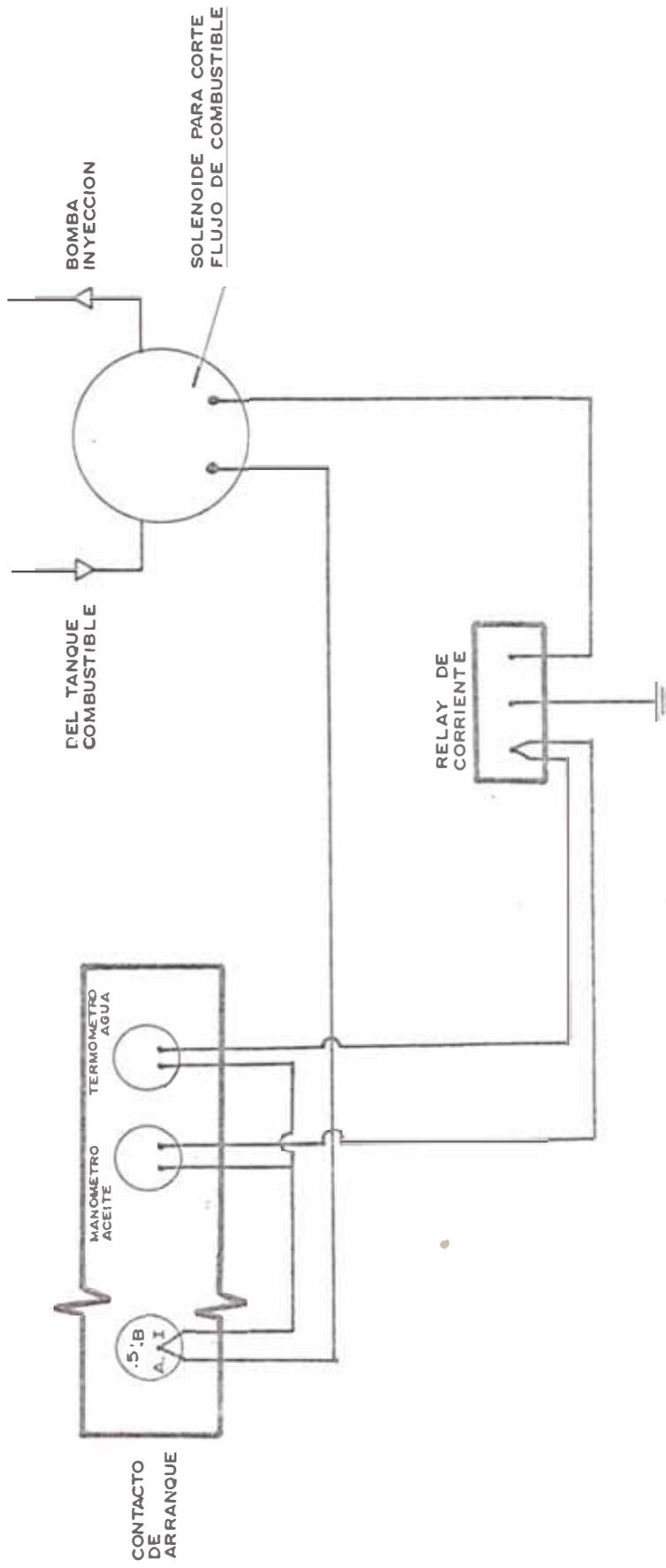
La parte interna de la defensa sirve de envase, para que el crudo salpicado se deslice por debajo de la unidad.

## **6.2 Protección del Motor. (Sistema Winche)**

Se refiere al motor con que se acciona la Unidad de Servicio de Pozos, ya que al momento de la operación, la persona encargada de manipular el equipo estará al tanto de las labores de extracción o descenso de la tubería, la atención sobre dicho motor será mínima, por lo cual se ha visto conveniente instalar un equipo de protección contra posibles e inesperadas fallas que pudieran tener resultados catastróficos para el motor, siendo definitivamente y desde cualquier punto de vista un mecanismo imprescindible.

El diseño de este dispositivo es bastante simple y permitirá que al presentarse baja presión de aceite, o recalentamiento del motor, notorio por la elevación de temperatura del refrigerante, se complete el circuito eléctrico por intermedio del respectivo instrumento, enviando una señal al dispositivo de parada automática, cortando de inmediato el flujo de combustible.

La disposición del sistema puede apreciarse en el plano respectivo.



SISTEMA PROTECCION DE MOTOR  
(ACAPITE 6.2)

### **6.3 Iluminación.**

Parte importante en el diseño de la unidad para el trabajo nocturno. En el caso de las Unidades Helitransportables este problema se soluciona con la instalación de una planta de luz (220 Volts.) con sus respectivos fluorescentes a prueba de explosiones. Para el caso de nuestra Unidad, también es factible el uso de una pequeña planta de luz, pero dado el tamaño y el peso que representa se ha considerado conveniente usar faros en recipientes sellados, (faros piratas) que también son utilizados en unidades similares, dando luz suficiente si están correctamente dispuestos y orientados.

En el acápite 5.4 podemos apreciar que se han considerado 5 faros sellados de 75 watts cada uno por lo cual pasaremos a describir su función específica.

#### Corona (1)

Este faro ubicado sobre la defensa del winche en el extremo que da al operador, tiene por finalidad iluminar el giro de las poleas, parte del cable que va del winche a la primera de estas y observar el motón viajero no llegue a golpear contra la pluma. Es necesario señalar la importancia que tiene el debido control periódico de la corona para evitar posibles

montaduras o atascamientos en la parte superior, así como visualizar las marcas que se hacen a menudo en el cable, al requerir determinadas alturas del motón viajero.

#### Winche (1)

Faro sostenido por un parante del soporte posterior de la pluma y el único que dirige la luz en sentido contraria al resto. Su finalidad es iluminar el winche por completo, asegurarse que el cable se enrolle correctamente, asimismo nos permitirá observar la otra parte del cable no iluminado por el faro anterior y observar que no sufra torceduras ni rotura de hilos. Por último nos dará luz en la parte frontal del winche, si es necesario transitar por este lado.

#### Plataforma (1)

Situado al costado inferior del winche, sobre el lado del operador de winche. Su fin primordial es dar seguridad al tránsito por ese sector de la plataforma

#### - Pozo (2)

Situados uno en cada parante (último del bastidor) del soporte posterior de la pluma. Da la luz necesaria para las operaciones que deban realizarse en la boca del pozo.

#### **6.4 Disposición de Equipo Contra Incendio.**

Está compuesto por cuatro (04) extintores portátiles (27 Lb.) de polvo químico, para combatir fuegos de tipo A, B y C

Su ubicación en el momento del transporte, será en la parte delantera y sobre el parachoque de la unidad, en un soporte habilitado para ese fin.

Una vez detenida la unidad y ubicada correctamente en la boca del pozo, los extintores deberán colocarse uno a cada lado de los muertos de anclaje (ganchos enterrados para asegurar los vientos de la unidad). La posición descrita es la más segura y práctica ya que están suficientemente cerca de la unidad y en un lugar que no obstruye el paso en caso de incendio.

Es necesario acotar, que cuatro (04) extintores es un número suficiente para apagar un incendio incipiente, a menos que sea el pozo la fuente que alimenta el fuego, donde será necesario la utilización de técnicas más avanzadas contra incendios.

Cabe anotar que es muy importante dar entrenamiento adecuado y permanente al personal que labora en Servicio de Pozos, dado el constante riesgo al cual está sometido.

## CAPITULO # 7.

### ANALISIS ECONOMICO.

El capítulo analítico final se ha subdividido en dos partes importantes referentes al análisis económico. El primero o Costo del Equipo, tratará sobre el valor monetario aproximado de la Unidad para Servicio de Pozos, considerando que en este proyecto se han planeado utilizar componentes nuevos, reparados y también usados pero en condiciones muy aceptables y 100% operativos. Asimismo se incluyen los gastos indirectos y de mano de obra, todos como costos de fabricación de la Unidad para Servicio de Pozos.

En lo referente al segundo acápite referente a la Rentabilidad del Equipo sobre Unidades Helitransportables se hará una comparación de costos para la movilización de un equipo desarmable de similares características contra el costo para movilizar la unidad que nos ocupa, apreciándose las diferencias económicas en tres puntos determinantes.

## 7.1 Costo del Equipo.

Para realizar el cálculo observaremos primero el valor de cada parte (Camión, Pluma, Winche, etc.), colocando mucho énfasis a los costos de ensamblaje. Para nuestro desarrollo seguiremos muy cercanamente el orden establecido en el acápite 2.3 y sobretodo en el sub-acápite 7.1.1, asimismo debe considerarse que en los precios estarán incluidos los costos de transporte e impuestos (si es que no están liberados), colocados en el distrito de Trompeteros, lugar donde se ha planificado la fabricación de la Unidad.

### 7.1.1 Costo de cada Componente.

#### a) Camión (V.)

El costo actual de una unidad Foremost, similar a nuestra unidad DAWSON SIX del tipo CHIEFTAIN C es:

\$/.175,000 (Nueva y Puesta en Iquitos)

Sabemos que nuestra unidad Dawson Six es del año 1978 y en libros contables se tiene una depreciación promedio del 7% anual. (Considerando para la empresa el tiempo promedio de uso para Unidades Motorizadas Pesadas).

Luego, de lo anterior, con una unidad de 12 años de antigüedad.

$$P_{\text{actual}} = [1 - 12(0.07)] (175,000)$$

$$P_{\text{actual}} = \text{US\$ } 28,000$$

Según estudios realizados, el costo estimado para una repotenciación general de la unidad ascenderá:

$$P_{\text{repot}} \quad \text{US\$ } 30,000$$

Podemos observar de los cálculos efectuados, el utilizar solamente el camión puede tener un costo aproximado de:

$$V_1 - P_{\text{actual}} + P_{\text{repot}}$$

$$V_1 - 28,000 + 30,000$$

$$V_1 = \text{US\$ } 58,000$$

**b) Motor ( $V_2$ )**

Tal como se pudo apreciar, consideramos un motor marca Caterpillar, modelo D3306 TA con una potencia máxima de 270 H P @ 2200 rpm (máxima).

$$V_2 - \text{US\$ } 55,000$$

**c) Embrague Mecánico ( $V_3$ )**

Según la selección realizada, se escogió un Embrague Mecánico marca Twin Disc, modelo SP-314 P de 14" y doble disco, con Anillo de Deslizamiento o "Driving Rings".

$$V_3 = \text{US\$ } 1,500$$

**d) Caja de Cambios (V<sub>4</sub>)**

Se consideró una caja usada en buen estado marca Spicer, modelo 6052A de cinco (05) cinco cambios y una inversa. Actualmente en el mercado un modelo similar está aproximadamente en \$ 5,000.

Debe considerarse que la caja de cambios tiene en la actualidad tres (03) años de antigüedad, siendo su factor anual de depreciación del 10%.

$$V_4 = [1 - 3(0.1)] (5,000)$$

$$V_4 = \text{US\$ } 3,500$$

**e) Embrague Neumático (V<sub>5</sub>)**

De acuerdo al cálculo realizado en el acápite 3.5.e, nuestras necesidades críticas se cumplen con un embrague Twin Disc modelo PO-318 de 18" de diámetro, dicho accesorio es utilizado en la empresa y se tiene en existencia.

$$V_5 = \text{US\$ } 4,500$$

**f) Winche (V<sub>6</sub>)**

Dentro del costo total del winche debe también considerarse lo referente al mecanismo de transmisión (Cadenas y Cardán), ya que está incluido dentro del conjunto.

Utilizaremos un componente en condición 2 o previamente reparado (70% costo nuevo).

Un winche marca Cardwell, modelo PO-130 con sistema de transmisión, defensas y anillo soportante para cable de  $7/8$ ". Si el costo nuevo es de US\$ 21,000.

$$V_6 = (0.7)(21,000)$$

$$V_6 = \text{US\$ } 14,700$$

**g) Pluma ( $V_7$ )**

Hallaremos el precio total aproximado considerando cada parte por separado.

- Casing 8  $3/4$ "

De acuerdo a las características descritas en el acápite 3.1.3.a), el valor ya puesto en la operación es  $\approx$  \$ 9 x pie.

$$C_1 = \text{US\$ } 270$$

Casing 10  $3/4$ "

De acuerdo a las características descritas en el acápite 3.1.4.a), el valor puesto en la operación es  $\approx$  \$ 11 x pie.

$$C_2 = \text{US\$ } 330$$

Corona (4 Poleas)

Corona de 4 poleas con cable  $7/8"$  y 50 ton. de peso con base para casing de  $8 \ 5/8"$ .

$$C_3 = \text{US\$ } 4,000$$

Tornillo de Potencia (Base del Mastil)

Consideramos un precio con material, maquinado, mano obra, etc ( $\approx$  \$8/Lb).

$$C_4 = \text{US\$ } 976$$

- Tornillo de Potencia (Giro del Mastil)

Según cálculo realizado en el acápite 3.1.9.II), consideramos un precio aprox. con material, maquinado, mano obra, etc ( $\approx$  \$8/Lb).

$$C_5 = \text{US\$ } 880$$

Poleas, Pasador, Refuerzos, etc.

Se puede considerar un valor promedio ya que parte del material a usarse proviene de retazos, cortes, etc.

$$C_6 = \text{US\$ } 500$$

Realizando la sumatoria

$$\sum_{i=1}^{106} C_i = \text{US\$ } 6,956$$

Consideramos mano de obra y gastos generales que son el 15% del costo acumulado.

Por lo tanto:

$$V_7 = (1 + 0.15)(6,956)$$

$$V_7 = \text{US\$ } 8,000$$

#### h) Motón Viajero (V.)

Según representante "The Crosby Group", para el motón viajero elegido (3 poleas de  $\frac{3}{8}$ " y 50 toneladas de carga), el precio en la operación asciende a:

$$V_0 = \text{US\$ } 6,500$$

#### i) Soporte Delantero (V.)

A fabricarse con Tubing de 3  $\frac{1}{2}$ " x 9.3", podemos apreciar en el acápite 3.3.10.a) que se utilizará solo un tubo de las características mencionadas y ya dado de baja (Este cumplirá las condiciones mecánicas o que tenga solo los extremos dañados conservando resistencia y dureza).

El valor del tubing en el campo es aprox. US\$ 5.00 /pie-lineal (nuevo) pero al ser dado de baja (para fines contables) se valoriza en 20% de su costo.

$$T_1 = (0.2) [(5)(30)]$$

$$T_1 = \text{US\$ } 30$$

Para la caja portante se utilizará  $\frac{1}{10}$  de plancha acero  $\frac{3}{8}$ " x 4' x 8' (A-36).

$$T_2 = (\frac{1}{10}) (300)$$

$$T_2 = \text{US\$ } 30$$

Luego, debemos considerar costos de mano de obra, materiales varios, soldadura, etc. Todo esto tiene un valor aproximado del 15%.

$$V_9 = (1 + 0.15) [T_1 + T_2]$$

$$V_9 = \text{US\$ } 70$$

**j) Soporte Posterior Giratorio ( $V_{10}$ )**

Se usará 2 Tubing similar al caso i).

$$T_1 = \text{US\$ } 60$$

Para el soporte se requiere lo sgte:

- 2 bocinas Bronce Fosforoso c/espec.

$$T_2 = \text{US\$ } 30$$

- Tubo de 5" (Por utilizar retazo)

$$T_3 = \text{US\$ } 5$$

Para este soporte se utilizará  $1/10$  de plancha acero  $3/8$ " x 4' x 8' (A-36).

$$T_4 = (1/10) (300)$$

$$T_4 = \text{US\$ } 30$$

-Se utilizará  $1/20$  de otra plancha de acero  $1/4$ " x 4' x 8' (A-36).

$$T_5 = (1/20) (160)$$

$$T_5 = \text{US\$ } 8$$

Para lo referente a la construcción de la viga giratoria, consideramos:

-36" (3') circular 4"Ø (Acero A.I.S.I. 1045)

$$T_6 = \text{US\$ } 420$$

-36" (3') Perfil Estructural C 8"x 11 1/2"

$$T_7 - (3/20) (480)$$

$$T_7 - \text{US\$ } 72$$

-24" (2') Perfil Estructural C 4"x 7 1/4"

$$T_8 - (2/20) (180)$$

$$T_8 - \text{US\$ } 18$$

-Como se mencionó en la parte descriptiva del soporte giratorio, se usarán 36" de casing 11 3/4" x 60° (Condición 2 y no utilizable para el fin previsto, contabilizado al 70% de costo,  $\approx$  \$ 13 x pie.

$$T_9 - (0.7) (3/30) (30 \times 13)$$

$$T_9 - \text{US\$ } 27$$

Se utilizará la cuarta parte de plancha acero 3/4" x 4' x 8' (A-36).

$$T_{10} - (1/4) (580)$$

$$T_{10} - \text{US\$ } 145$$

-Para las platinas de refuerzo, (1/10) de plancha acero 3/8" x 4' x 8' (A-36).

$$T_{11} - (1/10) (300)$$

$$T_{11} - \text{US\$ } 30$$

Luego, el costo por mano de obra, materiales, pernos, soldadura, etc.) gastos generales, etc. se consideran 15% del total.

$$V_{10} - (1 + 0.15) [ \sum T_i ]$$

$$V_{10} = \text{US\$ } 972$$

**k) Apoyos Laterales del Camión (V<sub>11</sub>)**

-Se usará 1 tubo de 3 1/2" x 9.11°.

$$T_1 = \text{US\$ } 45$$

-Se usará 1 tubo de 3 1/2" x 9.3°.

(Tal como se revisó en i).

$$T_2 = \text{US\$ } 30$$

-Se utilizará (1/20) de plancha acero 1" x 4' x 8' (A-36) para dos platinas 6"x 4".

$$T_3 = (1/20) (660)$$

$$T_3 = \text{US\$ } 33$$

-Utilizará (1/20) plancha 1/2" x 4' x 8' (A-36).

$$T_4 = (1/20) (360)$$

$$T_4 = \text{US\$ } 18$$

-Utilizará (1/4) plancha 1/4" x 4' x 8' (A-36).

$$T_5 = (1/4) (160)$$

$$T_5 = \text{US\$ } 40$$

-Para el cálculo de los dos Tornillos de Potencia realizado en el acápite 3.4.5) se encontró para ambos un peso total de 61 Lb, luego, tal como se calculó en g) a un costo aproximado promedio de US\$ 8 /Lb.

$$T_6 = (61) (8)$$

$$T_6 = \text{US\$ } 488$$

Asimismo, considerando gastos tomamos el 15% de la sumatoria.

$$V_{11} = (1 + 0.15) [ \sum T_i ]$$

$$V_{11} = \text{US\$ } 752$$

1) **Costo Parcial del Acápite 7.1.1**

$$V = \left[ \sum_{i=1}^{11} V_i \right]$$

$$V = \text{US\$ } 153,494$$

7.1.2 **Costo para el Acondicionamiento de los Sistemas Auxiliares.**

a) **Sistema de Combustible (W<sub>1</sub>) (Motor Winche)**

-Costo aproximado de dos tanques para combustible, incluyendo soportes y seguros. (Se usará 1 plancha de 3/32" por tanque a un costo de US\$53 /plancha).

$$T_1 = \text{US\$ } 160$$

-Costo aproximado de conexiones, mangueras, cañerías, tapas, etc.

$$T_2 = \text{US\$ } 60$$

El costo aproximado por la fabricación de los tanques, materiales como soldadura de oxi-corte y demás es un 15%.

$$W_1 = (1 + 0.15) [T_1 + T_2]$$

$$W_1 = \text{US\$ } 253$$

b) Sistema Hidráulico (W<sub>2</sub>)

-Costo aproximado de un tanque para aceite hidráulico, con soportes y seguros.

(Se usará 1 plancha de 3/32" para el tanque a un costo US\$ 53 /plancha).

$$T_1 = \text{US\$ } 80$$

-Costo de una Bomba Hidráulica marca Vickers de engranajes y un cuerpo que trabaje a 2,500 PSI/65 GPM.

$$T_2 = \text{US\$ } 535$$

-P.T.O. o Toma Fuerza para Caja de Cambios, según especificación correspondiente al fabricante Spicer de 1:7.28.

$$T_3 = \text{US\$ } 375$$

-Costo aproximado conexiones, mangueras, cañerías, válvulas, etc.

$$= \text{US\$ } 280$$

El costo aproximado por la fabricación de los tanques, por materiales como soldadura o de oxi-corte, soportes metálicos, etc. será del orden de 15%.

$$W_2 = (1 + 0.15) \left[ \sum_{i=1}^{i=3} T_i \right]$$

$$W_2 = \text{US\$ } 1,460$$

**c) Sistema Neumático (W<sub>3</sub>)**

-Costo de un Pulmón Neumático de 4 1/2"

T<sub>1</sub> = US\$ 75

-Costo de un Actuador Neumático de 1 1/2"

T<sub>2</sub> - US\$ 50

-Costo de un Filtro Secador de Aire.

T<sub>3</sub> - US\$ 38

-Costo aproximado conexiones, mangueras de alta presión, válvulas, etc.

T<sub>4</sub> - US\$ 220

Luego, el costo resultante será:

$$[ \sum T_i ]$$

W<sub>3</sub> - US\$ 383

**d) Sistema Eléctrico (W<sub>4</sub>)**

-Costo de cinco faros sellados portantes de 5"x24 volts x75 watts.

T<sub>1</sub> - US\$ 30

-Costo de un Tacómetro, con su respectivo cable y sistema de instalación.

T<sub>2</sub> - US\$ 30

-Costo de Manómetro de Aceite (0 - 75)PSI y un Termómetro (0 - 100)°C de uso automotriz y con sistema de conexión eléctrico de seguridad (puesta a tierra), ambos de marca Murphy.

T<sub>3</sub> - US\$ 26

-Costo de material para la instalación del sistema eléctrico, cables, fusibles, portafusibles, switch, pinzas, etc.

$$T_4 = \text{US\$ } 65$$

Luego, el costo resultante será:

$$W_4 = \left[ \sum_{i=1}^{1+4} T_i \right]$$

$$W_4 = \text{US\$ } 151$$

#### e) Costo Parcial del Acápite 7.1.2

$$W = \left[ \sum_{i=1}^{1+4} W_i \right]$$

$$W = \text{US\$ } 2,247$$

### 7.1.3 Costo de Modificaciones y Adaptaciones.

#### a) Patín Motor - Caja de Cambios (X<sub>1</sub>)

-Costo de la viga W 6" x 15#, si es de una longitud total de 23 pies. (Considerando las dos vigas longitudinales y los tres travesaños, ver referencia acápite 3.2.1).

1 1/2 viga, como el patín del Winche.

$$T_1 = (1.5) (250)$$

$$T_1 = \text{US\$ } 375$$

-Costo por materiales, platinas, vigas, soldadura, pernos, etc., consideramos como otros casos el 15% del valor de las vigas.

$$X_1 = (1 + 0.15) (T_1)$$

$$X_1 = \text{US\$ } 431$$

**b) Patín Winche ( $X_2$ )**

-Costo de la viga W 6" x 15", si se tiene una longitud de 23 pies (Considerando las dos vigas longitudinales y los dos travesaños, referencia en el acápite 3.2.2).

$$T_1 = (1.5) (250)$$

$$T_1 = \text{US\$ } 375$$

-Costo por materiales, platinas, vigas, soldadura, pernos, etc., consideramos como otros casos el 15% del valor de las vigas.

$$X_2 = (1 + 0.15) (T_1)$$

$$X_2 = \text{US\$ } 431$$

**c) Piso y Adaptaciones para instalar Plataforma ( $X_3$ )**

-Costo de ocho planchas estriadas de acero  $\frac{1}{2}$ " x 4' x 8' (A-36), siendo un valor por unidad de US\$ 110, luego el costo total:

$$T_1 = \text{US\$ } 880$$

-Costo de dos platinas 1" x 2  $\frac{1}{2}$ " x 216" que irán sobre los largueros del bastidor y permitirán asegurar con soldadura los patines del motor y del winche.

Ya que se utilizará  $\frac{1}{3}$  de la plancha. (Se utilizará parte de esta plancha en el acápite 7.1.1.k).

$$T_2 = (\frac{1}{3}) (660)$$

$$T_2 = \text{US\$ } 220$$

-Costo aproximado de poleas, soporte de las poleas, pernos en "U" (Agarre de platinas de 1" con el chasis), cable de 1/2" para giro de pluma(Condición 2).

$$T_3 = \text{US\$ } 140$$

-Costo materiales, soldaduras, platinas, etc, consideramos un 15% del valor de las vigas, tendremos un costo aproximado:

$$X_3 = (1 + 0.15) [ \sum T_i ]$$

$$X_3 = \text{US\$ } 1,426$$

#### d) Costo Parcial del Acápite 7.1.3

$$X = [ \sum_{i=1}^3 X_i ]$$

$$X = \text{US\$ } 2,288$$

### 7.1.4 Costo de Sistemas Adicionales.

#### a) Sistema de Seguridad (Y<sub>1</sub>)

-Costo del Sistema de Pararrayos, el cual según costo actual en almacén.

$$T_1 = \text{US\$ } 170$$

-Costo de las defensas del Cardán que será fabricado con retazos de las planchas del Tanque de Combustible y/o Hidráulico.

$$T_2 = \text{US\$ } 10$$

-Costo Sistema de Protección Motor-Winche el cual ya ha sido calculado en parte (Ver acápite 7.1.2.d), en lo referente al Tacómetro, Manómetro de Aceite y Termómetro de Agua Refrigerante del Motor, así como los cables y enchufes.

Consideremos el costo del relevador de corriente (Relay) y del Sistema de Corte de Combustible (marca Centinela).

$$T_3 = \text{US\$ } 20 \quad (\text{Relay})$$

$$T_4 = \text{US\$ } 60 \quad (\text{Sist. Corte Combust.})$$

-Costo del Sistema de Iluminación que ya fué visto en el acápite 7.1.2.d.

Luego, el Sistema de Seguridad no tiene costo de materiales para el ensamblaje ya que solo requiere mano de obra.

$$Y_1 = \left[ \sum^{1+4} T_i \right]$$

$$Y_1 = \text{US\$ } 260$$

#### **b) Equipo contra Incendio (Y<sub>2</sub>)**

-Costo de cuatro extinguidores portátiles de 27 Lb. para polvo químico utilizable en fuegos de tipo A B C.

$$T_1 = \text{US\$ } 160$$

-Costo de cuatro soportes metálicos para extinguidores con la respectiva instalación entre el parachoque delantero y la cabina del operador (Camión).

$$T_2 = \text{US\$ } 80$$

Luego, el costo del Equipo Contra Incendio será:

$$Y_2 = [ \sum_{i=1}^2 T_i ]$$

$$Y_2 = \text{US\$ } 240$$

c) Costo Parcial del Acápite 7.1.4

$$Y = [ \sum_{i=1}^2 Y_i ]$$

$$Y = \text{US\$ } 500$$

### 7.1.5 Costo General de Unidad para Servicio de Pozos.

#### a) Costo por Gastos Directos.

Hallaremos la sumatoria de los acápites descritos recientemente:

- Costo por Componentes:	<b>V</b>	-	153,494
- Costo Sist. Auxiliares:	<b>W</b>	-	2,247
Costo Modific. y Adap.:	<b>X</b>	-	2,288
- Costo Sist. Adicionales:	<b>Y</b>	=	<u>500</u>
			158,529

Gastos Directos      **G . D . = US\$ 158,529**

#### b) Costo por Gastos Indirectos.

Se consideran en los gastos indirectos a todo el material secundario necesario para la instalación y/o fijación de cada componente de la unidad.

Podemos considerar los materiales que no fueron incluidos como el desgaste de las herramientas, pinturas, solventes, grasas, etc.

El 5% sobre costos de equipo fabricado.  
(Ver acápite 7.1.1 g, l, j, k; 7.1.2 a, b, c, d; 7.1.3 a, b, c).

$$\begin{aligned}
 G.I. &= (0.05) (8,000 + 70 + 972 + 752 + \\
 &\quad + 253 + 1,460 + 383 + 151 \\
 &\quad + 431 + 431 + 1,426 )
 \end{aligned}$$

Gastos Indirectos      **G . I . = US\$ 716**

c) Costo por Mano de Obra.

Considerando por costo de Mano de Obra para un tiempo de dos meses con doce personas trabajando un promedio de 48 horas semanales, Supervisión, Mano de Obra Calificada (Operar. Máquinas Herramientas, Soldador, Caldereros, etc.), Ayudantes Generales será suficiente con 5% de los gastos directos.

G.M.O. (0.05) (G.D.)

Gastos Mano Obra **G . M . O . = US\$ 7,926**

d) Costo Total de la Unidad.

Se hallará de la sumatoria:

C.T. = G.D. + G.I. + G.M.O.

**C . T . = US\$ 167,171**

## 7.2 Rentabilidad del Equipo sobre Unidades Helitransportables.

En Operaciones Selva (OPS) se cuenta actualmente con cinco (05) Unidades de Servicio de Pozos actualmente, las cuales las podemos dividir en dos grupos por el tipo de mástil que poseen:

### - Castillo:

Entendiéndose por castillo a la estructura fabricada con perfiles metálicos y que para transportarla (aéreo o fluvial) deberá ser desensamblada en cada uno de sus módulos, debe entenderse que no todos los equipos son así, los hay también con castillos rebatibles montados sobre un remolque.

### - Pluma:

Entendiéndose por pluma, al mástil compuesto por dos tubos concéntricos, de fácil armado y transporte (sólo dos componentes).

De los seis equipos mencionados, cuatro son de castillo y dos son de pluma. La razón de la existencia de ambos tipos de equipos es el costo, la versatilidad que posee cada uno para las labores de Servicio de Pozos y la facilidad del transporte.

Los equipos de castillos son más grandes y tienen más componentes en el armado, el costo es varias veces superior que un equipo con pluma, es más pesado pero también podemos descender a profundidades considerablemente mayores y realizar cualquier tipo de trabajo, "WORK OVER", "MOLER TAPONES", "PESCAS", etc. ,por lo que difícilmente pueda ser efectuado por otro tipo de equipo.

Los equipos de pluma son portátiles, livianos, de menor costo y mantenimiento pero son diseñados básicamente para labores de "Pulling", que es lo que se realiza en un 85% de los casos.

A modo de información y para poder tener una idea de la magnitud del tamaño de un equipo con castillo, considerando que en O.P.S. se utilizan helicópteros pertenecientes a la F.A.P. del tipo:

<u>MODELO</u>	<u>FABRICACION</u>	<u>CAPACIDAD CARGA</u>
Twin Bell 212	USA	3,500 Lb.
MI-8	URSS	4,500 Lb.

Ponemos a continuación una lista de cargas realizadas para el movimiento o "trasteo" promedio de un equipo de Servicio de Pozos (castillo).

HELICOPTERO IWIN BELL

<u># Vuelos</u>	<u>Detalle de Carga</u>	
17	Subestructura o bases del castillo.	
01	Base de la caseta del perforador.	
01	Angular sólido.	(3°cuerpo castillo)
01	02 Pedestales.	(Base castillo)
01	Base de la mesa rotaria.	

En lo que respecta a este helicóptero pequeño se necesitaría en total 54 vuelos.

HELICOPTERO MI-8

<u># Vuelos</u>	<u>Detalle de Carga</u>	
01	Hidromático.	(Retardador hidromático)
04	Base del winche.	
01	Tambor del winche.	
01	Mesa Rotaria.	
01	Caseta del Perforador.	
01	Carrete con Cable Perforación.	

Se necesitarán un total de 92 vuelos.

Es de notarse, a simple vista, lo complicado que es el movimiento de un equipo de estas características.

Evidentemente la comparación económica deberá realizarse con unidades de pluma (existen dos helitransportables), principalmente orientado al costo de transporte y el tiempo en que la Unidad esté en condiciones 100% operativas.

A continuación se describirá la operación del transporte (dos helicópteros por una unidad de pluma; el mástil es fabricado con casing 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>" 10 <sup>3</sup>/<sub>4</sub>" y 3 poleas, es decir, más pesado que en nuestro diseño.

#### **7.2.1 Costo Traslado Aéreo Equipo Servicio de Pozos.**

##### **a) Costo del Transporte con Helicóptero.**

**Ubicación** : Trompeteros

**Plataformas** : De Plataforma 8X hacia Plataforma 11X.

**Distancia** : 1 Km.

**VIAS DE TRANSPORTE:** - Trocha Carrozable.

- Aéreo.

**\*VER CUADROS ADJUNTOS\***

**\*\*CUADRO ADJUNTO I\*\***

Helicóptero : Twin Bell 212 (3500 Lb.)

<u>Nº Vuelo</u>	<u>Descripción Carga</u>	<u>Tiempo</u> (Min.)
1	Repisa Winchero, polea guía, angulares de la unidad.	04
2	Motor Auxiliar D-330 (CAT).	03
3	Tenaza Hidráulica.	03
4	Tanque Diesel 550 Gal.	02
5	Motor Polea Viajera.	03
6	Canasta conteniendo cardán del motor, vientos, cadenas, etc.	04
7	Soporte posterior de la Pluma.	03
8	Caja herramientas, mangueras, sist. hidráulico, sogas, etc.	03
9	4 Cilindros con aceite.	04
10	Patín del winche con defensas.	03

**Sub-Total : 32 minutos ..... (I)**

**\*\*CUADRO ADJUNTO II\*\***

Helicóptero : MI-8 (4500 Lb.)

<u>Nro.</u>	<u>Vuelo</u>	<u>Descripción Carga</u>	<u>Tiempo</u> (Min.)
11		Motor principal NH-220 (CUMMINS) con radiador y patín.	03
12		Caja de Cambios con PTO y bomba hidráulica.	04
13		Materiales varios, coples stillson, uñas, extintores, etc.	05
14		Pluma 13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> " x 10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " con corona de 3 poleas.	04
15		Patín base para trabajo.	05
16		Tanque de 110 barriles.	05
17		Carrete con cable <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ".	04
18		Patín principal base 22' x 8' con bandas de freno, pistón de tenaza.	03
19		Tambor del winche con embra- gue neumático.	04
20		Bomba GARDNER DENVER.	04
21		Complementos de Bomba.	04

**Sub-Total : 41 minutos ..... (II)**

Debemos considerar para todos los casos, que el helicóptero deberá partir del hangar (lugar donde están posados los helicópteros), aparte de ello tenemos los siguientes tiempos muertos que también son asumidos por la empresa contratante (helicóptero en funcionamiento).

Tiempo necesario para que las turbinas alcancen su temperatura de funcionamiento y se verifiquen los controles del panel del helicóptero.

Tiempo de vuelo hasta la plataforma a la ida y al regreso. De acuerdo al número de interrupciones del servicio que puedan ocurrir (mal tiempo, fallas mecánicas, refrigerio, etc.)

Tiempo de vuelo para ir, recargar combustible y regresar. Debe tenerse en cuenta que en cada despegue y aterrizaje el consumo de combustible se incrementa considerablemente y cuando se hace este tipo de movimientos el helicóptero no lleva sus tanques llenos para así poder levantar más carga.

Para el caso mostrado podemos considerar un tiempo total perdido aproximadamente de:

TWIN BELL 212	15 minutos.....(III)
MI-8	20 minutos.....(IV)

Por último, el transporte aéreo significa:

Daños y golpes en los equipos al momento de desarmado, vuelo y armado.

- Si ocurre una emergencia en el vuelo, la carga será liberada con un mecanismo de seguridad, ocasionando gastos operativos y búsqueda del equipo (si se encuentra) a pesar de estar protegidos con una póliza contra este tipo de percances.
- Gran despliegue de personal maniobrista y material de uso apropiado con poco tiempo de vida.(cables, estrobos, ganchos, etc.)
- El caso presentado es el más económico y seguro ya que es el más cercano entre plataformas, recarga y hangar.

En términos de costo podemos resumir:

<u>REF</u>	<u>HELICOPTERO</u>	<u>TPO</u> (Min.)	<u>COSTO</u> (\$/Hr.)	<u>SUBTOTAL</u> (US\$)
I	TW BELL 212	32	1,500.-	800.-
II	MI-8	41	2,000.-	1,367.-
III	TW BELL 212	15	1,500.-	375.-
IV	MI-8	20	2,000.-	667.-

**TOTAL : US\$ 3,209 ..... (V)**

Los precios de combustible para Aviación Turbo A1, no ha sido considerado a pesar de correr por cuenta de PETROPERU.

**b) Costo por Armado y Desarmado del Equipo.**

Para poder realizar estas operaciones, el equipo cuenta con el apoyo de un tractor Caterpillar D5 con una grúa hidráulica de 2 cuerpos marca Allenco, que va montada sobre el tractor, posterior al asiento del operador. Este equipo deberá permanecer durante el proceso del desarmado, acomodo de cargas para volar y en el ensamble de todo el equipo.

Según reporte del Dpto. Servicio de Pozos , el equipo terminó el trabajo de rehabilitación del pozo a las 15 horas, quedando listo para el transporte a las 17 horas del día siguiente (en el mejor de los casos), sin laborar horas extras. Eso significa 10 horas útiles de trabajo para el desarmado

Asimismo, para el armado, se iniciaron las labores a las 10:00 horas y terminaron a las 18:00 horas del día siguiente trabajando un total de 26 hrs, con jornadas de 8 y 12 horas al día. Cabe anotar que serán necesarios los cuatro operadores de guardia y el apoyo de mecánico para el desarmado y armado de equipo.

<u>PROCESO</u>	<u>PERSONAL</u> (Hr.)	<u>TPO</u>	<u>COSTO</u> (\$/Hr)	<u>SUBTOTAL</u> (US\$)
Desar.	5 pers.	10 (Simple)	5.-	250.-
Armado	5 pers.	22 (Simple)	5.-	550.-
	5 pers.	04 (Sb.tpo)	7 <sup>00</sup>	150.-
Tractor- Grúa		36	7.-	252.-

**TOTAL: US\$ 1,202 ..... (VI)**

Horas Trabajadas: 36 horas

**c) Costo o Pérdida por Producción Diferida.**

Es el rubro más fuerte, y se debe por las horas que deja de producir el pozo.

El rango de producción del pozo a intervenir, que es el de menor producción en la zona, es de 1,200 a 1,800 m<sup>3</sup>/día, supondremos para este cálculo una producción promedio de 1,500 m<sup>3</sup>/día.

De lo anterior, además de (V) y (VI) podemos hacer el siguiente cuadro. (La jornada se inicia a las 07:00 hrs y concluye a las 17:00 hrs.)

<u>PROCESO</u>	<u>DIA</u>	<u>HORAS TRANSCURRIDAS</u>
Desarmado	1°	09 horas
Desarmado	2°	18 horas
No hay vuelos nocturnos ni con mal tiempo	2° y 3°	14 horas
Transporte	3°	02 horas
Armado	3°	14 horas
Armado	4°	24 horas
Armado	5°	18 horas

**TOTAL : 99 horas**

Si son 1,550  $\text{bbl}/\text{día} = 62.5 \text{ bbl}/\text{hr.}$  en promedio, luego la producción diferida será:

$$62.5 \times 99 = 6,187.5 \text{ Barriles}$$

Valor promedio por barril de crudo API Selva es:

$$\text{US\$ } 18.-.$$

Luego el costo por la producción diferida, sólo por espera del equipo al pozo será:

$$6,187.5 \times 18 = \text{US\$ } 111,375.- \text{ .....(VII)}$$

El costo del traslado (sin considerar combustible Turbo A-1), resultará de la siguiente sumatoria.

De: (V) + (VI) + (VII)

$$3,209 + 1,202 + 111,375 = \text{US\$ } 115,786.-$$

El costo asumido por la empresa para mover un equipo helitransportable de Servicio de Pozos será :

$V_1 = \text{US\$ } 115,786$

### **7.2.2 Costo Traslado Equipo para Servicio de Pozos sobre Plataforma Rodante.**

#### **a) Costo del transporte de la U.S.P. sobre Orugas.**

Para el mismo caso del acápite 7.2.1.

Tarifa interna por uso del camión a orugas:

US\$ 6

(Por cada hora)

Será necesario  $\frac{1}{2}$  hora, a lo mucho, si el camino se encuentra en pésimo estado y para dejar perfectamente ubicada la unidad.

$$(0.5) (6) = 3$$

Total por camión US\$ 3...(I)

Supongamos que el camión de apoyo y el tractor están inoperativos, por lo tanto el movimiento o "trasteo" , lo deberemos hacer en helicóptero.

Será necesario 2 vuelos de helicóptero MI-8 que a lo sumo representan 15 minutos.

$$(0.25) (2,000) = \text{US\$ } 500 \dots(\text{II})$$

**b) Costo por Armado y Desarmado del Equipo.**

Para estas labores no será necesario el apoyo con el tractor , tal como ocurre en el caso anterior, ya que la unidad puede realizar sus cambios de locación sin apoyo.

Asimismo, el tiempo de armado y desarmado son definitivamente menores y el personal necesario es de sólo los cuatro operadores de la guardia.

Tiempo necesario de DESARMADO: 1 1/2 Hr.

Tiempo necesario de ARMADO : 2 Hr.

<u>PROCESO</u>	<u>PERSONAL</u>	<u>IPO</u> (Hr.)	<u>COSTO</u> (\$/Hr)	<u>SUBTOTAL</u> (US\$)
Desar.	4 pers.	1 1/2 (Simple)	5.-	30.-
Transp.	4 pers.	1/2 (Simple)	5.-	10.-
Armado	4 pers.	02 (Sb.tpo)	750	60.-

**TOTAL: US\$ 100 (III)**

Horas Trabajadas: 04 horas

La Unidad quedará lista el mismo día para iniciar labores en otro pozo.

**c) Costo por Producción Diferida.**

Se hará bajo el mismo esquema que el acápite 7.2.1., hasta el momento que el equipo está listo para operar.

<u>PROCESO</u>	<u>DIA</u>	<u>HORAS TRANSCURRIDAS</u>
Desar.	1°	1 1/2 horas
Transp.	1°	1/2 horas
Armado	1°	<u>2 horas</u>
		4 horas

**TOTAL: 04 HORAS**

Si son 1,500 <sup>bls</sup>/día      62.5 <sup>bls</sup>/hr. en promedio,  
luego la producción diferida será:

$$62.5 \times 4 = 250 \text{ Barriles}$$

El valor promedio por barril del crudo API Selva es US\$ 18.

Luego, el costo por producción diferida, sólo por espera del equipo será:

$$250 \times 18 = \text{US\$ } 4,500 \dots (\text{IV})$$

El costo por traslado resultará de la siguiente sumatoria:

$$\text{De: (I) + (II) + (III) + (IV)}$$

$$3 + 500 + 100 + 4,500 = \text{US\$ } 5,103$$

El costo asumido por la empresa por mover un equipo sobre orugas será:

$$V_2 - \text{US\$ } 5,103$$

De lo visto, podemos resumir:

$$V_1 - \text{US\$ } 115,786 \quad (\text{Equipo Helitransportable})$$

$$V_2 - \text{US\$ } 5,103 \quad (\text{Equipo a Oruga})$$

Puede apreciarse la gran diferencia de costos operativos entre uno y otro equipo.

## **CONCLUSIONES**

1. En la empresa existen piezas y componentes en buen estado pertenecientes a equipos dañados, inutilizados y/o dados de baja. Se plantea reducir los costos notablemente al reutilizar estas partes, no adquirir en lo posible equipos nuevos y desarrollar nuestra propia tecnología en cada operación. Definitivamente el conocer las necesidades operativas y limitaciones de orden logístico actuales nos permitirá ensamblar la U.S.P. requerida para nuestras labores de Servicio de Pozos y efectuar su correcto mantenimiento.
2. La capacidad y profundidad a la que puede operar la U.S.P. estará determinada en gran porcentaje por la pluma y el peso a soportar sobre la plataforma a orugas. Una pluma de mayor diámetro significa mayor costo y peso en plataforma contra las posibilidades de ingresar a un pozo mayor de 4,500 pies, los cuales son escasos en la zona. Asimismo una pluma esbelta solo nos permitiría pozos selectos sobre dimensionandonos en el motor y en el winche.

3. La fabricación de la U.S.P., tal como se plantea es sencilla, ya que mayormente será ensamblada y con algunas piezas maquinadas de poca dificultad y volumen. Se deberá tener especial cuidado en la fabricación de la pluma, en la calidad de cordones de soldadura y hacer coincidir los agujeros y poleas.
  
4. La U.S.P. se pueden fabricar con pluma simple o con doble pluma (dos plumas paralelas de las mismas características, dispuestas sobre la viga giratoria del soporte posterior), diseño para lograr mayor profundidad de pozos. La experiencia obtenida con doble pluma en campos petroleros del noroeste (Talara), no ha sido satisfactoria ya sea por el peso que provocan torsiones en el chasis al momento del transporte o se rigidiza la estructura de la pluma absorbiendo las vibraciones en las soldaduras de las placas que unen las plumas. En el caso de la pluma simple mayormente no existen esta clase de problemas, es de fácil construcción sacrificando una mayor resistencia.
  
5. Es interesante analizar las cargas actuantes sobre el eje de la pluma (Eje Y). Como se puede apreciar a lo largo de todo el acápite 3.1 la de mayor importancia es la "Carga de Diseño" (Acápite 3.1.3.b) que alcanza los 114,123 Lb. y representa el 80% de la carga.

Asimismo, la segunda magnitud está dada por los vientos de carga que suman un total de 23,330 Lb. (16% de carga total) y en el 4% restante estarán comprendidas el peso del primer cuerpo, parrilla, varios, etc.. Por último, es necesario acotar que si bien las cargas de viento no tienen mayor importancia en el eje y, si la tienen en las fuerzas para hallar el diámetro de los vientos de carga.

6. Para hallar el Factor de Columna (K) de la pluma fué necesario subdividirla en tres partes (tal como se explica en el acápite 3.1.7.a). Esta será sujeta en cuatro puntos, dos de los cuales son vientos de carga que limitarán el giro o inclinación hacia cualquier sentido y los otros dos son puntos de apoyo. Consideraremos que cada uno de los tres segmentos se comportarán como si se trataran de columnas independientes, una a continuación de la otra, quedando los extremos de cada una como libre, pivoteado o rígido.
  
7. En el caso del Embrague Neumático (Acápite 3.5.d), se siguió el modo de selección propuesto por el fabricante. Sabiendo que la condición crítica será el levantar el primer tubo, los cálculos dieron resultados muy ajustados a los valores del Embrague tipo P0-318, pero en vista que esta situación se

presentará eventualmente y solo en el primer tubing, además por la experiencia obtenida con esta marca de componentes se determinó que este modelo era suficiente para el uso a dar.

8. Del conjunto Caja de Cambios-Cadenas del Winche fué posible eliminar el elemento intermedio ó crucetas con eje deslizante, ganando así una mejor ubicación del Centro de Gravedad del patín Motor-Caja de Cambios, pero se decidió dejarlo para proteger los posibles desalineamientos y absorber golpes en la transmisión.
9. El sistema neumático para acelerar y desacelerar el motor es el más utilizado y recomendado en estos usos ya que no es necesario hacer otra instalación (ej. cable metálico con problemas de cambio de dirección), además se puede cambiar el tipo de acelerador del winche de pedal a manual con la ventaja que acciona automáticamente el embrague neumático, disminuyendo la tensión y agotamiento físico del operador o winchero al subir o bajar repetidamente la tubería.

10. La capacidad en los tanques cilíndricos para combustible están calculados considerando funcionamiento continuo del motor por un lapso de 10 horas, si por algún motivo no fuera posible el reabastecimiento, los tanques del camión nos darán 8 horas adicionales. Asimismo, el tanque que contiene el aceite del sistema hidráulico, de la misma capacidad de los anteriores, nos proveerá cantidad suficiente para los requerimientos críticos del sistema.
  
11. Al momento de diseñar la unidad uno de los criterios que tuvo importancia fué el peso, ya que se contempló que un 20% de la carga admisible serán herramientas y equipos para los trabajos rutinarios a realizarse.
  
12. Es indudable que el sistema para U.S.P. con un solo motor es más económico en el costo total de la unidad, pero ello significaría cambiar totalmente el Sistema para Transmisión de Potencia al winche, disminuyendo la diferencia de precio (vs. motor adicional) y sobretodo originando la adquisición de nuevas partes que no se cuentan en la actualidad. Asimismo, será necesario instalar el motor de 270 HP ya que el motor original de la unidad no tiene la potencia suficiente para trabajar a la profundidad máxima deseada.

**BIBLIOGRAFIA**

- ) AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC.  
"Manual of Steel Construction."  
AISC. December 1980. 8<sup>a</sup> Ed.
- ) AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. "A.P.I. Specification  
for Casing, Tubing and Drill Pipe."  
API Spec.5a. May,31,1984. 37<sup>a</sup> Ed.
- ) AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. "A.P.I. Specification  
for Drilling and Well Servicing Structures."  
API Spec.4E. March,1974. 2<sup>a</sup> Ed.
- ) COLLAZO, JAVIER. "Diccionario Enciclopédico Términos Tecnicos"  
"Español-Inglés, Inglés-Español" Tomo I y II.  
MacGraw Hill Book Company, 1980.
- ) FAIRES, VIRGIL. "Diseño de Elementos de Máquinas."  
Editorial Montaner y Simón, S.A. 1977. 3<sup>a</sup> Ed.
- ) GIESECKE, MITCHELL Y OTROS. "Technical Drawing."  
Macmillan Publishing Co.,Inc. 1974. 6<sup>a</sup> Ed.
- ) HALLIDAY @ RESNICK. "Física - Parte 1."  
Compañía Editorial Continental,S.A. Agosto  
1967. 1<sup>a</sup> Ed.
- ) HORI. J. "Diseño de Elementos de Máquinas."  
Univ.Nac.de Ingeniería. 1981. 3<sup>a</sup> Ed.
- ) HUGHES. "Manual de Bombas Sumergibles Centrífuga"  
B.J. Hughes Co.1988.
- ) MCGRAW-HILL BOOK Co. "Marks Manual del Ingeniero  
Mecánico - Volumen I y II."  
Editorial McGraw-Hill Co. 1982. 8<sup>a</sup> Ed.
- ) MERIAM, J.L. "Estática."  
Editorial Reverté, S.A. 1968.

- ) NASH, WILLIAM. "Resistencia de Materiales."  
Libros McGraw-Hill de México. 1970.
  
- ) ROARK, RAYMOND. @ YOUNG, WARREN. "Formulas for  
Stress and Stain."  
Editorial McGraw-Hill Book Company Inc. 2ª Ed.
  
- ) ROBB, LOUIS A. "Diccionario para Ingenieros."  
"Español-Inglés, Inglés-Español"  
Compañía Editora Continental S.A.(C.E.C.S.A.). 1983
  
- ) SHIGLEY. "Diseño en Ingeniería Mecánica."  
Libros McGraw-Hill de México. 1979, 2ª Ed.
  
- ) SPOTTS, M.F. "Design of Machine Elements."  
Prentice Hall, Inc. 1962, 3ª Ed.
  
- ) TIMOSHENKO, S. "Resistencia de Materiales"  
Editorial Espasa-Calpe S.A. 1975. 11ª Ed.
  
- ) WORLD OIL. "Composite Catalog of Oil Field  
Equipment and Services - Vol. I-IV."  
Gulf Publishing Company. 1985.
  
- ) ZABA @ DUHERTY. "Practical Petroleum Engineers' Handbook."  
Gulf Publishing Company. 1970. 5ª Ed.