

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA  
SELECCIÓN DE PUENTES GRÚA EN PROYECTOS DE  
INGENIERÍA, SEGÚN NORMA DE LA FEDERACIÓN  
EUROPEA DE LA MANUFACTURA F.E.M.**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**VASQUEZ SAMANIEGO, JAVIER GILMER**

**PROMOCIÓN 2 010 - I**

**LIMA-PERÚ**

**2 013**

## INDICE DEL CONTENIDO

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>	
<b>CAPITULO 1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1.	ANTECEDENTES	3
1.2.	OBJETIVO PRINCIPAL	4
1.3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4.	JUSTIFICACIÓN DEL INFORME DE SUFICIENCIA	5
1.5.	ALCANCE DEL INFORME DE SUFICIENCIA	8
<b>CAPITULO 2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1.	GENERALIDADES	9
2.2.	PUENTE GRÚA	11
2.2.1.	Principio de Funcionamiento	11
2.2.2.	Tipos de puentes grúa	12
2.2.3.	Componentes y partes	14
2.3.	DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LA NORMA F.E.M.	16
2.3.1.	Tiempo Medio de Funcionamiento	18
2.3.2.	Espectro de carga	18
2.3.3.	Comparación de las normas usadas para clasificar puentes grúa	20
2.4.	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS	21
2.4.1.	Ganchos de carga	21
2.4.2.	Cables de izaje	23
2.4.3.	Poleas	26

2.4.4. Tambor de izaje	29
2.4.5. Aparejos	33
2.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS	47
2.5.1. Motores eléctricos de izaje	47
2.5.2. Motores eléctricos de traslación	49
2.5.2. Frenos	50
2.6. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	53
2.6.1. Materiales	54
2.6.2. Criterios de Diseño	55
2.6.3. Tipos de solicitudes	55
2.6.2. Determinación de combinación de solicitudes	58
2.7. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PARÁMETROS COMERCIALES	60
2.7.1. Criterio de costo por unidad de peso	60
2.7.2. Criterio de consumo de potencia	60
2.7.3. Criterio de operación y mantenimiento	61
<b>CAPITULO 3 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DEL INFORME</b>	<b>62</b>
3.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	62
3.2. FLUJO DE PROCESOS	64
<b>CAPITULO 4 CONCEPTO Y RESULTADO DEL CASO DE ESTUDIO</b>	<b>69</b>
4.1. DEFINIR CASO DE ESTUDIO	69
4.2. PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	70
4.3. RESULTADOS COMPARATIVOS DEL CASO DE ESTUDIO	71

<b>CAPITULO 5 ANALISIS ECONÓMICO DE LOS RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO</b>	<b>95</b>
5.1. IMPACTO ECONÓMICO DEL CASO ESTUDIO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA.	95
5.3. IMPACTO ECONÓMICO DEL CASO ESTUDIO EN MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.	96
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>98</b>
6.1. Conclusiones del Informe de Suficiencia	98
<b>ANEXOS</b>	<b>100</b>
<b>APENDICE</b>	<b>98</b>

## **INDICE DE FIGURAS**

## **CAPITULO 2    MARCO TEÓRICO**

FIGURA 2.1. Puente grúa birriel

FIGURA 2.2. Puente grúa monorriel

FIGURA 2.3. Puente grúa suspendida

FIGURA 2.4. Grúa Pórtico

FIGURA 2.5. Grúa semipórtico

FIGURA 2.6. Partes de Polipasto

FIGURA 2.7. Vigas testeras apoyadas y suspendidas

FIGURA 2.8. Tipos de puentes grúa

FIGURA 2.9. Espectros de Carga

FIGURA 2.10. Dimensiones de Ganchos según DIN 15401-15402

FIGURA 2.11. Tipos de Aparejos

FIGURA 2.12. Coeficientes H2

FIGURA 2.13. Dimensiones Generales de Poleas según DIN 15020

FIGURA 2.14. Dimensiones nominales de tambores para polipastos

FIGURA 2.15. Aparejos de una polea según DIN 15411

FIGURA 2.16. Aparejos de dos poleas según DIN 15411

FIGURA 2.17. Aparejos de cuatro poleas según DIN 15411

FIGURA 2.18. Aparejos de seis poleas según DIN 15411

FIGURA 2.19. Aparejos de ocho poleas según DIN 15411

FIGURA 2.20. Ubicación de frenos de izaje tipo electromagnético

FIGURA 2.21. Dimensiones estándares de frenos electromagnéticos

## **CAPITULO 3    PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DEL INFORME**

FIGURA 3.1. Componentes generales para matriz de selección

FIGURA 3.2. Cuestionario para la selección de componentes

FIGURA 3.3. Puntaje total de matriz de selección

FIGURA 3.4. Flujo de proceso Matriz de selección

#### **CAPITULO 4 CONCEPTO Y RESULTADO DEL CASO DE ESTUDIO**

FIGURA 4.1. Dimensiones de gancho de izaje para FEM 2m

FIGURA 4.2. Dimensiones de gancho de izaje para FEM 4m

FIGURA 4.3. Aparejo 4/1 para FEM 2m

FIGURA 4.4. Aparejo 4/1 para FEM 4m

FIGURA 4.5. Gancho dos poleas FEM 2m

FIGURA 4.6. Gancho dos poleas FEM 4m

FIGURA 4.7. Tipo de freno para FEM 2m

FIGURA 4.8. Tipo de freno para FEM 4m

FIGURA 4.9. Perfil de viga cajón para FEM 2m

FIGURA 4.10. Perfil de viga cajón para FEM 4m

## INDICE DE TABLAS

### **CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN**

TABLA 1.1. Tipos de clasificación de puentes grúa según normas F.E.M.

TABLA 1.2. Estimación de Proyectos con puentes grúa en Perú para 2013.

TABLA 1.3. Estimación de Proyectos con puentes grúa en Perú para 2014.

TABLA 1.4. Estimación de Proyectos con puentes grúa en Perú para 2015.

TABLA 1.5. Estimación de Proyectos con puentes grúa en Perú para 2016.

### **CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO**

TABLA 2.1. Relación período de vida del equipo de acuerdo a la clase de servicio F.E.M.

TABLA 2.2. Determinación de Clase de servicio según F.E.M.

TABLA 2.3. Comparación de normas aplicadas para selección de puentes grúa

TABLA 2.4. Tipos de ganchos de izaje de acuerdo a la norma DIN

TABLA 2.5. Dimensiones de ganchos de izaje según DIN 15401 y 15402

TABLA 2.6. Valores Coeficiente  $K_c$

TABLA 2.7. Tipos de aparejos según normas F.E.M.

TABLA 2.8. Rendimiento mecánico del aparejo según normas F.E.M.

TABLA 2.9. Formas constructivas típicas de cables de acero según norma DIN

TABLA 2.10. Factores de seguridad  $Z_p$  de acuerdo a la norma F.E.M.

TABLA 2.11. Valores de coeficientes  $h_1$  para poleas de acuerdo a la norma DIN

TABLA 2.12. Parámetro  $W$  típicos según norma FEM

TABLA 2.13. Valores de coeficientes  $h_2$  para poleas de acuerdo a la norma DIN

TABLA 2.14. Características dimensionales de tambores de izaje

TABLA 2.15. Valores experimentales para espesores de pared de tambor con  $\sigma=80\text{MPa}$

TABLA 2.16. Valores experimentales para espesores de pared de tambor con  $\sigma=160\text{MPa}$

TABLA 2.17. Valores experimentales para espesores de pared de tambor con  $\sigma=240\text{MPa}$

TABLA 2.18. Características técnicas de aparejos de una polea según DIN 15411

TABLA 2.19. Características técnicas de aparejos de dos poleas según DIN 15411

TABLA 2.20. Características técnicas de aparejos de cuatro poleas según DIN 15411

TABLA 2.21. Características técnicas de aparejos de seis poleas según DIN 15411

TABLA 2.22. Características técnicas de aparejos de ocho poleas según DIN 15411

TABLA 2.23. Características técnicas de motores de izaje

TABLA 2.24. Factor de Marcha para motores de elevación según norma F.E.M.

TABLA 2.25. Par de frenado para frenos electromagnéticos

TABLA 2.26. Período de vida de mecanismos de izaje según norma F.E.M.

TABLA 2.27. Factor de servicio para puentes grúa según norma F.E.M.

TABLA 2.28. Clasificación General de clases de servicio según norma F.E.M.

TABLA 2.29. Especificaciones de material para puentes grúa A36

TABLA 2.30. Valores experimentales de aceleración de puentes grúa

TABLA 2.31. Factor de diseño para puentes grúa, Coeficiente M

### **CAPITULO 3 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DEL INFORME**

TABLA 3.1. Matriz de consistencia

### **CAPITULO 4 CONCEPTO Y RESULTADO DEL CASO DE ESTUDIO**

TABLA 4.1. Características principales del Caso de estudio



TABLA 4.2. Clase de servicio según norma F.E.M del Caso de estudio

TABLA 4.3. Parámetros de comparación del Caso de estudio

## PROLOGO

En la actualidad la industria Peruana pasa por un período de transformación tecnológica el cual tiene como principal punto de partida el crecimiento económico de la industria extractiva primaria y la construcción masiva en el país. Esta transferencia tecnológica implica modernizar y aumentar la producción de cada industria, y en ese sentido los puentes grúa son equipos con gran demanda.

El capítulo primero trata de justificar el informe considerando la situación actual de la metodología de selección de puentes grúa, y asimismo las proyecciones de inversión para estos equipos en distintas industrias para los próximos 4 años.

El segundo capítulo es un resumen de la teoría de selección y clasificación de componentes para puentes grúa basada en la norma de la Federación Europea de la Manufactura (F.E.M.). Usando esta teoría se podrá comprender de mejor manera las diferencias técnicas entre las clase de servicio existentes para puentes grúa que nos brinda esta norma.

El tercer capítulo es una guía para identificar las características técnicas necesarias y así aplicar la norma F.E.M. en los distintos casos de selección de puentes grúa que se tienen en los proyectos de ingeniería.

El cuarto capítulo establece el caso de estudio con el cual se compara las distintas características técnicas y comerciales de dos clases distintas de servicio para puentes grúa. Esta comparación nos muestra las diferencias tangibles entre dos clases de servicio distintas aún si se trata de un puente grúa de una misma capacidad.

El quinto capítulo es el análisis económico de esta comparación y cómo afecta la decisión de optar por una clase de servicio de puentes grúa en los proyectos y operaciones industriales.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La industria Peruana pasa por un cambio generacional en el campo de la tecnología y dirección de empresas. Estos cambios se desarrollan en una coyuntura económica positiva del país logrando así ampliar los volúmenes de venta, y asimismo desarrollar nuevos negocios en mercados emergentes.

Estos cambios y proyecciones conllevan a las empresas industriales a buscar proveedores especializados y también a contar con personal capacitado capaz de desenvolverse en estos nuevos entornos de las empresas.

Los puentes grúa, como equipos de manipuleo de cargas, se convierte entonces en una máquina fundamental para cualquier tipo de industria y por consiguiente es necesario capacitarse en estos equipos.

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Un puente grúa es considerado un equipo electromecánico dinámico cuya función es elevar y transportar cargas dentro de un espacio limitado.

En la actualidad se tienen 02 grandes teorías sobre la selección y clasificación de puentes grúa, las cuales son especificadas por la Federación Europea de Manufactura (F.E.M.) y la Asociación Americana de Fabricantes de Grúas (CMAA). Sin embargo

ambas teorías son poco conocidas y muchas veces los encargados de seleccionar los puentes grúa para una planta o proyecto obvian este paso asumiendo que un puente grúa es un equipo secundario sin mayor relevancia dentro de su programa de inversión.

Una incorrecta selección en puentes grúa podría significar por un lado un menor tiempo de vida útil del equipo, y por otro un sobre costo del equipo durante la inversión inicial.

## **1.2. OBJETIVO PRINCIPAL**

Analizar técnica y económicamente la selección de puentes grúa en proyectos de ingeniería según norma de la federación europea de la manufactura haciendo uso de un caso estudio para reducir las deficiencias técnicas y comerciales durante el período de inversión y operación producto de una incorrecta selección de puentes grúa.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Brindar al lector una guía básica para poder seleccionar la clasificación de un puente grúa bajo la norma F.E.M. conociendo además las diferencias técnicas y económicas de la elección tomada.

Conocer las implicancias de la elección de la clase de servicio de un puente grúa en el desarrollo de proyectos de inversión, mantenimiento y operación de unidades industriales.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a las normas FEM se tienen las siguientes clasificaciones de puentes grúa:

**TABLA 1.1. Tipos de clasificación de puentes grúa según norma FEM**

FEM 1Bm	FEM 1Am	FEM 2m	FEM 3m	FEM 4m
---------	---------	--------	--------	--------

El concepto principal de la norma FEM es que mientras mayor sea la clasificación del puente grúa, es mayor el tiempo de vida esperado del mismo. Esto se debe a mayores tolerancias en la fabricación de los componentes tales como tamaño de ruedas, diámetros de ejes de transmisión, potencia de los motores, sistemas de refrigeración de los motores, diámetros del cable de acero, tamaño del tambor, esbeltez del bastidor, tamaño del gancho.

A consecuencia de esto, se deduce que el monto de inversión del equipo es mayor mientras mayor sea la clasificación del puente grúa.

En muchos casos se ha detectado errores al seleccionar el puente grúa.

- En caso se presupueste un equipo de menor clasificación para la aplicación real, se tiene un desgaste prematuro y con mayor frecuencia de los componentes, mayores paralizaciones del equipo por mantenimiento y lucro cesante por paralización de la grúa en casos que estas sean de producción. Todo esto aumenta el gasto operativo y de mantenimiento anual de la planta.

- En caso se presupueste un equipo de mayor clasificación para la aplicación real, se tienen sobre costos alrededor del 50% a 60% del valor del puente grúa bien seleccionado.

A continuación se muestra el promedio del mercado de puentes grúa para los siguientes cuatro años.

Los campos se dividen por sector productivo y los valores de equipos por proyecto se estiman de acuerdo a la experiencia adquirida en este campo.

**TABLA 1.2.** Estimaciones de Proyectos con Puentes Grúa en Perú - 2013

<b>ESTIMACIÓN 2013</b>	<b>MINERIA</b>	<b>HIDROCARBUROS</b>	<b>ENERGIA</b>	<b>PETROLEO</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>PETROQUÍMICA</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>INDUSTRIA</b>	<b>AGROINDUSTRIA</b>	<b>TOTAL</b>
N° grúas / proyecto	10	3	1	3	5	3	4	2	2	
N° de proyectos	3	3	4	0	1	0	4	18	4	
<b>N° de grúas totales</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>108</b>
Peso / grúa	20	14	40	10	16	10	30	15	13	
Peso / proyecto	200	42	40	30	80	30	120	30	26	
<b>Peso total</b>	<b>600</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>480</b>	<b>540</b>	<b>104</b>	<b>2090</b>
Precio USD/ grúa	0.18	0.23	0.5	0.12	0.18	0.14	0.25	0.1	0.17	mills
<b>Precio total USD</b>	<b>5.4</b>	<b>2.07</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3.6</b>	<b>1.36</b>	<b>19.33 mills</b>

**TABLA 1.3. Estimaciones de Proyectos con Puentes Grúa en Perú - 2014**

<b>ESTIMACIÓN 2014</b>	MINERIA	HIDROCARBUROS	ENERGIA	PETROLEO	CEMENTO	PETROQUÍMICA	CONSTRUCCIÓN	INDUSTRIA	AGROINDUSTRIA	TOTAL
N° grúas / proyecto	10	3	1	3	4	3	4	2	2	
N° de proyectos	4	2	3	1	0	0	6	16	2	
<b>N° de grúas totales</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>112</b>
Peso / grúa	20	14	40	10	16	10	30	15	13	
Peso / proyecto	200	42	40	30	64	30	120	30	26	
<b>Peso total</b>	<b>800</b>	<b>84</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>720</b>	<b>480</b>	<b>52</b>	<b>2286</b>
Precio USD/ grúa	0.18	0.23	0.5	0.12	0.18	0.14	0.25	0.1	0.17	mills
<b>Precio total USD</b>	<b>7.2</b>	<b>1.38</b>	<b>1.5</b>	<b>0.36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>3.2</b>	<b>0.68</b>	<b>20.32 mills</b>

**TABLA 1.4. Estimaciones de Proyectos con Puentes Grúa en Perú - 2015**

<b>ESTIMACIÓN 2015</b>	MINERIA	HIDROCARBUROS	ENERGIA	PETROLEO	CEMENTO	PETROQUÍMICA	CONSTRUCCIÓN	INDUSTRIA	AGROINDUSTRIA	TOTAL
N° grúas / proyecto	10	3	1	3	5	3	4	2	2	
N° de proyectos	5	1	3	1	1	1	4	13	1	
<b>N° de grúas totales</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>111</b>
Peso / grúa	20	14	40	10	16	10	30	15	13	
Peso / proyecto	200	42	40	30	80	30	120	30	26	
<b>Peso total</b>	<b>1000</b>	<b>42</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>480</b>	<b>390</b>	<b>26</b>	<b>2198</b>
Precio USD/ grúa	0.18	0.23	0.5	0.12	0.18	0.14	0.25	0.1	0.17	Mills
<b>Precio total USD</b>	<b>9</b>	<b>0.69</b>	<b>1.5</b>	<b>0.36</b>	<b>0.9</b>	<b>0.42</b>	<b>4</b>	<b>2.6</b>	<b>0.34</b>	<b>19.81 mills</b>



**TABLA 1.5.** Estimaciones de Proyectos con Puentes Grúa en Perú - 2016

<b>ESTIMACIÓN 2016</b>	<b>MINERIA</b>	<b>HIDROCARBUROS</b>	<b>ENERGIA</b>	<b>PETROLEO</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>PETROQUIMICA</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>INDUSTRIA</b>	<b>AGROINDUSTRIA</b>	<b>TOTAL</b>
N° grúas / proyecto	10	3	1	3	4	3	4	2	2	
N° de proyectos	3	1	4	1	2	1	4	11	0	
<b>N° de grúas totales</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>89</b>
Peso / grúa	20	14	40	10	16	10	30	15	13	
Peso / proyecto	200	42	40	30	64	30	120	30	26	
<b>Peso total</b>	<b>600</b>	<b>42</b>	<b>160</b>	<b>30</b>	<b>128</b>	<b>30</b>	<b>480</b>	<b>330</b>	<b>0</b>	<b>1800</b>
Precio USD/ grúa	0.18	0.23	0.5	0.12	0.18	0.14	0.25	0.1	0.17	Mills
<b>Precio total USD</b>	<b>5.4</b>	<b>0.69</b>	<b>2</b>	<b>0.36</b>	<b>1.44</b>	<b>0.42</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>0</b>	<b>16.51 mills</b>

Se puede apreciar que el promedio de monto de inversión en el Perú en puentes grúa para los siguientes 04 años bordea los 18.5 millones de dólares americanos por año.

En ese sentido la correcta selección de estos equipos implicaría ahorros significativos para la inversión y por otro lado la confiabilidad del equipo durante etapa de producción.

### 1.5. ALCANCE

El presente estudio implica el análisis técnico económico del método de selección de puentes grúa bajo las normas FEM, el cual incluye un ejemplo de selección y asimismo ficha técnica de los principales componentes de 02 equipos de la misma capacidad de carga pero con diferente clasificación.

Los datos presentados corresponden a información de diversos fabricantes de componentes para puentes grúa, recopilación de noticias sobre el tema en medios de comunicación especializada y la experiencia propia del autor.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. GENERALIDADES**

Los equipos de izaje en general son máquinas de carácter dinámico y funcionamiento discontinuo destinadas a elevar y transportar cargas.

Estas máquinas pueden ser observadas desde los inicios de la historia humana, por ejemplo el uso de palancas y rodillos en planos inclinados en el antiguo Egipto, o los primeros elevadores de palanca utilizados en China e India en los siglos XXII a.C. para elevar agua.

En la antigua Grecia existió un notable avance en el uso de elementos de izaje tales como la polea para el ámbito naval y el teatro. Los romanos desarrollaron aún más estas teorías llevándola hacia ámbitos más prácticos para la sociedad tales como la salubridad, industria vinícola, industria naval y para fines militares.

Durante la edad media alcanzó gran desarrollo en áreas como la navegación, el comercio, la industria minera y metalurgia. Esta era también dio origen a nuevos sistemas tales como las grúas en columnas (astilleros y puertos) y grúas puente con el uso de cables trenzados de madera para la construcción de grandes edificios y monumentos de la época.

Para la edad industrial, el uso de la máquina de vapor y el de la energía eléctrica dio in giro revolucionario al uso de los equipos de izaje. Las nuevas tecnologías en la producción de hierro y acero anunciaban un futuro de estructuras rígidas y de mayor resistencia. El uso de casquillos de bronce como elemento antifricción mejoraban y daban mayor tiempo a los mecanismos.

Con estos avances tecnológicos era posible elevar cargas de hasta 50ton, principalmente en las áreas portuarias e industriales.

En la actualidad los equipos de izaje se aplican casi en todos los sectores productivos y la tecnología usada amplia aún más el tiempo de vida útil de estas máquinas considerando como factor primordial el uso eficiente de la energía.

## **2.2. PUENTES GRÚA**

### **2.2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Un puente grúa es un tipo de equipo de izaje compuesto por una viga, simple cuyos extremos están apoyados en dos carriles respectivamente, dispuestos de tal manera que cumplan con los movimientos de izaje, transversal y longitudinal.

El movimiento longitudinal se lleva a cabo mediante la traslación de la viga puente o viga principal a través de dos carriles elevados cuya longitud es igual a la longitud total del recorrido.

El movimiento transversal se realiza mediante un polipasto o carro montado sobre uno o dos vigas puente.

El movimiento de izaje o vertical se ejecuta a través del mecanismo de elevación instalado en el carro.

### 2.2.2. TIPOS DE PUENTE GRÚA

Algunos tipos de grúas que podemos encontrar en el ámbito industrial son:

Puentes grúa de dos bigas o birriel

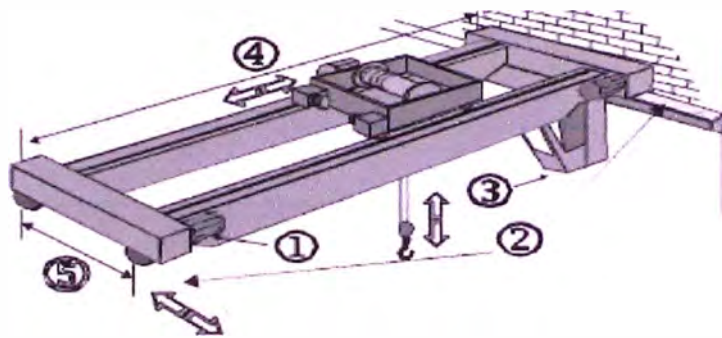


FIGURA 2.1. Puente grúa Birriel

Puentes grúa de una viga o monorriel



FIGURA 2.2. Puente grúa Monorriel

## Puentes grúa suspendidos

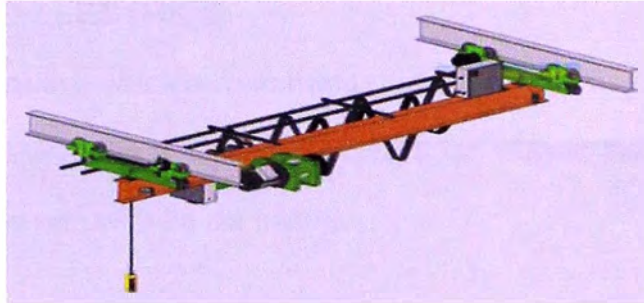


FIGURA 2.3. Puente grúa Suspendido

## Pórticos grúa

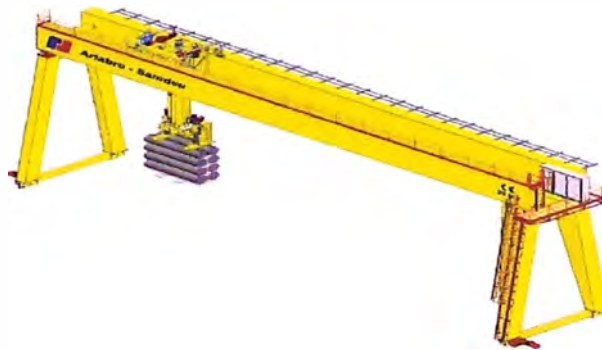


FIGURA 2.4. Grúa Pórtico

## Semi-pórticos grúa



FIGURA 2.5. Grúa SemiPórtico

## 2.2.3. COMPONENTES Y PARTES

### 2.2.3.1. POLIPASTO ELÉCTRICO

El polipasto es una maquina electro-mecánica que hace uso del principio de elevación por poleas (reducir la fuerza para levantar objetos de mayor peso) con el objetivo de manipular cargas dentro de un área de trabajo.

Estos equipos son accionados mediante un motor eléctrico, el cual transfiere velocidad RPM y un torque inicial al reductor de potencia quien amplifica este torque gracias a sus árboles de engranajes. En el eje de salida del reductor se acopla el tambor ranurado que gira de acuerdo a las RPM provenientes de la salida del reductor. Finalmente en el tambor ranurado se deposita el cable de acero que guiado a través de poleas produce el efecto de izaje requerido.

En la figura 2.1. se identifican 03 áreas o componentes principales los cuales son definidos por la norma FEM como sigue:

Motor eléctrico

Freno electromagnético (Pos 11)

Ventilador (Pos 12)

Motor eléctrico (Pos 10)

Reductor de potencia (Pos 9)

Sistema mecánico de izaje

Tambor (Pos 7)

Guía de cable (Pos 4)

Cable de acero (Pos 5)

Pasteca o gancho

En el siguiente gráfico observamos el detalle de las partes mencionadas.

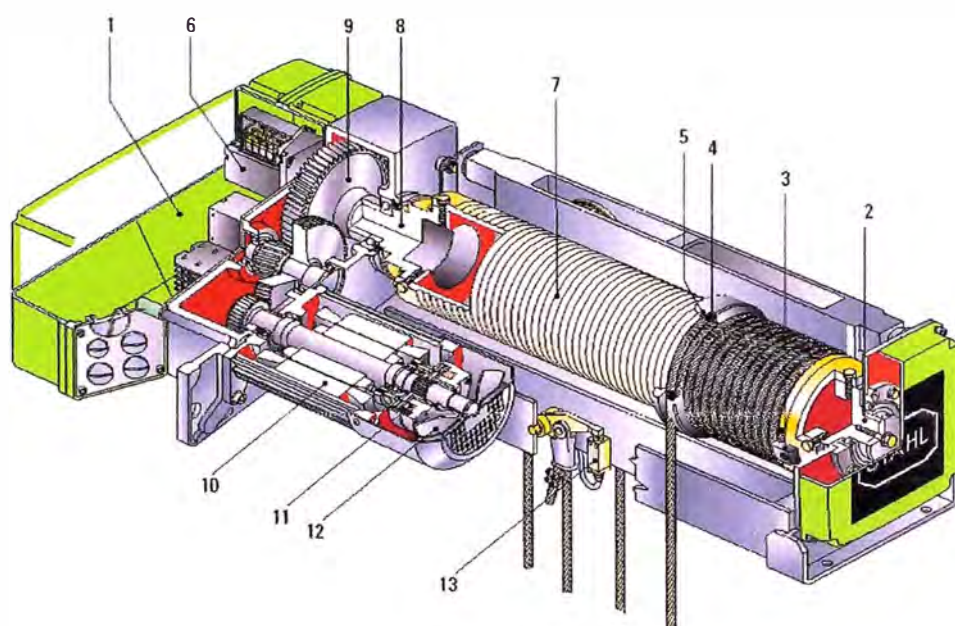


FIGURA 2.6. Partes de polipasto

### 2.2.3.2. VIGAS TESTERAS

Las vigas testeras son elementos estructurales motorizados el cual realiza el movimiento de traslación longitudinal del puente grúa. Las vigas puente son apoyadas en estas vigas testeras.

**Testero para grúas apoyadas**



**Testero para grúas suspendidas**

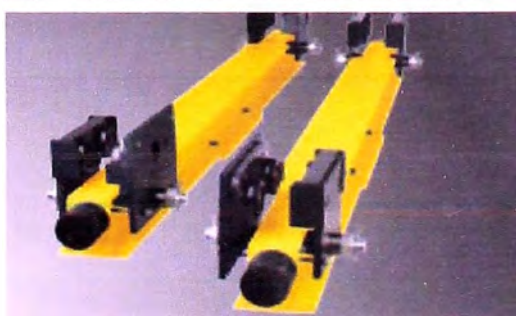


FIGURA 2.7. Vigas Testera Apoyadas y Suspendidas



### 2.2.3.3. VIGAS PUENTE

Son los elementos estructurales encargados de soportar la carga a ser levantada. El diseño es basado en vigas tipo perfil o en vigas tipo cajón, dependiendo de la capacidad de carga, longitud y tipo de servicio.

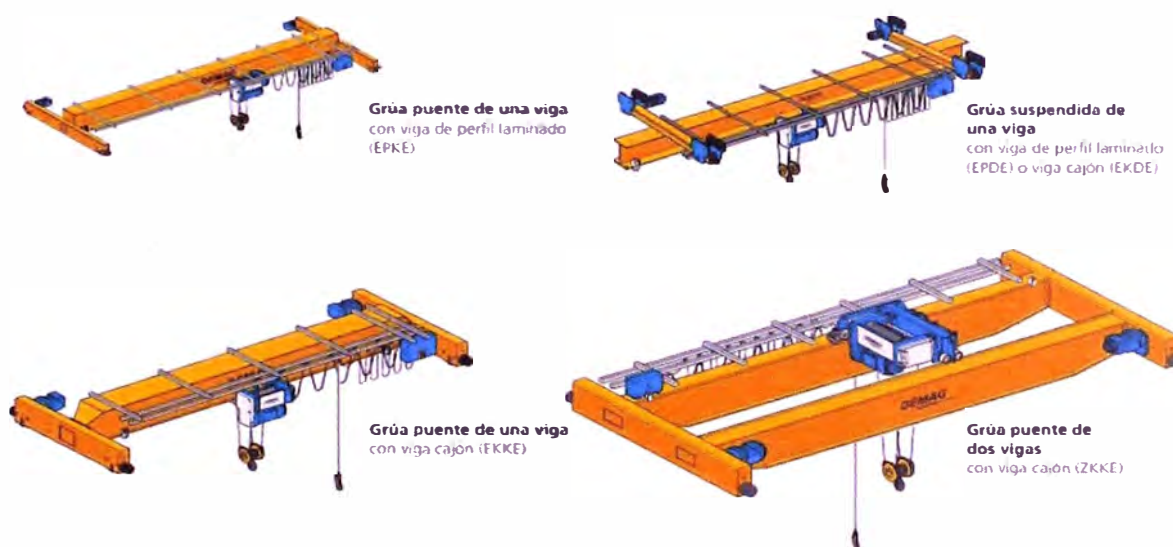


FIGURA 2.8. Tipos de puentes grúa

### 2.3. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LA NORMA F.E.M. (Federación Europea de la Manufactura)

Las normas F.E.M. (Federación Europea de la Manufactura) son un conjunto de criterios desarrollados por los fabricantes de equipos de izaje en Europa para el diseño de diferentes mecanismos de elevación de cargas.

Para el rubro de polipastos y puentes grúa, la norma FEM tienen criterios de diseño y selección dividida en sub grupos tales como:

FEM 1.001 Reglas para el diseño de polipastos

FEM 1.002 Terminología utilizada en los equipos pesados de elevación

FEM 9.001 Terminología equipos de elevación

FEM 9.101 Terminología y definiciones

FEM 9.341 Esfuerzos locales en vigas puente

FEM 9.511 Clasificación de los mecanismos

FEM 9.661 Dimensiones y diseño de los componentes de enrollamiento de cable

FEM 9.671 Calidad de las cadenas. Selección y requerimientos

FEM 9.682 Selección de los motores de elevación

FEM 9.811 Especificaciones del polipasto eléctrico

En este ámbito, la norma FEM define el tiempo de vida a plena carga de los polipastos y puentes grúa como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Relación Período de vida del equipo de acuerdo a la clase de servicio F.E.M.

CLASE DE SERVICIO		Tiempo de vida a plena carga
FEM	ISO	
5m	M8	12,500 h
4m	M7	6300 h
3m	M6	3200 h
2m	M5	1600 h
1Am	M4	800 h
1Bm	M3	400h
1Cm	M2	200 h

### 2.3.1. TIEMPO MEDIO DE FUNCIONAMIENTO

El tiempo medio de funcionamiento ( $t$ ) es una fórmula empírica desarrollada en la norma F.E.M del cual resulta el tiempo esperado de trabajo de un polipasto a carga nominal en un día.

FORMULA EMPÍRICA:

$$t = \frac{2 * H * N * T}{V * 60}$$

Donde:

$H$  = Altura media de elevación [m]

$N$  = Numero de ciclos por hora [ciclos/h]. Un ciclo consiste en un movimiento de elevación y otro de descenso

$T$  = Tiempo de trabajo [h]

$V$  = velocidad de elevación [m/min]

### 2.3.2. ESPECTRO DE CARGA

La norma F.E.M. nos define los tipos de trabajo a los que está expuesto un polipasto.

Estos tipos de trabajo se basan en el ensayo y pruebas a lo largo de los años, y se definen espectros de carga ligeros, medios, pesados y muy pesados los cuales corresponden al porcentaje de carga versus la frecuencia de trabajo del puente grúa.

La figura 2.9 muestra espectros de carga los cuales relacionan el porcentaje de tiempo de funcionamiento con el porcentaje de carga del equipo.

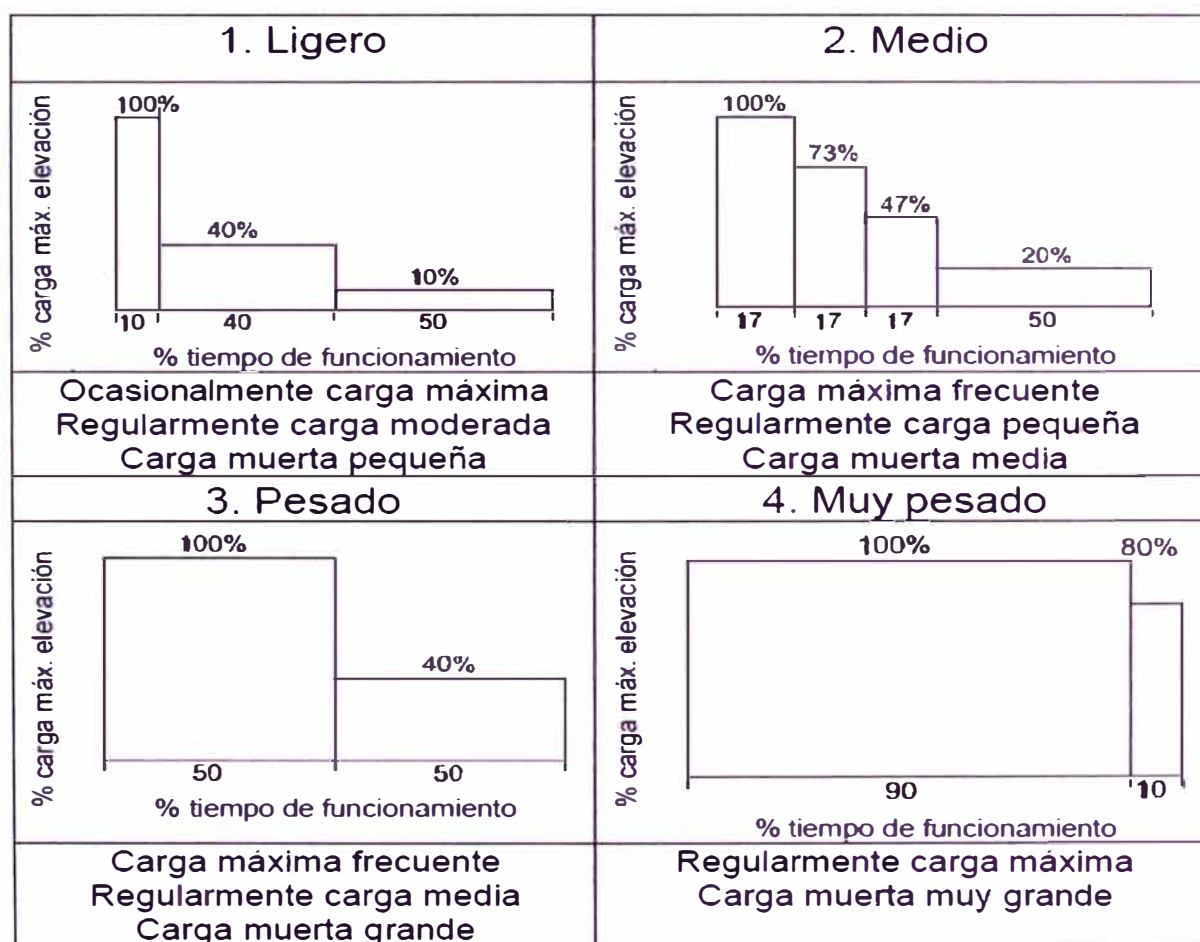


FIGURA 2.9. Espectros de Carga

El grupo de trabajo se determina usando los valores obtenidos en el tiempo de funcionamiento y el tipo de espectro de carga.

La tabla 2.2. muestra la clase de servicio seleccionada de acuerdo al procedimiento que establece la norma F.E.M.

TABLA 2.2. Determinación de clase de servicio

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento UNE/ISO/FEM (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
Ligero			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
Medio		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Pesado	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
Muy pesado	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

### 2.3.3. COMPARACIÓN DE LAS NORMAS USADAS PARA CLASIFICAR PUENTES GRÚA

La normatividad usada para seleccionar puentes grúa varía dependiendo de la ubicación geográfica desde donde se diseñe o construya el equipo. Por ejemplo en Estados Unidos de Norteamérica se tiene la norma C.M.A.A. (Crane Manufacturers American Association), en Europa la norma F.E.M.

En el Perú no existe una normatividad particular para el diseño y construcción de puentes grúa, por lo tanto adoptamos las normas CMAA y la norma F.E.M. como patrones para este efecto.

La tabla 2.3 muestra la comparación y equivalencias entre estas normas.

TABLA 2.3. Comparación de normas aplicadas para selección de puentes grúa

### Comparison of FEM, HMI and CMAA Classifications

Hoist Classification			Corresponding crane class		Typical application
FEM	HMI	ISO	CMAA	DIN 15018 and sim.	Example
1Cm	H1	M2	Class A	H1/B2	Maintenance crane in machine house. Used only occasionally.
1Bm	H2	M3	Class B	H1/B2	Light duty work shop crane, single shift operation, low average loads. Maximal load lifted occasionally.
1Am	H3	M4	Class C	H2/B3	Light/Medium duty work shop crane, single shift operation, medium average loads. Occasional lifting of max load.
2m	H4	M5	Class D	H2/B3	Medium/heavy duty work shop crane, 1 or 2 shift operation. Regular medium and heavy loads.
3m	H4	M6	Class D	H2/B3 or H3/B4	Heavy duty crane, 2 shift operation. Nominal load regularly lifted. Traverse or other dead loads below the hook.
4m	H4 or H5	M7	Class D or Class E	H3/B4 or H4/H6	Very heavy duty crane, 2-3 shift operation, grab or magnet below the hook. Regular heavy loads.

## 2.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS DE UN PUENTE GRÚA

### 2.4.1. GANCHO DE IZAJE

- Bajo la norma DIN se identifican 02 tipos de ganchos estándares.

TABLA 2.4. Tipos de gancho de izaje de acuerdo a la norma DIN

GANCHOS BAJO NORMA DIN 15401	GANCHO SIMPLE
GANCHOS BAJO NORMA DIN 15402	GANCHO DOBLE

La norma DIN 15400 define el material de construcción para ganchos de acero forjado ASt-52 Clase P. También se usan aceros aleados 34 CrMo4 o 34 CrNiMo6 (clases T y V)

Las dimensiones estándares DIN 15401 y DIN 15402 las mostramos en la siguiente tabla.

TABLA 2.5. Dimensiones de Ganchos según DIN 15401-15402

Clase P	Código		Tamanho	Dimensões											Peso Kg
	Clase T	Clase V		a1 mm	a2 mm	a3 mm	b1 mm	b2 mm	d1 mm	h1 mm	h2 mm	l1 mm	l0 mm	l2 mm	
139112PS	-	139112VS	012	30	24	34	19	15	16	22	19	-	108	-	0,4
139125PS	-	139125VS	025	36	26	41	22	19	20	28	24	-	125	-	0,8
139150PS	139150TS	-	05	43	34	49	29	24	24	37	31	-	152	-	1,6
140000PS	-	140000VS	1	50	40	57	38	32	30	48	40	197	-	-	3,2
140001PS	-	140001VS	1,6	56	45	64	45	38	36	55	48	224	-	-	4,5
140002PS	140002TS	140002VS	2,5	63	50	72	53	45	42	67	58	253	-	-	6,3
140004PS	140004TS	140004VS	4	71	56	80	63	53	48	80	67	285	-	-	8,8
140005PS	140005TS	140005VS	5	80	63	90	71	60	53	90	75	318	-	-	12,2
140005PS	140005TS	140005VS	5	80	63	90	71	60	53	90	75	-	366	-	16
140006PS	140006TS	140006VS	6	90	71	101	80	67	60	100	85	380	-	-	17
140406PS	140406TS	140406VS	6	90	71	101	80	67	60	100	85	-	525	-	24
140008PS	140008TS	140008VS	8	100	80	113	90	75	67	112	95	418	-	-	31
140408PS	140408TS	140408VS	8	100	80	113	90	75	67	112	95	-	618	-	35
140010PS	140010TS	140010VS	10	112	90	127	100	85	75	125	106	452	-	-	34
140410PS	140410TS	140410VS	10	112	90	127	100	85	75	125	106	-	652	-	43
140012PS	140012TS	140012VS	12	125	100	143	112	85	85	140	118	510	-	-	47
140412PS	140412TS	140412VS	12	125	100	143	112	85	85	140	118	-	710	-	57
140016PS	140016TS	140016VS	16	140	112	160	125	106	95	160	132	582	-	-	66
140416PS	140416TS	140416VS	16	140	112	160	125	106	95	160	132	-	782	-	75
140020PS	140020TS	140020VS	20	160	125	180	140	118	106	180	150	653	-	-	95
140420PS	140420TS	140420VS	20	160	125	180	140	118	106	180	150	-	853	-	110

La figura 2.10. nos detalla la vista de corte de los ganchos de acuerdo a la norma DIN.

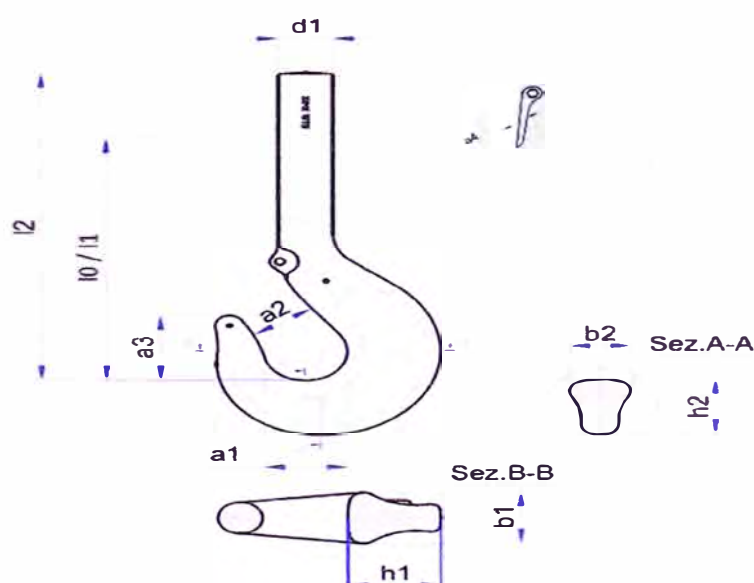


FIGURA 2.10. Dimensiones de ganchos de izaje según DIN 15401



### 2.4.2. CABLES DE ACERO

La norma DIN 15020 marca una regla para el dimensionamiento de los diámetros de cables de acero basadas en ensayos y experiencias prácticas, pero principalmente por la clasificación de trabajo de la máquina.

Se define: 
$$d = Kc \sqrt{S}$$

d: Diámetro del cable

Kc: Coeficiente por el grupo de trabajo

S: Tracción máxima obtenido por la siguiente formula:

$$S = \frac{Qu + Qes}{i + \eta}$$

Donde:

Qu: Carga máxima nominal del equipo

Qes: Pero propio del aparejo o bloque de gancho

i: Relación del aparejo, cantidad de ramales del equipo

$\eta$ : Rendimiento del aparejo

TABLA 2.6. Valores de Coeficientes Kc

COEFICIENTE Kc		
FEM	CABLE NORMAL	CABLE ANTIGIRATORIO
1 Bm	0,250	0,265
1 Am	0,265	0,280
2m	0,280	0,315
3m	0,315	0,335
4m	0,335	0,375
5m	0,375	0,425



## TIPOS DE APAREJO

La figura 2.11 nos muestra los diferentes tipos de aparejos que se pueden usar para el izaje de cargas.

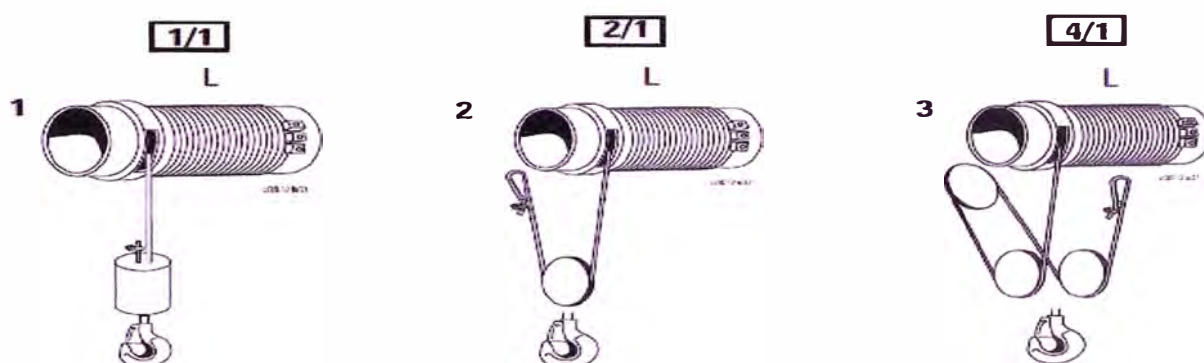


FIGURA 2.11. Tipos de aparejos

TABLA 2.7. Tipos de Aparejos según normas F.E.M.

UN RAMAL	DOS RAMALES	CUATRO RAMALES	SEIS RAMALES
1	2	3	4

- La tabla 2.8. nos indica el rendimiento mecánico experimental de acuerdo al aparejo seleccionado.

TABLA 2.8. Rendimiento mecánico de aparejos según norma F.E.M.

Nº DE RAMALES	2	3	4	5	6	7	8
RENDIMIENTO $\eta$	0,99	0,98	0,97	0,97	0,95	0,94	0,93

Existen formas constructivas típicas para los cables de acero. Estos son representados en la tabla 2.9:

TABLA 2.9. Formas constructivas típicas de cables de acero según DIN

DIAMETRO DE UTILIZACIÓN	COMPOSICIÓN DEL CABLE
8 a 25 mm	6 x 19 (1 + 6 + 12) + 1 alma textil
10 a 30 mm	6 x 37 (1 + 6 + 12 + 18) + 1 alma textil 6 x 36 (1 + 7 + 7.7 + 14) W.S. + 1 alma textil
20 a 40 mm	6 x 61 (1 + 6 + 12 + 18 + 24) + 1 alma textil 6 x 54 (1 + 6 + 9 + 9.9 + 18) W.S. + 1 alma textil

- De acuerdo a la norma F.E.M. se tiene factores de seguridad que dependen de la clase de servicio. Se define  $Z_p$  como el factor de servicio para selección de cables de acero tal como se observa en la tabla 2.10.

TABLA 2.10. Factores de seguridad  $Z_p$  de acuerdo a la norma F.E.M.

GRUPO F.E.M.	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMA $Z_p$	
	CABLE NORMAL	CABLE ANTIGIRATORIO
1Bm / M3	3.55	4
1Am / M4	4	4.5
2m / M5	4.5	5.6
3m / M6	5.6	7.1
4m / M7	7.1	9
5m / M8	9	11.2

Donde:

$$Z_p \geq \frac{F_0}{S}$$

Zp: factor de seguridad

F0= Carga mínima de rotura

S= Tracción máxima en el cable

### 2.4.3.POLEAS DE IZAJE

La norma DIN 15020 define las poleas de acero laminado provistas de rodamientos.

Se presta especial atención a la forma de la garganta. El radio de fondo  $r=0,54d$  condiciona en gran medida la vida del cable, que será máximo si hay un buen asentamiento del cable sobre la garganta de la polea.

El diámetro primitivo de la polea (D) se determina verificando la relación:

$$D_{polea} \geq d_1 * h_1 * h_2$$

Dónde:

d1: diámetro del cable

h1: coeficiente dependiente del grupo de clasificación de la máquina de acuerdo a la norma FEM. Estos valores se muestran en tabla 2.11.

TABLA 2.11. Valores de coeficientes h1 para poleas de acuerdo a normas DIN

VALORES DE COEFICIENTE h1						
GRUPO	CABLE NORMAL			CABLE ANTIGIRATORIO		
FEM / DIN	POLEA DE CABLE	POLEA DE RETORNO	TAMBOR	POLEA DE CABLE	POLEA DE RETORNO	TAMBOR
M3 / 1Bm	16	12,5	16	18	14	16
M4 / 1Am	18	14	16	20	16	18
M5 / 2m	20	14	17	22,4	16	20
M6 / 3m	22,4	16	20	25	18	22,4
M7 / 4m	25	16	22,4	28	18	25
M8 / 5m	28	18	25	31,5	20	28

h2: coeficiente dependiente del montaje del cable y poleas en el polipasto.

Los valores de h2 para poleas de retorno y tambor es 1.

Para las poleas de cable, el valor h2 depende del parámetro W, el cual se define en función del número de poleas y/o giros por las que pasa el cable como sigue:

TABLA 2.12. Parámetro W típicos según F.E.M.

W=1	Para el paso del cable por el tambor
W=2	Para el paso del cable por una polea sin invertir el sentido de su enrollamiento.
W=3	Para el paso del cable por una polea la cual invierte el sentido de su enrollamiento
$W_{tot}=W1+W2+W3$	$W_{tot}$ : valor total

Por lo tanto los coeficientes h2 estandarizados son:

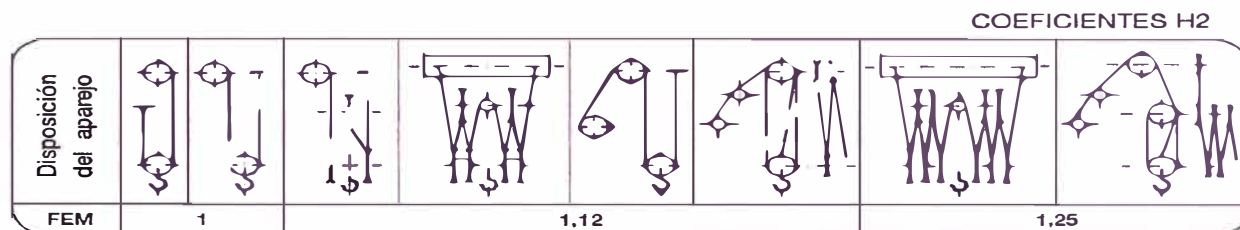


FIGURA 2.12. Coeficiente H2

- Finalmente los valores h2 resultantes se muestran en la tabla 2.13.

TABLA 2.13. Valores de coeficientes h2 para poleas de acuerdo a norma DIN

Wtot	≤ 5	6 a 9	>10
h2	1	1,12	1,25

- Las dimensiones principales de poleas de acuerdo a la norma DIN se muestran en la figura 2.13.

**B061**

Seilrollen		Rope sheaves		Poulies							
Ød1	Seil Rope Cable Ø	P *2 max.	[mm]			Lager Bearings Roulement à billes	Werkstoff Material Materiel	[kg]	Bestell-Nr. Order no. No. de com.		
[mm]	[mm]	[kg]	b	b1	Ød	Ød2	R			DIN 625	
100 *	4,0-5,5	1000	26	21	25	120	3	2x 6005-2RS	EN-GJL-250	1,0	01 430 01 53 0 01 430 04 53 0
101	6,0-6,5										
125	6,5-7,0	1600	28	23	30	149	3,7	2x 6006-2Z	EN-GJL-250	1,6	01 430 00 53 0
154	6,0-7,5	3200	32,5	28	45	193	4,0	2x 6009-2Z	EN-GJL-250	2,5	01 430 06 53 0
160	7,5-10,0	3200	32,5	28	45	193	5,6	2x 6009-2Z	EN-GJL-250	2,5	03 330 20 53 0 01 430 06 53 0
152	6,0-7,5										
225	12,0-12,5	6300	43	39	50	267	6,8	2x 6210-Z	EN-GJL-250	7	01 430 03 53 0 01 430 05 53 0
218	9,0-10,0	5000					5,3				
250	12,0-15,0	8000	50	45	60	300	8,4	2x 6212-2Z	EN-GJL-250	9,7	03 330 40 53 0
365	13,0-16,0	12500	64	60	70	443	8,5	2x 6214-Z	EN-GJL-250	21,2	03 330 69 53 0
375	16,5-20,0	12500	64	60	70	443	11,5	2x 6214-Z	EN-GJL-250	21,2	25 330 00 53 0

FIGURA 2.13. Dimensiones Generales de Poleas según DIN 15020

#### 2.4.4. TAMBOR DE IZAJE

La norma DIN 15061 establece los perfiles de garganta basándose en las diferencias admisibles para los diámetros nominales del cable.

La longitud de los tambores debe ser tal que en la posición inferior del gancho quede al menos 2 a 3 espiras muertas, a fin de que refuercen la fijación del cable e impidan que la carga queda colgado directamente de esta.

Luego de ensayos y pruebas en equipos de izaje, se determinan algunas características dimensionales del tambor siempre y cuando sean fabricados por soldadura y/o fundición.

La siguiente tabla muestra algunos de estos valores los cuales dependen del diámetro del cable de acero seleccionado.

TABLA 2.14. Características dimensionales de tambores de izaje.

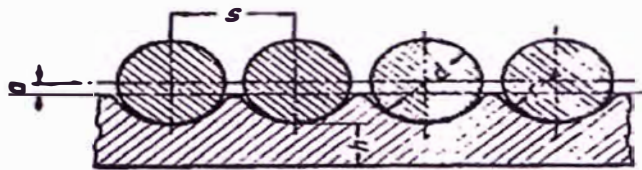
<b>Diámetro del cable mm</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>44</b>
<b>s</b>	12	15	18	22	25	31	37	45	49
<b>r</b>	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
<b>a</b>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

Dónde:

s: paso de la ranura del tambor

r: radio tangencial a la ranura del tambor

a: distancia entre centro de cable y centro geométrico de la ranura.



Diámetro del cable	10.	13.	16.	19.	22.	27.	33.	40.	44.
<i>s</i> .....	12	15	18	22	25	31	37	45	49
<i>r</i> .....	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
<i>a</i> .....	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

FIGURA 2.14. Dimensiones experimentales de tambores para polipastos

- El diámetro del tambor se puede calcular con la siguiente formula:

$$D_{\text{tambor}} \geq d_1 * h_1 * h_2$$

- Para este caso el término  $h_2=1$ .
- La longitud del tambor se calcula por medio de la siguiente formula:

$$L_{\text{cable}} = H * n^{\circ} \text{ramales}$$

$$L_{\text{espira}} = \pi * D_{\text{tambor}}$$

$$n^{\circ} \text{ espiras} = \left( \frac{L_{\text{cable}}}{L_{\text{espira}}} + n^{\circ} \text{ espiras muertas} \right)$$

$$L_{\text{tambor}} = n^{\circ} \text{ espiras} * s$$

Dónde:

H: altura de izaje en mm

$n^{\circ}$  de ramales: de acuerdo a la distribución de ramales







## 2.4.5. APAREJOS

- Aparejos de 01 polea

Estos elementos son fabricados de acuerdo a la norma DIN 15411.

Material Eje: 42CrMo4

Material soportes: S355J2G3

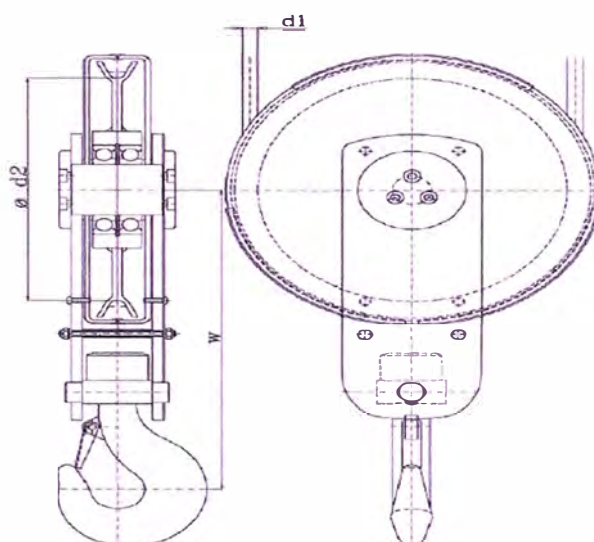


FIGURA 2.15. Aparejos de una polea según DIN 15411

Características dimensionales del aparejo de una polea:

TABLA 2.18. Características técnicas de aparejos de una polea según DIN 15411

N°	GRUPO	CARGA (t)	d1	d2	W	Peso	REFERENCIAS
1	M4	3,2	09-oct	180	320	16	011.1 .M456
1	M5	2,5	09-oct	180	320	16	011.1 .M456
1	M6	2	09-oct	180	320	16	011.1.M456
1,6	M4	5	13	240	390	29	011.1,6.M456
1,6	M5	4	13	240	390	29	011.1,6.M456
1,6	M6	3,2	13	240	390	29	011.1,6.M456
2,5	M4	8	16	290	450	45	011 2,5 M456
2,5	M5	6,3	16	290	450	45	011 2,5 M456

N°	GRUPO	CARGA (t)	d1	d2	W	Peso	REFERENCIAS
2,5	M6	—	16	290	450	45	011 2,5 M456
4	M4	12,5	20-21-22	400	560	90	011 4 M456
4	M5	10	20-21-22	400	560	90	011 4 M456
4	M6	8	20-21-22	400	560	90	011 4 M456
5	M4	16	24	430	600	115	011 5 M456
5	M5	12,5	24	430	600	115	011 5 M456
5	M6	10	24	430	600	115	011 5 M456
6	M4	20	26	470	680	142	011 6 M456
6	M5	16	26	470	680	142	011 6 M456
6	M6	12,5	26	470	680	142	011 6 M456
8	M4	25	29	520	750	192	011 8 M456
8	M5	20	29	520	750	192	011 8 M456
8	M6	16	29	520	750	192	011 8 M456

- Aparejos de 02 poleas

Estos elementos son fabricados de acuerdo a la norma DIN 15411.

Material Eje: 42CrMo4

Material soportes: S355J2G3

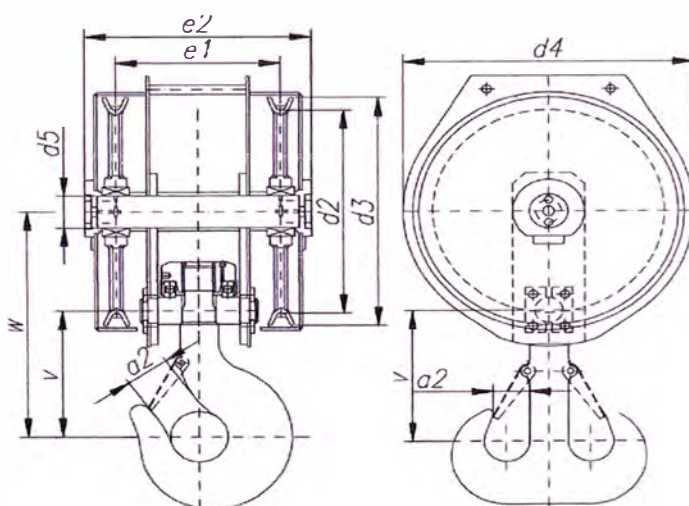


FIGURA 2.16. Aparejos de dos poleas según DIN 15411



## Características dimensionales del aparejo de dos poleas:

TABLA 2.19. Características técnicas de aparejos de dos poleas según DIN 15411

N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES										Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	V	w	Simp a2	Dob. a2		
2,5	M3	1 Bm	6,3	1.6	10	180	210	255	40	160	250	170	285	0 50	40	40	022 2,5.M3
2,5	M4	1 Am	5	3.2	10	180	210	255	40	160	250	170	285	50	40	40	022 2,5.M4
2,5	M5	2 m	4	6.3	9	180	210	255	40	160	250	170	285	50	40	40	022.2,5 M5
2,5	M6	3 m	3,2	12.5	9	200	230	275	40	160	250	170	285	50	40	40	022 2,5.M6
2,5	M7	4 m	2,5	25	9	250	280	325	40	160	250	170	285	50	40	44	022 2,5.M7
2,5	M8	5 m	2	50	9	250	280	325	40	160	250	170	285	50	40	44	022 2,5.M8
4	M3	1 Bm	10	1.6	12	190	230	280	50	180	280	190	320	56	45	55	022 4 M3
4	M4	1 Am	8	3.2	12	190	230	280	50	180	280	190	320	56	45	55	022 4 M4
4	M5	2 m	6,3	6.3	11	225	260	310	50	180	280	190	320	56	45	58	022.4.M5
4	M6	3 m	5	12.5	11	245	280	330	50	180	280	190	320	56	45	58	022 4 M6
4	M7	4 m	4	25	11	280	315	365	40	190	280	190	320	56	45	62	022 4 M7
4	M8	5 m	3,2	50	11	280	315	365	40	190	280	190	320	56	45	62	022.4.M8
5	M3	1 Bm	12,5	1.6	14	235	280	335	60	200	310	210	360	63	50	75	022.5.M3
5	M4	1 Am	10	3.2	14	235	280	335	60	200	310	210	360	63	50	75	022.5.M4
5	M5	2 m	8	6.3	12	240	280	335	50	200	297	210	360	63	50	75	022.5.M5
5	M6	3 m	6,3	12.5	12	275	315	370	50	200	297	210	360	63	50	75	022.5.M6
5	M7	4 m	5	25	12	315	355	410	50	210	307	210	360	63	50	80	022.5.M7
5	M8	5 m	4	50	12	315	355	410	50	210	307	210	360	63	50	80	022.5.M8
6	M3	1 Bm	16	1.6	16	265	315	370	60	240	350	240	420	71	56	102	022.6.M3
6	M4	1 Am	12,5	3.2	16	265	315	370	60	240	350	240	420	71	56	102	022.6.M4
6	M5	2 m	10	6.3	14	270	315	370	60	240	350	240	420	71	56	106	022.6.M6
6	M6	3 m	8	12.5	14	310	355	410	60	240	350	240	420	71	56	106	022.6.M6
6	M7	4 m	6,3	25	14	360	405	460	50	250	350	240	410	71	56	110	022.6.M7
6	M8	5 m	5	50	14	360	405	460	50	250	350	240	410	71	56	110	022.6.M8

N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES										Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	V	w	Simp a2	Dob. a2		
8	M3	1 Bm	20	1.6	18	300	355	410	70	270	400	265	465	80	63	150	022.8.M3
8	M4	1 Am	16	3.2	18	300	355	410	70	270	400	265	465	80	63	150	022.8.M4
8	M5	2 m	12,5	6.3	16	305	355	410	60	270	380	265	465	80	63	152	022.8.M5
8	M6	3 m	10	12.5	16	355	405	460	60	270	380	265	465	80	63	152	022.8.M6
8	M7	4 m	8	25	16	405	455	510	60	280	390	265	455	80	63	155	022.8.M7
8	M8	5 m	6,3	50	16	405	455	510	60	280	390	265	455	80	63	155	022.8.M8
10	M3	1 Bm	25	1.6	20	295	355	565	80	290	430	280	500	90	71	178	022.10.M3
10	M4	1 Am	20	3.2	20	295	355	565	80	290	430	280	500	90	71	178	022.10.M4
10	M5	2 m	16	6.3	18	350	405	460	70	290	410	280	500	90	71	180	022.10.M5
10	M6	3 m	12,5	12.5	18	400	455	510	70	290	410	280	500	90	71	180	022.10.M6
10	M7	4 m	10	25	18	455	510	565	70	320	440	280	500	90	71	185	022.10.M7
12	M3	1 Bm	32	1.6	22	340	405	460	80	330	470	315	565	100	80	230	022.12.M3
12	M4	1 Am	25	3.2	22	340	405	460	80	330	470	315	565	100	80	230	022.12.M4
12	M5	2 m	20	6.3	20	395	455	510	80	330	470	315	565	100	80	235	022.12.M5
12	M6	3 m	16	12.5	20	450	510	570	80	330	470	315	565	100	80	235	022.12.M6
12	M7	4 m	12,5	25	20	500	570	630	80	360	500	315	565	100	80	240	022.12.M7
12	M8	5 m	10	50	20	500	570	630	80	360	500	315	565	100	80	240	022.12.M8
16	M3	1 Bm	40	1.6	24	380	455	510	90	350	500	370	645	112	90	335	022.16.M3
16	M4	1 Am	32	3.2	24	380	455	510	90	350	500	370	645	112	90	335	022.16.M4
16	M5	2 m	25	6.3	22	445	510	565	80	350	490	370	635	112	90	340	022.16.M5
16	M6	3 m	20	12.5	22	505	570	625	80	350	490	370	635	112	90	340	022.16.M6
16	M7	4 m	16	25	22	560	630	685	80	390	530	370	635	112	90	345	022.16.M7
16	M8	5 m	12.5	50	22	560	630	685	80	390	530	370	635	112	90	345	022.16.M8



N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES										Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	v	w	Simp a2	Dob. a2		
20	M3	1 Bm	50	1.6	28	425	510	575	100	380	530	415	710	125	100	480	022.20.M3
20	M4	1 Am	40	3.2	28	425	510	575	100	380	530	415	710	125	100	480	022.20.M4
20	M5	2 m	32	6.3	26	490	570	635	90	380	530	415	700	125	100	485	022.20.M5
20	M6	3 m	25	12.5	26	550	630	695	90	380	530	415	700	125	100	485	022.20.M6
20	M7	4 m	20	25	26	630	710	775	90	420	570	415	705	125	100	490	022.20.M7
20	M8	5 m	16	50	26	630	710	775	90	420	570	415	705	125	100	490	022.20.M8
25	M3	1 Bm	63	1.6	30	480	570	635	110	420	590	460	775	140	112	635	022.25.M3
25	M4	1 Am	50	3.2	30	480	570	635	110	420	590	460	775	140	112	635	022.25.M4
25	M5	2 m	40	6.3	28	545	630	695	100	420	570	460	770	140	112	640	022.25.M5
25	M6	3 m	32	12.5	28	625	710	775	100	420	570	460	770	140	112	640	022.25.M6
25	M7	4 m	25	25	28	710	795	860	100	440	590	460	770	140	112	645	022.25.M7
25	M8	5 m	20	50	28	710	795	860	100	440	590	460	770	140	112	645	022.25.M8
32	M3	1 Bm	80	1600	34	525	630	695	120	480	660	500	850	160	125	800	022.32.M3
32	M4	1 Am	63	3.2	34	525	630	695	120	480	660	500	850	160	125	800	022.32.M4
32	M5	2 m	50	6.3	32	610	710	775	110	470	640	500	845	160	125	805	022.32.M5
32	M6	3 m	40	12.5	32	695	795	860	110	470	640	500	845	160	125	805	022.32.M6
32	M7	4 m	32	25	32	800	900	965	110	480	650	500	840	160	125	810	022.32.M7
32	M8	5 m	25	50	32	800	900	965	110	480	650	500	840	160	125	810	022.32.M8
40	M3	1 Bm	100	1.6	38	595	710	775	130	530	740	565	935	180	140	975	022.40.M3
40	M4	1 Am	80	3.2	38	595	710	775	130	530	740	565	935	180	140	975	022.40.M4
40	M5	2 m	63	6.3	36	685	795	860	120	520	700	565	930	180	140	985	022.40.M5
40	M6	3 m	50	12.5	36	790	900	965	120	520	700	565	930	180	140	985	022.40.M6
40	M7	4 m	40	25	36	900	1.01	1.075	120	520	700	565	930	180	140	990	022.40.M7
40	M8	5 m	32	50	36	900	1.01	1.075	120	520	700	565	930	180	140	990	022.40.M8

### Aparejos de 04 poleas

Estos elementos son fabricados de acuerdo a la norma DIN 15411.

Material Eje: 42CrMo4

Material soportes: S355J2G3

Suspensión: Clase P

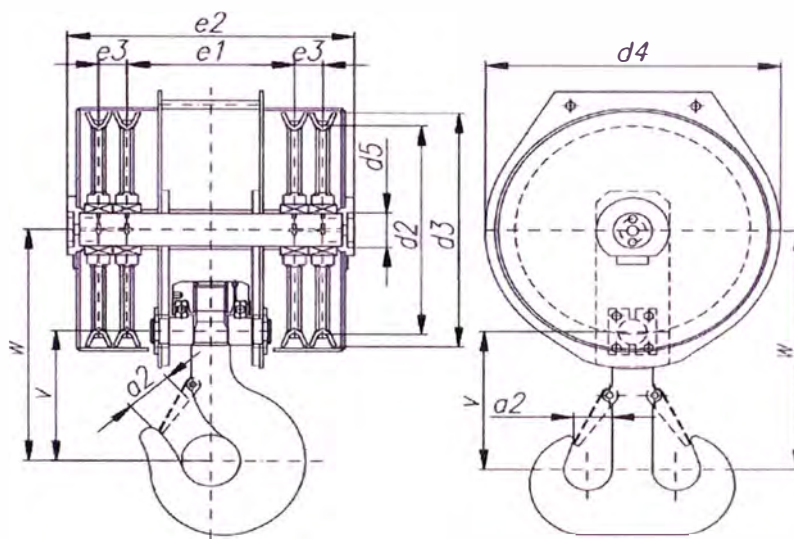


FIGURA 2.17. Aparejos de cuatro poleas según DIN 15411

Características dimensionales del aparejo de cuatro poleas:

TABLA 2.20. Características técnicas de aparejos de cuatro poleas según DIN 15411

N°	GRUPO		Carga Ton	Vida Horas	Cable d1	DIMENSIONES										Peso (kg)	Tipo	
	ISO FEM	DIN				d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2			Deb. a2
12	M3	1 Bm	32	1600	16	305	355	410	80	320	580	60	315	565	100	80	300	041 12 M3
12	M4	1 Am	25	3200	16	305	355	410	80	320	580	60	315	565	100	80	300	041 12 M4
12	M5	2 m	20	6300	14	310	355	410	80	310	570	60	315	565	100	80	305	041 12 M5
12	M6	3 m	16	12500	14	360	405	460	80	310	570	60	315	565	100	80	305	041 12 M6
12	M7	4 m	12.5	25000	14	410	455	510	70	310	538	54	315	565	100	80	310	041 12 M7
12	M8	5 m	10	50000	14	410	455	510	70	310	538	54	315	565	100	80	310	041 12 M8



N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN				Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v		
16	M3	1 Bm	40	1600	18	300	355	410	90	340	624	67	370	640	112	90	435	041.16.M3
16	M4	1 Am	32	3200	18	300	355	410	90	340	624	67	370	640	112	90	435	041.16.M4
16	M5	2 m	25	6300	16	355	405	460	80	330	590	60	370	640	112	90	440	041.16.M5
16	M6	3 m	20	12500	16	405	455	510	80	330	590	60	370	640	112	90	440	041.16.M6
16	M7	4 m	16	25000	16	460	510	565	80	330	590	60	370	640	112	90	445	041.16.M7
16	M8	5 m	12.5	50000	16	460	510	565	80	330	590	60	370	640	112	90	445	041.16.M8
20	M3	1 Bm	50	1600	20	345	405	470	100	360	644	67	415	710	125	100	640	041.20.M3
20	M4	1 Am	40	3200	20	345	405	470	100	360	644	67	415	710	125	100	640	041.20.M4
20	M5	2 m	32	6300	18	400	455	520	90	350	634	67	415	710	125	100	645	041.20.M5
20	M6	3 m	25	12500	18	455	510	575	90	350	634	67	415	710	125	100	645	041.20.M6
20	M7	4 m	20	25000	18	515	570	635	80	350	610	60	415	700	125	100	650	041.20.M7
20	M8	5 m	16	50000	18	515	570	635	80	350	610	60	415	700	125	100	650	041.20.M8
25	M3	1 Bm	63	1600	22	385	455	520	110	390	720	80	46C	775	140	112	810	041.25.M3
25	M4	1 Am	50	3200	22	385	455	520	110	390	720	80	46C	775	140	112	810	041.25.M4
25	M5	2 m	40	6300	20	450	510	575	100	380	665	67	46C	775	140	112	815	041.25.M5
25	M6	3 m	32	12500	20	510	570	635	100	380	665	67	46C	785	140	112	815	041.25.M6
25	M7	4 m	25	25000	20	510	630	695	90	380	665	67	46C	765	140	112	820	041.25.M7
25	M8	5 m	20	50000	20	510	630	695	90	380	665	67	46C	765	140	112	820	041.25.M8
32	M3	1 Bm	80	1600	24	435	510	575	120	450	790	80	500	850	160	125	1050	041.32.M3
32	M4	1 Am	63	3200	24	435	510	575	120	450	790	80	500	850	160	125	1050	041.32.M4
32	M5	2 m	50	6300	22	500	570	635	110	450	780	80	500	840	160	125	1060	041.32.M5
32	M6	3 m	40	12500	22	560	630	695	110	450	780	80	500	840	160	125	1060	041.32.M6
32	M7	4 m	32	25000	22	640	710	775	100	450	734	67	500	840	160	125	1070	041.32.M7
32	M8	5 m	25	50000	22	640	710	775	100	450	734	67	500	840	160	125	1070	041.32.M8
40	M3	1 Bm	100	1600	28	485	570	635	130	500	850	95	565	940	180	140	1260	041.40.M3
40	M4	1 Am	80	3200	28	485	570	635	130	500	850	95	565	940	180	140	1260	041.40.M4
40	M5	2 m	63	6300	26	550	630	695	120	490	830	80	565	940	180	140	1270	041.40.M5
40	M6	3 m	50	12500	26	630	710	775	120	490	830	80	565	940	180	140	1270	041.40.M6
40	M7	4 m	40	25000	26	715	795	86C	110	490	820	80	565	930	180	140	1280	041.40.M7
40	M8	5 m	32	50000	26	715	795	86C	110	490	820	80	565	930	180	140	1280	041.40.M8



N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN				Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v		
50	M3	1 Bm	125	1600	30	540	630	695	150	560	930	100	620	1035	200	160	1640	041 50 M3
50	M4	1 Am	100	3200	30	540	630	695	150	560	930	100	620	1035	200	160	1640	041 50 M4
50	M5	2 m	80	6300	28	625	710	775	130	550	890	95	620	1035	200	160	1650	041 50 M5
50	M6	3 m	63	12500	28	710	795	860	130	550	890	95	620	1035	200	160	1650	041 50 M6
50	M7	4 m	50	25000	28	815	900	965	120	550	890	80	620	1020	200	160	1660	041 50 M7
50	M8	5 m	40	50000	28	815	900	965	120	550	890	80	620	1020	200	160	1660	041 50 M8
63	M3	1 Bm	160	1600	34	605	710	780	160	620	1067	109	700	1160	224	180	2180	041 63 M3
63	M4	1 Am	125	3200	34	605	710	780	160	620	1067	109	700	1160	224	180	2180	041 63 M4
63	M5	2 m	100	6300	32	695	795	865	140	620	980	95	700	1150	224	180	2190	041 63 M5
63	M6	3 m	80	12500	32	800	900	970	140	620	980	95	700	1150	224	180	2190	041 63 M6
63	M7	4 m	63	25000	32	910	1010	1080	130	620	995	95	700	1140	224	180	2200	041 63 M7
63	M8	5 m	50	50000	32	910	1010	1080	130	620	995	95	700	1140	224	180	2200	041 63 M8
80	M3	1 Bm	200	1600	38	680	795	875	180	680	1178	136	800	1300	250	200	2890	041 80 M3
80	M4	1 Am	160	3200	38	680	795	875	180	680	1178	136	800	1300	250	200	2890	041 80 M4
80	M5	2 m	125	6300	36	790	900	980	160	670	1080	109	800	1290	250	200	2900	041 80 M5
80	M6	3 m	100	12500	36	900	1010	1090	160	670	1080	109	800	1290	250	200	2900	041 80 M6
80	M7	4 m	80	25000	36	1000	1110	1190	150	670	1070	100	800	1280	250	200	2910	041 80 M7
80	M8	5 m	63	50000	36	1000	1110	1190	150	670	1070	100	800	1280	250	200	2910	041 80 M8
100	M3	1 Bm	250	1600	42	770	900	955	200	770	1270	150	885	1435	280	224	3810	041 100 M3
100	M4	1 Am	200	3200	42	770	900	955	200	770	1270	150	885	1435	280	224	3810	041 100 M4
100	M5	2 m	160	6300	40	890	1010	1080	180	760	1240	136	885	1425	280	224	3830	041 100 M5
100	M6	3 m	125	12500	40	990	1110	1180	180	760	1240	136	885	1425	280	224	3830	041 100 M6
100	M7	4 m	100	25000	40	1120	1240	1310	160	760	1180	109	885	1410	280	224	3850	041 100 M7
100	M8	5 m	80	50000	40	1120	1240	1310	160	760	1180	109	885	1410	280	224	3850	041 100 M8
125	M3	1 Bm	320	1600	46	870	1010	1080	220	810	1340	160	1000	1625	315	250	4860	041 125 M3
125	M4	1 Am	250	3200	46	870	1010	1080	220	810	1340	160	1000	1625	315	250	4860	041 125 M4
125	M5	2 m	200	6300	44	970	1110	1180	200	800	1320	150	1000	1610	315	250	4880	041 125 M5
125	M6	3 m	160	12500	44	1100	1240	1310	200	800	1320	150	1000	1610	315	250	4880	041 125 M6
125	M7	4 m	125	25000	44	1240	1380	1470	180	800	1280	136	1000	1590	315	250	4900	041 125 M7
125	M8	5 m	100	50000	44	1240	1380	1470	180	800	1280	136	1000	1590	315	250	4900	041 125 M8

### Aparejos de 06 poleas

Estos elementos son fabricados de acuerdo a la norma DIN 15411.

Material Eje: 42CrMo4

Material soportes: S355J2G3

Suspensión: Clase P

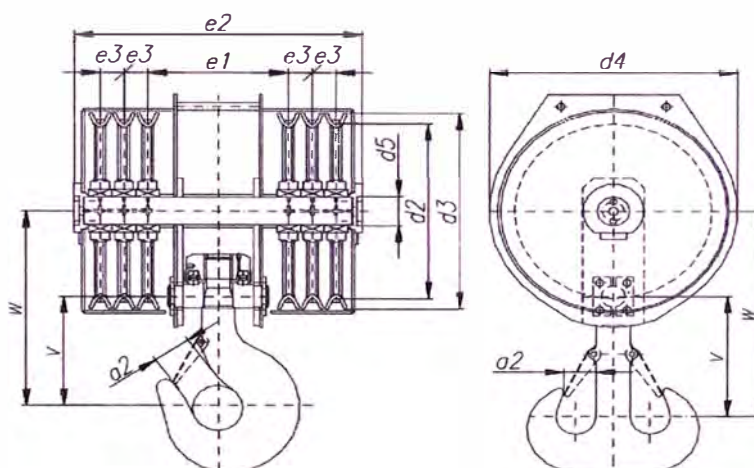


FIGURA 2.18. Aparejos de seis poleas según DIN 15411

Características dimensionales del aparejo de seis poleas:

TABLA 2.21. Características técnicas de aparejos de seis poleas según DIN 15411

N°	GRUPO		Carga Ton	Vida Horas	Cable d1	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN				d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2	Dob. a2		
20	M3	1Bm	50	1600	16	355	405	450	110	360	843	8C	415	720	125	100	830	060.20.M3
20	M4	1Am	40	3200	16	355	405	450	110	360	843	8C	415	720	125	100	830	060.20.M4
20	M5	2m	32	6300	15	360	405	450	100	360	778	67	415	720	125	100	840	060.20.M5
20	M6	3m	25	12500	15	410	455	500	100	360	778	67	415	720	125	100	840	060.20.M6
20	M7	4m	20	25000	15	465	510	555	90	360	778	67	415	720	125	100	850	060.20.M7
20	M8	5m	16	50000	15	465	510	555	90	360	776	67	415	720	125	100	850	060.20.M8



N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2	Dob. a2		
25	M3	1Bm	60	1600	18	400	455	500	120	390	890	80	460	775	140	112	1040	060.25.M3
25	M4	1Am	50	3200	18	400	455	500	120	390	890	80	460	775	140	112	1040	060.25.M4
25	M5	2m	40	6300	16	405	455	500	110	390	880	80	460	775	140	112	1050	060.25.M5
25	M6	3m	32	12500	16	460	510	555	110	390	880	80	460	775	140	112	1050	060.25.M6
25	M7	4m	25	25000	16	520	570	620	100	390	808	67	460	775	140	112	1060	060.25.M7
25	M8	5m	20	50000	16	520	570	620	100	390	808	67	460	775	140	112	1060	060.25.M8
32	M3	1Bm	80	1600	21	445	510	555	140	450	1020	95	500	860	160	125	1050	060.32.M3
32	M4	1Am	60	3200	21	445	510	555	140	450	1020	95	500	860	160	125	1050	060.32.M4
32	M5	2m	50	6300	19	45C	510	555	120	450	950	80	500	845	160	125	1060	060.32.M5
32	M6	3m	40	12500	19	510	570	620	120	450	950	80	500	845	160	125	1060	060.32.M6
32	M7	4m	32	25000	19	570	635	680	110	450	940	80	500	845	160	125	1070	060.32.M7
32	M8	5m	25	50000	19	570	635	680	110	450	940	80	500	845	160	125	1070	060.32.M8
40	M3	1Bm	100	1600	22	440	510	555	150	500	1080	100	565	945	180	140	1610	060.40.M3
40	M4	1Am	80	3200	22	440	510	555	150	500	1080	100	565	945	180	140	1610	060.40.M4
40	M5	2m	60	6300	21	505	570	620	130	500	1050	95	565	935	180	140	1620	060.40.M5
40	M6	3m	50	12500	21	565	635	680	130	500	1050	95	565	935	180	140	1620	060.40.M6
40	M7	4m	40	25000	21	645	710	765	120	500	1000	80	565	935	180	140	1620	060.40.M7
40	M8	5m	32	50000	21	645	710	765	120	500	1000	80	565	935	180	140	1620	060.40.M8
50	M3	1Bm	125	1600	26	550	635	680	160	570	1180	109	620	1030	200	160	2040	060.50.M3
50	M4	1Am	100	3200	26	550	635	680	160	570	1180	109	620	1030	200	160	2040	060.50.M4
50	M5	2m	80	6300	24	605	710	765	140	570	1120	95	620	1020	200	160	2060	060.50.M5
50	M6	3m	60	12500	24	605	710	765	140	570	1120	95	620	1020	200	160	2060	060.50.M6
50	M7	4m	50	25000	24	720	795	850	130	570	1120	95	620	1020	200	160	2080	060.50.M7
50	M8	5m	40	50000	24	720	795	850	130	570	1120	95	620	1020	200	160	2080	060.50.M8
63	M3	1Bm	16C	1600	28	625	710	765	180	640	1380	136	700	1170	224	180	2680	060.60.M3
63	M4	1Am	125	3200	28	625	710	765	180	640	1380	136	700	1170	224	180	2680	060.60.M4
63	M5	2m	100	6300	26	635	710	765	160	640	1230	109	700	1160	224	180	2.695	060.60.M5
63	M6	3m	80	12500	26	715	795	850	160	640	1230	109	700	1160	224	180	2.695	060.60.M6
63	M7	4m	60	25000	26	820	900	955	150	620	1180	100	700	1160	224	180	2710	060.60.M7
63	M8	5m	50	50000	26	820	900	955	150	620	1180	100	700	1160	224	180	2710	060.60.M8

N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2	Dob. a2		
80	M3	1Bm	200	1600	32	695	795	850	200	690	1520	150	800	1320	250	200	3390	060.80.M3
80	M4	1Am	160	3200	32	695	795	850	200	690	1520	150	800	1320	250	200	3390	060.80.M4
80	M5	2m	125	6300	30	705	795	850	180	670	1440	136	800	1320	250	200	3410	060.80.M5
80	M6	3m	100	12500	30	810	900	955	180	670	1440	136	800	1320	250	200	3410	060.80.M6
80	M7	4m	80	25000	30	920	1110	1080	160	670	1300	109	800	1300	250	200	3430	060.80.M7
80	M8	5m	60	50000	30	920	1110	1080	160	670	1300	109	800	1300	250	200	3430	060.80.M8
100	M3	1Bm	250	1600	36	790	900	955	240	770	1650	160	885	1430	280	224	4400	060.100.M3
100	M4	1Am	200	3200	36	790	900	955	240	770	1.65C	160	885	1430	280	224	4400	060.100.M4
100	M5	2m	160	6300	34	795	900	955	200	750	1580	150	885	1410	280	224	4420	060.100.M5
100	M6	3m	125	12500	34	905	1110	1080	200	750	1580	150	885	1410	280	224	4420	060.100.M6
100	M7	4m	100	25000	34	1005	1110	1080	180	750	1510	136	885	1410	280	224	4440	060.100.M7
100	M8	5m	80	50000	34	1005	1110	1180	180	750	1510	136	885	1410	280	224	4440	060.100.M8
125	M3	1Bm	320	1600	40	780	900	955	260	840	1870	190	1000	1650	315	250	5440	060.125.M3
125	M4	1Am	250	3200	40	780	900	955	260	840	1870	190	1000	1650	315	250	5440	060.125.M4
125	M5	2m	200	6300	38	895	1110	1080	220	820	1690	160	1000	1620	315	250	5470	060.125.M5
125	M6	3m	160	12500	38	995	1110	1180	220	820	1690	150	1000	1620	315	250	5470	060.125.M6
125	M7	4m	125	25000	38	1125	1240	1310	200	820	1640	150	1000	1620	315	250	5490	060.125.M7
125	M8	5m	100	50000	38	1125	1240	1310	200	820	1640	150	1000	1620	315	250	5490	060.125.M8
160	M3	1Bm	400	1600	44	875	1010	1080	280	900	1930	190	1100	1810	355	280	7250	060.160.M3
160	M4	1Am	320	3200	44	875	1010	1080	280	900	1930	190	1100	1810	355	280	7250	060.160.M4
160	M5	2m	250	6300	42	980	1110	1180	240	870	1760	160	1100	1780	355	280	7270	060.160.M5
160	M6	3m	200	12500	42	1110	1240	1310	240	870	1760	160	1100	1780	355	280	7270	060.160.M6
160	M7	4m	160	25000	42	1250	1380	1470	220	870	1760	160	1100	1780	355	280	7290	060.160.M7
160	M8	5m	125	50000	42	1250	1380	1470	220	870	1760	160	1100	1780	355	280	7290	060.160.M8



### Aparejos de 08 poleas

Estos elementos son fabricados de acuerdo a la norma DIN 15411.

Material Eje: 42CrMo4

Material soportes: S355J2G3

Suspensión: Clase P

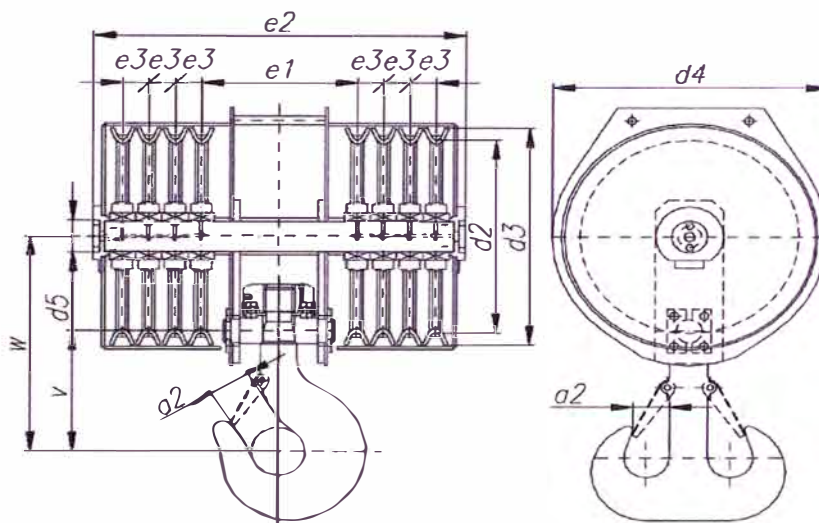


FIGURA 2.19. Aparejos de ocho poleas según DIN 15411

Características dimensionales del aparejo de ocho poleas:

TABLA 2.22. Características técnicas de aparejos de ocho poleas según DIN 15411

Nº	GRUPO		Carga Ton	Vida Horas	Cable d1	DIMENSIONES										Peso (kg)	Tipo	
	ISO FEM	DIN				d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2			Dob. a2
40	M3	1Bm	100	1600	20	450	510	555	160	500	1330	109	565	950	180	140	1950	080.40.M3
40	M4	1Am	80	3200	20	450	510	555	160	500	1330	109	565	950	180	140	1950	080.40.M4
40	M5	2m	60	6300	18	455	510	555	140	500	1230	95	565	950	180	140	1970	080.40.M5
40	M6	3m	50	12500	18	455	510	555	140	500	1230	95	565	950	180	140	1970	080.40.M6
40	M7	4m	40	25000	18	515	570	620	130	500	1230	95	565	950	180	140	1990	080.40.M7
40	M8	5m	32	50000	18	515	570	620	130	500	1230	95	565	950	180	140	1990	080.40.M8

													v	w	Simp a2	Dob. a2	Peso (kg)	Tipo
50	M3	1Bm	125	1600	22	440	510	555	180	580	1600	136	620	1050	200	160	2.62	080.50.M3
50	M4	1Am	100	3200	22	440	510	555	180	580	1600	136	620	1050	200	160	2.620	080.50.M4
50	M5	2m	80	6300	20	510	570	620	160	560	1400	109	620	1050	200	160	2640	080.50.M5
50	M6	3m	60	12500	20	510	570	620	160	560	1400	109	620	1050	200	160	2640	080.50.M6
50	M7	4m	50	25000	20	570	630	680	140	560	1310	95	620	1050	200	160	2660	080.50.M7
50	M8	5m	40	50000	20	570	630	680	140	560	1310	95	620	1050	200	160	2660	080.50.M8
63	M3	1Bm	160	1600	24	495	570	620	220	660	1850	160	700	1200	224	180	3180	080.60.M3
63	M4	1Am	125	3200	24	495	570	620	220	660	1850	160	700	1200	224	180	3180	080.60.M4
63	M5	2m	100	6300	22	560	630	680	180	640	1660	136	700	1200	224	180	3195	080.60.M5
63	M6	3m	80	12500	22	560	630	680	180	640	1660	136	700	1200	224	180	3195	080.60.M6
63	M7	4m	60	25000	22	640	710	765	160	610	1450	109	700	1200	224	180	3210	080.60.M7
63	M8	5m	50	50000	22	640	710	795	160	610	1450	109	700	1200	224	180	3210	080.60.M8
80	M3	1Bm	200	1600	28	545	630	680	240	700	1890	160	800	1330	250	200	3940	080.80.M3
80	M4	1Am	160	3200	28	545	630	680	240	700	1890	160	800	1330	250	200	3940	080.80.M4
80	M5	2m	125	6300	26	715	795	850	200	690	1810	150	800	1330	250	200	3960	080.80.M5
80	M6	3m	100	12500	26	715	795	850	200	690	1810	150	800	1330	250	200	3960	080.80.M6
80	M7	4m	80	25000	26	820	900	955	180	680	1710	136	800	1330	250	200	3990	080.80.M7
80	M8	5m	60	50000	26	820	900	955	180	680	1710	136	800	1330	250	200	3990	080.80.M8
100	M3	1Bm	250	1600	32	695	795	850	260	800	2200	190	885	1440	280	224	5200	080.100.M3
100	M4	1Am	200	3200	32	695	795	850	260	800	2200	190	885	1440	280	224	5200	080.100.M4
100	M5	2m	160	6300	30	810	900	955	220	770	1960	160	885	1440	280	224	5230	080.100.M5
100	M6	3m	125	12500	30	810	900	955	220	770	1960	160	885	1440	280	224	5230	080.100.M6
100	M7	4m	100	25000	30	920	1010	1080	200	760	1880	150	885	1440	280	224	5260	080.100.M7
100	M8	5m	80	50000	30	920	1010	1080	200	760	1880	150	885	1440	280	224	5260	080.100.M8
125	M3	1Bm	320	1600	34	690	795	850	280	840	2240	190	1000	1660	315	250	6240	080.125.M3
125	M4	1Am	250	3200	34	690	795	850	280	840	2240	190	1000	1660	315	250	6240	080.125.M4
125	M5	2m	200	6300	32	800	900	955	240	810	2000	160	1000	1660	315	250	6260	080.125.M5
125	M6	3m	160	12500	32	800	900	955	240	810	2000	160	1000	1660	315	250	6260	080.125.M6
125	M7	4m	125	25000	32	1010	1110	1180	220	810	2000	160	1000	1660	315	250	6290	080.125.M7
125	M8	5m	100	50000	32	1010	1110	1180	220	810	2000	160	1000	1660	315	250	6290	080.125.M8

N°	GRUPO		Carga	Vida	Cable	DIMENSIONES											Peso (kg)	Tipo
	ISO FEM	DIN	Ton	Horas	d1	d2	d3	d4	d5	e1	e2	e3	v	w	Simp a2	Dob. a2		
160	M3	1Bm	400	1600	38	785	900	955	300	930	2550	218	1130	1820	355	280	7910	080.160.M3
160	M4	1Am	320	3200	38	785	900	955	300	930	2550	218	1130	1820	355	280	7910	080.160.M4
160	M5	2m	250	6300	36	900	1010	1080	280	900	2320	190	1130	1820	355	280	7940	080.160.M5
160	M6	3m	200	12500	36	1000	110	1180	260	900	2320	190	1130	1820	355	280	7940	080.160.M6
160	M7	4m	160	25000	36	1130	1240	1310	240	870	2080	160	1130	1820	355	280	7980	080.160.M7
160	M8	5m	125	50000	36	1130	1240	1310	240	870	2080	160	1130	1820	355	280	7980	080.160.M8
200	M3	1Bm	500	1600	44	870	1010	1080	200	940	2150	150	1270	1960	400	315	9710	080.200.M3
200	M4	1Am	400	3200	44	870	1010	1080	180	940	2050	136	1270	1960	400	315	9710	080.200.M4
200	M5	2m	320	6300	42	985	110	1180	300	990	2620	218	1270	1960	400	315	9810	080.200.M5
200	M6	3m	250	12500	42	1115	1240	1310	280	960	2390	190	1270	1960	400	315	9810	080.200.M6
200	M7	4m	200	25000	42	1255	1380	1470	280	960	2390	190	1270	1960	400	315	9850	080.200.M7
200	M8	5m	160	50000	42	1255	1380	1470	260	960	2390	190	1270	1960	400	315	9850	080.200.M8
250	M3	1Bm	500	1600	48	965	1110	1180	200	1050	2230	150	1440	2130	450	355	11700	080.250.M3
250	M4	1Am	500	3200	48	965	1110	1180	200	1050	2230	150	1440	2130	450	355	11700	080.250.M4
250	M5	2m	400	6300	46	1100	1240	1310	280	1050	2130	136	1440	2130	450	355	11740	080.250.M5
250	M6	3m	320	12500	46	1240	1380	1470	260	1050	1940	109	1440	2130	450	355	11740	080.250.M6
250	M7	4m	250	25000	46	1410	1550	1640	300	1100	2750	218	1440	2130	450	355	11920	080.250.M7
250	M8	5m	200	50000	46	1410	1550	1640	280	1080	2560	190	1440	2130	450	355	11920	080.250.M8

## 2.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS PARA UN PUNTE GRÚA

### 2.5.1. MOTORES ELÉCTRICOS DE IZAJE

De acuerdo a la norma F.E.M. 9.683 los motores para polipastos se basan en las siguientes consideraciones:

Rotor del tipo cilíndrico

Alto par de arranque.

Diseño para trabajos no continuos

Protección eléctrica: mínimo IP55

Clase de aislamiento: Clase F

Temperatura de operación: -20°C hasta 40°C.

Carcaza de fundición Aluminio o fundición de acero.

El cálculo de potencia de los motores de izaje se define con la siguiente fórmula:

$$P_{motor} = \frac{Q * v}{4500 * \eta}$$

Donde:

Q: Peso de izaje + Peso de aparejo (daN)

v: velocidad de izaje (m/min)

$\eta$ : eficiencia mecánica del sistema (0.85)

Pmotor : CV



TABLA 2.23. Características técnicas de motores de izaje

Polipastos		Motor *3	60 Hz									Fusible de conexión a la red gL / gG *2			
			kW	% PC	c/h	380...415 V		440...480 V		550...600 V		cos phi k	380...	440...	550...
						In [A]	Ik [A]	In [A]	Ik [A]	In [A]	Ik [A]		415 V	480 V	600 V
SH 3005-25		12/2H33	0,4/2,9	20/50	360/180	4,6/7,0	5,5/29,0	4,0/6,1	4,8/25,0	3,2/4,9	3,8/20,0	0,82/0,91	16	10	10
SH 3006-25			0,6/3,6	20/40	240/120	4,6/7,8		4,0/6,8		3,2/5,4					
SH 3008-20			0,6/3,6	20/40	240/120	4,6/7,8		4,0/6,8		3,2/5,4					
SH 3005-40	SH 4008-25	12/2H42	0,7/4,7	20/50	360/180	5,8/10,4	8,6/54,0	5,0/9,0	7,5/47,0	4,0/7,2	6,0/38,0	0,79/0,87	20	16	16
SH 3006-40	SH 4010-25		0,9/5,8	20/40	240/120	5,9/11,5		5,1/10,0		4,1/8,0					
SH 3008-32	SH 4012-20		0,9/5,8	20/40	240/120	5,9/11,5		5,1/10,0		4,1/8,0					
	SH 4016-16		0,9/5,8	20/40	240/120	5,9/11,5		5,1/10,0		4,1/8,0					
	SH 4008-40	12/2H62	1,2/7,3	20/50	480/240	6,7/13,8	12,7/109	5,8/12,0	11,0/95,0	4,6/9,6	8,8/76,0	0,74/0,77	35	25	20
	SH 4010-40		1,3/9,1	20/40	360/180	6,9/17,0		6,0/15,0		4,8/11,6					
	SH 4012-32		1,3/9,1	20/40	360/180	6,9/17,0		6,0/15,0		4,8/11,6					
	SH 4016-25		1,3/9,1	20/40	360/180	6,9/17,0		6,0/15,0		4,8/11,6					
SH 5016-20	-	12/2H71	1,2/7,3	20/60	600/300	9,1/15,8	21,3/121	7,9/13,7	18,5/105	6,3/11,0	14,8/84,0	0,62/0,64	35	35	25
SH 5016-25	-		1,5/9,1	20/50	480/240	9,8/18,4		8,5/16,0		6,8/12,8					
SH 5020-25	SHR 6025-20		1,8/11,4	20/40	300/150	11,0/24,0		9,6/21,0		7,7/16,9					
SH 5025-20	SHR 6032-16		1,8/11,4	20/40	300/150	11,0/24,0		9,6/21,0		7,7/16,9					
	SHR 6040-12		1,8/11,4	20/40	300/150	11,0/24,0		9,6/21,0		7,7/16,9					
	SH 6040-12		1,8/11,4	20/40	300/150	11,0/24,0		9,6/21,0		7,7/16,9					
SH 5016-40	-	12/2H72	2,3/14,4	20/50	480/240	12,9/29,0	29,9/201	11,2/25,0	26,0/175	9,0/20,0	20,8/140	0,62/0,64	50	50	35
SH 5020-40	SHR 6025-32	*1	2,9/18,6	20/40	240/120	15,4/39,0		13,4/34,0		10,7/27,0					
SH 5025-32	SHR 6032-25		2,9/18,6	20/40	240/120	15,4/39,0		13,4/34,0		10,7/27,0					
SH 5032-25	SH. 6040-20		2,9/18,6	20/40	240/120	15,4/39,0		13,4/34,0		10,7/27,0					
	SH 6050-16		2,9/18,6	20/40	240/120	15,4/39,0		13,4/34,0		10,7/27,0					
	SH 6063-12		2,9/18,6	20/40	240/120	15,4/39,0		13,4/34,0		10,7/27,0					
	SHR 6025-40	12/2H73	3,7/23,0	20/50	360/180	25,0/41,0	51,0/279	22,0/36,0	44,0/243	17,6/29,0	35,0/194	0,59/0,63	80	63	63
	SHR 6032-40	*1	4,5/29,0	20/40	240/120	25,0/55,0		22,0/48,0		17,6/38,0					
	SH. 6040-32		4,5/29,0	20/40	240/120	25,0/55,0		22,0/48,0		17,6/38,0					
	SH 6050-25		4,5/29,0	20/40	240/120	25,0/55,0		22,0/48,0		17,6/38,0					
	SH 6063-20		4,5/29,0	20/40	240/120	25,0/55,0		22,0/48,0		17,6/38,0					
	SH 6050-40	24/4H92	6,8/46,0	10/20	120/60	61,0/84,0	87,0/542	53,0/73,0	76,0/471	42,0/58,0	61,0/377	0,51/0,63	125	100	80
	SH 6063-32	*1	6,8/46,0	10/20	120/60	61,0/84,0		53,0/73,0		42,0/58,0					

## FACTOR DE MARCHA

- El factor de marcha (%ED) es el porcentaje de tiempo máximo de funcionamiento posible en un intervalo de tiempo de máximo 10 minutos.

$$\%ED = (\text{tiempo marcha} \times 100) / (\text{tiempo de marcha} + \text{tiempo en reposo})$$

La clasificación FEM 1.001 de un equipo de elevación exige un factor de marcha mínimo según las tablas adjuntas:

TABLA 2.24. Factor de marcha para motores de izaje

Grupo	Para la elevación		Para la traslación	
	a/h	%ED	a/h	%ED
<b>M3 (1Bm)</b>	150	25	120	20
<b>M4 (1Am)</b>	180	30	150	25
<b>M5 (2m)</b>	240	40	180	30
<b>M6 (3m)</b>	300	50	240	40
<b>M7 (4m)</b>	360	60	300	50

## 2.5.2. MOTORES ELÉCTRICOS DE TRASLACIÓN

- Para el movimiento de traslación del carro tenemos:

$$P = \frac{(G1 + G2 + G4) * w * Vtras}{4.5 * 10^6 * \eta}$$

Donde:

P: Potencia expresado en CV

G1: Peso del carro en kg

G2: Peso del motor de izaje en kg

G4: Capacidad de carga nominal en kg

w: sistema de soporte por rodamientos, w=7.

Vtras: velocidad de traslación del carro

$\eta$ : Eficiencia del sistema,  $\eta=0.85$

- Para el movimiento de traslación del puente grúa tenemos:

$$P = \frac{(G1 + G2 + G3 + G4) * w * V_{tras}}{4.5 * 10^6 * \eta}$$

Donde:

P: Potencia expresado en CV

G1: Peso del carro en kg

G2: Peso del motor de izaje en kg

G3: Peso de las vigas puente kg

G4: Capacidad de carga nominal en kg

w: sistema de soporte por rodamientos, w=7.

V<sub>tras</sub>: velocidad de traslación del carro

η: Eficiencia del sistema, η=0.85

### 2.5.3.FRENOS

- Para el cálculo del freno se parte del par máximo desarrollado por el motor eléctrico. El freno debe ser capaz de detener el movimiento venciendo el par del motor y la inercial de la carga de elevación.

- La fórmula empleada para calcular el par de frenado es:

$$M_{frenado} = M_{motor} * K$$

Dónde:

K = 2.5 (para freno de elevación)

K= 1.5 (para freno de traslación)

Se tienen dos tipos de freno: tipo disco de freno electromagnético (más usados en el mercado) y tipo zapata.

La siguiente tabla muestran valores de par de frenado de frenos del tipo disco electromagnético en DC.

TABLA 2.25. Par de frenado para frenos electromagnéticos

Tamaño	Par de frenado
16	12 Nm
16	18 Nm
32	30 Nm
60	60 Nm
100	75 Nm
150	132 Nm
150	187 Nm
500	500 Nm

Los discos de freno tipo electromagnético en DC se ubican en el eje del motor, tal como se muestra en el gráfico siguiente:



FIGURA 2.20. Ubicación de frenos de izaje tipo electromagnético

La figura 2.21 muestra los tipos de frenos electromagnéticos más usados en la industria de puentes grúa.

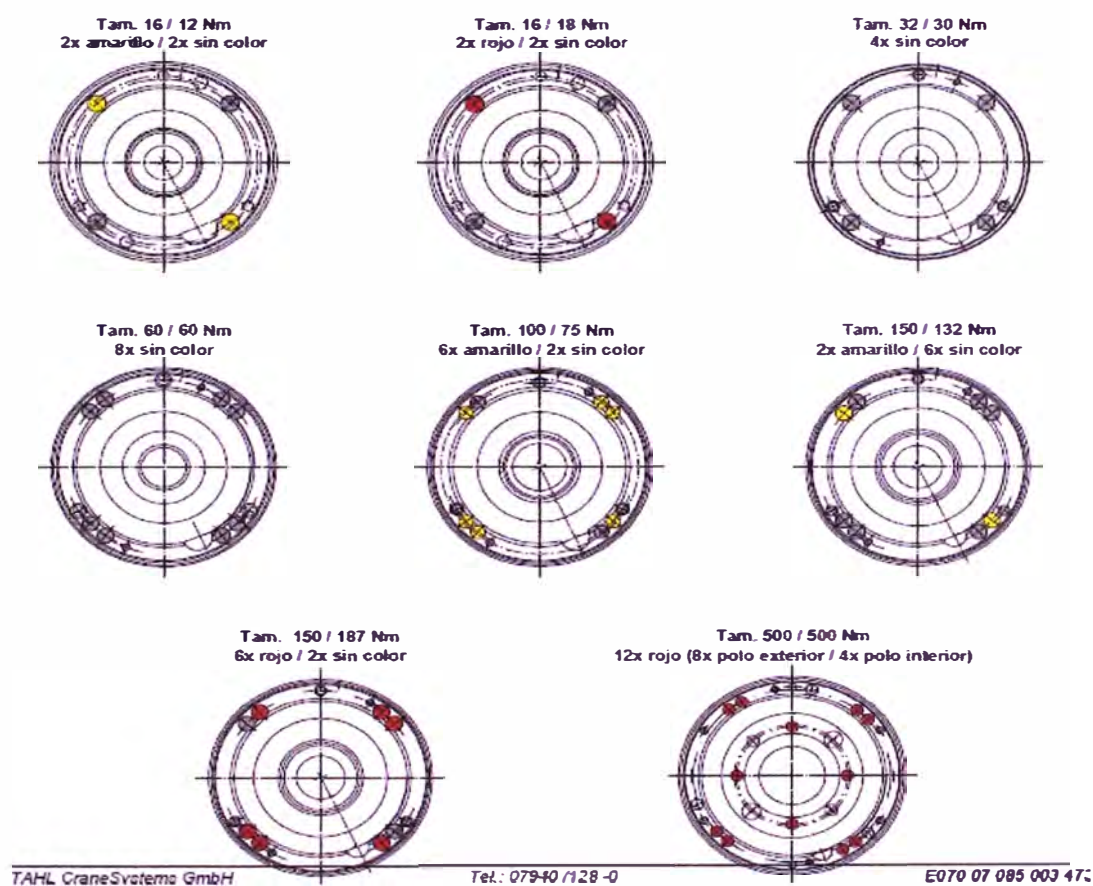


FIGURA 2.21. Dimensiones estándares de frenos electromagnéticos

## 2.6. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se consideran 02 factores en particular:

Período de vida del mecanismo: Representa el número estimado de horas de funcionamiento real que tendría el mecanismo. Al ser desconocido el número de horas, la F.E.M. define siete grupos de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 2.26. Período de vida de mecanismos de izaje según norma F.E.M.

GRUPOS	A	B	C	D	E	F	G
VIDA EN HORAS	800h	1600h	3200h	6300h	12500h	25000h	50000h

Estado de carga: representa los espectros de carga del sistema de izaje considerando el número de veces de elevación de la carga máxima o nominal entre el número de veces de elevación de carga pequeña, mediada y máximas.

TABLA 2.27. Factor de servicio para puentes grúa según norma F.E.M.

ESTADOS DE CARGA	SERVICIO	FACTOR K
1	Frecuencia muy reducida de la carga máxima	0.125
2	Frecuencia reducida de la carga máxima	0.250
3	Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y máximas	0.500
4	Frecuencia elevada de la carga máxima	1.000



A partir de ambos conceptos la norma F.E.M. los aparatos se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 2.28. Clasificación General de clases de servicio según norma F.E.M.

ESTADO DE CARGA		VIDAS EN HORAS DE FUNCIONAMIENTO REAL DEL MECANISMO													
FACTOR K	SERVICIO	800h		1600h		3200h		6300h		12500h		25000h		50000h	
0.125	Frecuencia muy reducida de la carga máxima					M3	1Bm	M4	1Am	M5	2m	M6	3m	M7	4m
0.25	Frecuencia reducida de la carga máxima			M3	1Bm	M4	1Am	M5	2m	M6	3m	M7	4m	M8	5m
0.5	Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y máximas	M3	1Bm	M4	1Am	M5	2m	M6	3m	M7	4m	M8	5m	M8	5m
1	Frecuencia elevada de la carga máxima	M4	1Am	M5	2m	M6	3m	M7	4m	M8	5m	M8	5m	M8	5m

### 2.6.1. MATERIALES

La norma F.E.M. especifica el material de la viga puente de acuerdo a DIN RSt 37-2.

La norma americana C.M.A.A. 70 especifica el material ASTM A36.

TABLA 2.29. Especificación de material para puentes grúa ASTM A36

E	2038901	kg/cm <sup>2</sup>
Y	7850	kg/m <sup>3</sup>
Fy	2531	kg/cm <sup>2</sup>

## 2.6.2. CRITERIOS DE DISEÑO

La norma F.E.M. establece criterios mecánicos para el diseño de vigas puente. Uno de ellos es el criterio de la deflexión máxima la cual es expresada en la siguiente fórmula.

$$f = \frac{P * L^3}{48 * E * I} \leq \frac{L}{800} \text{ (puente grúa birriel) } \text{ ó } \frac{L}{600} \text{ (puente grúa monorriel)}$$

Notamos el mayor grado de tolerancia que se tiene para el diseño de vigas puente a comparación del diseño estándar para estructuras metálicas.

## 2.6.3. TIPOS DE SOLICITACIONES

Los tipos de solicitaciones a tener en cuenta se describen a continuación:

Solicitaciones debidas a los movimientos verticales.- provienen a la manipulación de la carga de izaje ya que cuentan con aceleraciones del gancho en subida y bajada.

Solicitaciones debidas a los movimientos horizontales.- provienen de la aceleración en los movimientos de traslación del carro y puente grúa, así como de efectos provocados por el riel de rodadura.

Solicitaciones debidas a efectos climáticos.- son las resultantes de la acción del viento sobrecarga de nieve y variaciones de temperatura.

Solicitaciones varias.- provienen del dimensionamiento de pasarelas y cabinas.

### 2.6.3.1. Coefficiente dinámico de izaje

Se define un coeficiente dinámico producido por la aceleración del gancho de izaje mientras se eleva o baja la carga.

$$\varphi = 1 + \varepsilon * Vizaje$$

Donde:

$\varphi$ : coeficiente dinámico

Vizaje: en m/s

$\varepsilon$ : coeficiente experimental: 0.6 para puentes grúa y 0.3 para grúas sobre camión.

### 2.6.3.2. Solicitaciones Verticales

Aparato en servicio sin viento

Por efecto del peso propio de la estructura. (SG)

$$SG = A' * Y \dots(\text{kg/m})$$

Dónde:

A': Área del perfil de viga cajón en m<sup>2</sup>

Y: Peso específico del material en kg/m<sup>3</sup>.

Por efecto de la carga útil de izaje. (SL)

$$SL = \frac{(Q_{carga} + Q_{aparejo})}{n} \dots(\text{kg})$$

Donde:

Q carga: Peso útil de izaje en Kg

Q aparejo: Peso del aparejo en Kg

n: tipo de puente grúa, monorriel =1, birriel =2.

### 2.6.3.3. Solicitaciones Horizontales (SH)

Debido a los efectos de inercia provocado por las aceleraciones o desaceleraciones en los movimientos de traslación lateral y longitudinal del puente grúa.

La siguiente tabla muestra valores de aceleraciones tomadas como patrón por la norma F.E.M.

TABLA 2.30 Valores nominales de aceleración de puentes grúa

Velocidad de traslación m/s	Velocidad lenta y velocidad media con larga carrera		Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Tiempo de aceleración s	Aceleración m/s <sup>2</sup>	Tiempo de aceleración S	Aceleración m/s <sup>2</sup>	Tiempo de aceleración S	Aceleración m/s <sup>2</sup>
4.00			8.0	0.50	6	0.67
3.15			7.1	0.44	5.4	0.58
2.50			6.3	0.39	4.8	0.52
2.00	9.1	0.22	5.6	0.35	4.2	0.47
1.60	8.3	0.19	5.0	0.32	3.7	0.43
1.00	6.6	0.15	4.0	0.25	3.0	0.33
0.63	5.2	0.12	3.2	0.19		
0.40	4.1	0.0098	2.5	0.16		
0.25	3.2	0.0078				
0.16	2.5	0.0064				

- Efectos horizontales provocados por la acción del riel de rodadura.-

Se aplica debido a la fuerza de fricción contraria al sentido del movimiento del puente grúa. Esta fuerza de fricción genera un efecto horizontal casi despreciable, se sustenta siempre y cuando las cargas de servicio del puente grúa sean superiores a 90ton.

- Efectos horizontales provocados por el choque con los topes.-

Se aplica siempre y cuando no se cuente con un sistema de doble velocidad y asimismo cuando las velocidades de traslación del puente grúa sean mayores a 42m/min.

En este caso, se sostiene que el tope debe de soportar el 70% de la energía cinética desarrollada por el puente grúa. En la actualidad existen limitadores de recorrido que impiden el choque directo entre el puente grúa con el tope metálico a velocidad nominal.

#### 2.6.4. DETERMINACIÓN DE COMBINACIÓN DE SOLICITACIONES

Para el caso de solicitaciones sin viento dentro de una nave industrial, la solicitación toma la siguiente representación:

$$[M (SG + \varphi SL + SH) * Cs]$$

Donde:

- M: es un coeficiente que varía con la clase de servicio al que pertenece el aparato. Este coeficiente se muestra en la tabla 2.31.

TABLA 2.31. Factor de diseño para puentes grúa – Coeficiente M

GRUPO	FEM 1Bm / M3	FEM 1Am / M4	FEM 2m / M5	FEM 3m / M6	FEM 4m / M7	FEM 5m / M8
M	1.00	1.00	1.00	1.06	1.12	1.20

- Cs: es el coeficiente de seguridad considerado 1.5
- Los coeficientes de solicitaciones obtenidos de las normas F.E.M. se aplican a cada uno de esfuerzos y cargas obtenidas por el cálculo estructural, los cuales llamaremos esfuerzos y cargas FEM.
- Son estos esfuerzos y cargas FEM con los cuales se diseña el tipo de perfil de viga puente.

Finalmente de la teoría de esfuerzos tenemos:

$$\sigma_{equiv} = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4)^2 + 3 * (\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 + \tau_4^2)}$$

$$\sigma_{equiv} \leq 260MPa$$

- El anexo 1 muestra los valores estándares de vigas cajón usadas por los principales fabricantes de puentes grúa.



## 2.7. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PARÁMETROS COMERCIALES

### 2.7.1. CRITERIO DE COSTO POR UNIDAD DE PESO

Es usual considerar un factor de comparación comercial el valor del precio por unidad de peso en estructuras metálicas convencionales, cuyo valor promedio se encuentra USD3.5/kg de producto fabricado en el mercado nacional para el año 2013.

Dependiendo de la clase de servicio de puentes grúa tenemos un incremento o disminución en el peso y asimismo del precio de los componentes electromecánicos y estructurales que lo conforman.

### 2.7.2. CRITERIO DE CONSUMO DE POTENCIA

El criterio de consumo de potencia está relacionado con el tamaño del motor de izaje y las prestaciones que este tiene.

Por lo general, la potencia del motor de izaje está relacionado con la capacidad de trabajo del puente grúa, es decir, mientras mayor potencia tenga el motor de izaje mejor será la performance del equipo en la operación requerida. Esto siempre y cuando se compare dos equipos para una misma capacidad de carga.

Se debe de sumar las potencias de izaje, traslación de trolley y traslación en testeros a fin de obtener el consumo de energía diario en KW-h a fin de obtener el costo operativo del equipo.

### 2.7.3. CRITERIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es importante considerar las implicancias de adquirir un equipo de izaje en la operación y el mantenimiento del mismo.

De acuerdo a la norma F.E.M. mientras mayor sea la clase de servicio del puente grúa es mayor el tiempo de operación de la máquina, esto implica también un mayor tiempo de duración de las piezas de desgaste y mayor número de inspecciones que se deben realiza al equipo anualmente. Por lo tanto la selección y adquisición de puentes grúa implica directamente en los costos de operación y mantenimiento de la planta.

Asimismo se debe tener en cuenta que mientras mayor uso tenga el equipo mayores serán las intervenciones y cambios de piezas y partes de la máquina. Las piezas de desgaste estándares para equipos de izaje son:

- Cables de acero
- Guías de cable
- Poleas
- Frenos
- Fusibles y componentes eléctricos.

## **CAPITULO III**

### **PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO DEL INFORME**

El capítulo III muestra los pasos a seguir a fin de lograr el objetivo principal del presente informe.

El primer punto de este capítulo tiene como prioridad establecer y verificar objetivos medios mediante el uso de una matriz de consistencia. La veracidad de estos objetivos medios nos confirmará, a su vez, la veracidad del objetivo principal del informe.

El segundo punto de este capítulo nos detalla el proceso de cada etapa de desarrollo del informe, teniendo como meta cumplir con los objetivos medios respectivamente.

#### **3.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

La matriz de consistencia nos define principalmente dos puntos:

Las etapas que se deben seguir para lograr el resultado esperado del informe.

Los objetivos medios, cuya veracidad de manera independiente nos confirma la veracidad del objetivo principal del informe.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

ETAPA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVOS MEDIOS
CASO DE COMPARACIÓN	Presentar caso de comparación de 02 puentes grúa con las mismas características constructivas pero de clasificaciones F.E.M. distintas.	¿El caso de comparación se encuentra bien definido de manera tal de poder analizar las diferencias técnicas de 02 puentes grúa de similares capacidades pero con diferentes clases F.E.M.?
PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	Establecer parámetros de comparación en el ámbito mecánico, eléctrico, estructural y comercial para evaluar el caso de comparación.	¿Los parámetros establecidos son los requeridos para poder demostrar las diferencias técnicas entre los puentes grúa del caso de comparación?
RESULTADOS DEL CASO DE COMPARACIÓN	Efectuar cuadro de comparación de las características de diseño mencionadas anteriormente para ambos puentes grúa.	¿El cuadro de comparación muestra las diferencias técnicas de manera contundente entre 02 puentes grúa de similares características constructivas pero de diferentes clasificaciones F.E.M.?

## 3.2. FLUJO DE PROCESOS

Cada etapa indicada en la matriz de consistencia debe tener una serie de procesos con los cuales se compruebe la veracidad de los objetivos medios planteados.

### 3.2.1. Caso de Comparación

El caso de comparación que se usará en el presente informe es la base para iniciar el análisis técnico y económico de la selección de puentes grúa bajo normas F.E.M.

Para este caso de comparación se debe considerar características dimensionales semejantes para dos puentes grúa. Estas características dimensionales pueden ser de un proyecto real o un ejemplo individual.

Se escoge dos clasificaciones de puentes grúa según norma F.E.M. con las cuales se analiza y compara ambos puentes grúa cuyas características dimensionales semejantes fueron definidas anteriormente.

En resumen, el caso de comparación no es otra cosa que la diferencia técnica y económica de dos puentes grúa con características dimensionales similares pero con diferentes clases de servicio según norma F.E.M.

### 3.2.2. Establecer Parámetros de Comparación

Para nuestro caso, los parámetros de comparación es la selección de ciertos componentes mecánicos y eléctricos del puente grúa que, de manera práctica, evidencien diferencias sustanciales entre dos clases de servicio distintas.

También, son parámetros de comparación algunos conceptos comerciales y definiciones en el ámbito estructural de los puentes grúa.

Para establecer dichos parámetros seguimos los siguientes pasos:

PASO 1.- Elaborar una matriz general en cuya primera columna se muestre la mayor cantidad de componentes mecánicos y eléctricos de un puente grúa; así como también las definiciones comerciales y estructurales utilizadas comúnmente para estos equipos.

COMPONENTE O PARÁMETRO		PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5	PREGUNTA 6	.....	PREGUNTA n	TOTAL
ÁREA MECÁNICA	CABLE DE ACERO									
	RUEDAS									
	TAMBOR									
	POLEAS									
	APAREJOS									
	GANCHOS									
	REDUCTORES									
	COJINETES									
	RODAMIENTOS									
	BASTIDOR									
ÁREA ELÉCTRICA	MOTOR									
	FRENO									
	CONTACTORES									
	TABLEROS									
	FUSIBLES									
	CONDUCTORES									
	VARIADORES DE									
TEMAS ESTRUCTURALES	PERALTE DE VIGA PUENTE									
	ESBELTEZ									
	RAZÓN KG/M									
	PESO DE ESTRUCTURA									
TEMAS COMERCIALES	DEFLEXIONES									
	RAZÓN USD/KG									
	PRECIO UNITARIO									
	PRECIO TOTAL									

FIGURA 3.1. Componentes Generales para Matriz de Selección



PASO 2.- Establecer preguntas para que sean usadas como filtro y limitar la cantidad de parámetros en la matriz.

Estas consideraciones pueden ser del orden técnico y comercial, como por ejemplo:

- ¿El componente es una pieza de desgaste?
- ¿El componente tiene períodos de manutención continuos?
- ¿El componente forma parte de los sistemas principales del puente grúa?
- ¿El componente tiene un costo razonable dentro del costo total del puente grúa?
- ¿El componente tiene un peso razonable dentro del peso total del puente grúa?

Finalmente se tiene que dar un peso ponderado a las respuestas a estas preguntas.

Esto se puede lograr dando valores de 1 si es de baja probabilidad o poco razonable, y 5 si es de alta probabilidad o muy razonable.

COMPONENTE O PARÁMETRO		PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5	PREGUNTA 6	.....	PREGUNTA n	TOTAL
ÁREA MECÁNICA	CABLE DE ACERO									
	RUEDAS									
	TAMBOR									
	POLEAS									
	APAREJOS									
	GANCHOS									
	REDUCTORES									
	COJINETES									
	RODAMIENTOS									
ÁREA ELÉCTRICA	BASTIDOR									
	MOTOR									
	FRENO									
	CONTACTORES									
	TABLEROS									
	FUSIBLES									
TEMAS ESTRUCTURALES	CONDUCTORES									
	VARIADORES DE									
	PERALTE DE VIGA PUENTE									
	ESBELTEZ									
	RAZÓN KG/M									
TEMAS COMERCIALES	PESO DE ESTRUCTURA									
	DEFLEXIONES									
	RAZÓN USD/KG									
	PRECIO UNITARIO									
	PRECIO TOTAL									

FIGURA 3.2. Cuestionario para la selección de componentes

PASO 3.- Determinar por medio de rangos los componentes o parámetros que formarán parte del listado de parámetros de comparación de nuestro caso ejemplo.

Se puede lograr de la siguiente manera:

Suma de las respuestas entre 0 – 5 NO SE TOMA EN CUENTA ESTE COMPONENTE O PARÁMETRO

Suma de las respuestas entre 5 – 10: SE EVALUA, DE ACUERDO A LA EXPERIENCIA PROPIA, SI SE TOMA O NO ESTE COMPONENTE O PARÁMETRO.

Suma de las respuestas entre 10 – 20: SI SE TOMA EN CUENTA ESTE COMPONENTE O PARÁMETRO.

COMPONENTE O PARÁMETRO		PREGUNTA 1	PREGUNTA 2	PREGUNTA 3	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5	PREGUNTA 6	.....	PREGUNTA n	TOTAL
ÁREA MECÁNICA	CABLE DE ACERO									
	RUEDAS									
	TAMBOR									
	POLEAS									
	APAREJOS									
	GANCHOS									
	REDUCTORES									
	COJINETES									
	RODAMIENTOS									
	BASTIDOR									
ÁREA ELÉCTRICA	MOTOR									
	FRENO									
	CONTACTORES									
	TABLEROS									
	FUSIBLES									
	CONDUCTORES									
	VARIADORES DE									
TEMAS ESTRUCTURALES	PERALTE DE VIGA PUENTE									
	ESBELTEZ									
	RAZÓN KG/M									
	PESO DE ESTRUCTURA									
	DEFLEXIONES									
TEMAS COMERCIALES	RAZÓN USD/KG									
	PRECIO UNITARIO									
	PRECIO TOTAL									

FIGURA 3.2. Puntaje total de matriz de selección

PASO 4.- El resultado obtenido luego de estos procesos serán los parámetros que se usaran para analizar las diferencias técnicas y económicas para nuestro caso de comparación.

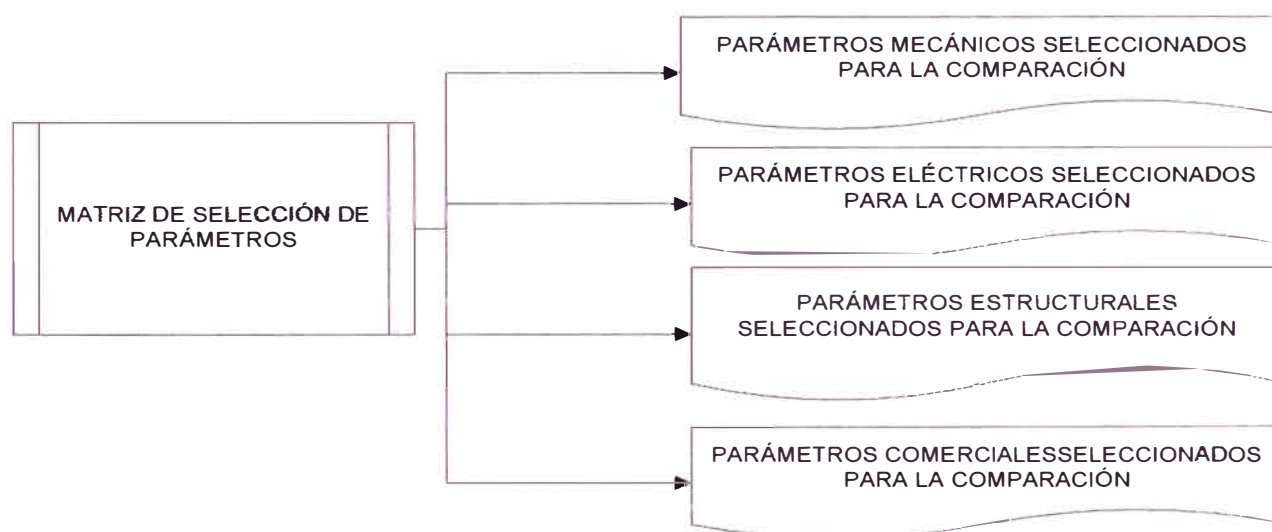


FIGURA 3.4. Flujo de Proceso de Matriz de Selección

## CAPITULO IV

### CONCEPTO Y RESULTADOS DE CASO DE ESTUDIO

#### 4.1. DEFINIR CASO DE ESTUDIO

Definimos el siguiente caso de estudio el cual corresponde a los parámetros básicos para solicitar un puente grúa.

TABLA 4.1. Características principales del CASO ESTUDIO

TIPO	PUENTE GRÚA BIRRIEL
CAPACIDAD DE CARGA	10000 Kg
ALTURA DE IZAJE	10m
LUZ O DISTANCIA ENTRE CENTROS DE RIELES	19m
LONGITUD DE RECORRIDO DEL PUENTE GRÚA	50m
VOLTAJE DE SERVICIO	440V/60Hz/3 fases

Para el caso estudio de comparación se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Condiciones ambientales al nivel del mar
- Puentes grúa dentro de una nave industrial
- No hay presencia de la acción del viento

Se deberá comparar 02 puentes grúa con las características dimensionales señaladas arriba pero con la condición de ser de diferentes clasificaciones según la norma F.E.M.

La tabla 4.2 señala la diferencia entre las clases de servicio seleccionadas.

TABLA 4.2. Clase de servicio según norma F.E.M. del CASO ESTUDIO

CASO EQUIPO 1	<p>FEM 2m / M5</p> <p>Ciclos de trabajo por hora: 6ciclos/hora</p> <p>Tempo de trabajo por día: 5horas</p> <p>Espectro de carga: Medio</p> <p>Velocidad de izaje: 7m/min</p>
CASO EQUIPO 2	<p>FEM 4m / M7</p> <p>Ciclos de trabajo por hora: 9ciclos/hora</p> <p>Tempo de trabajo por día: 16horas</p> <p>Espectro de carga: Pesado</p> <p>Velocidad de izaje: 12m/min</p>

#### 4.2. PARÁMETROS DE COMPARACIÓN

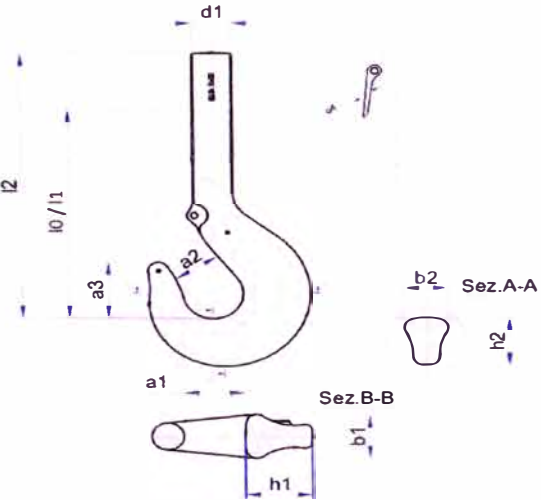
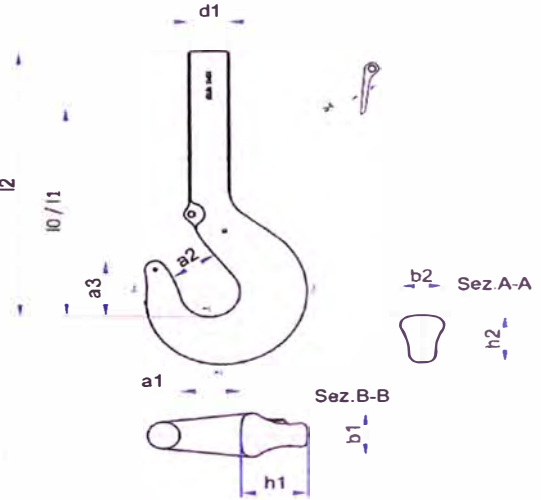
Para nuestro caso estudio definimos los siguientes componentes y conceptos:

TABLA 4.3. Parámetros de Comparación del CASO ESTUDIO

COMPONENTES MECÁNICOS	COMPONENTES ELÉCTRICOS	TEMAS ESTRUCTURALES	TEMAS COMERCIALES.
GANCHOS	MOTOR ELÉCTRICO	PERFIL DE VIGA	PRECIO/PESO
CABLES DE ACERO	MOTOR CARRO	PESO DE VIGA	CONSUMO KW-H
POLEAS	MOTOR PUENTE	FACTOR DE CARGA	
TAMBOR	FRENOS	DEFLEXIÓN MAX.	
APAREJOS			

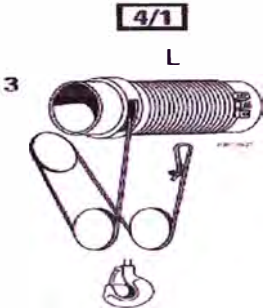
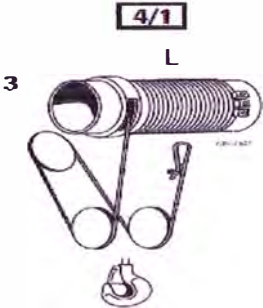
### 4.3. RESULTADOS COMPARATIVOS DEL CASO DE ESTUDIO

#### 4.3.1. GANCHOS

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
De la tabla 2.19. DIN N°6	De la tabla 2.19. DIN N° 12
PESO: De la tabla 2.5. 24 Kg	PESO: De la tabla 2.5. 57Kg
<p data-bbox="295 808 547 840">DIMENSIONES:</p> <p data-bbox="339 878 504 909">d1= 60mm</p> <p data-bbox="339 947 504 978">a1= 90mm</p> <p data-bbox="331 1016 515 1048">a3= 101mm</p> <p data-bbox="331 1086 515 1117">h1= 100mm</p> <p data-bbox="331 1155 515 1187">l2= 525mm</p>  <p data-bbox="145 1774 715 1805">Figura 4.1. Dimensiones gancho de izaje para</p> <p data-bbox="379 1832 480 1863">FEM 2m</p>	<p data-bbox="954 808 1206 840">DIMENSIONES</p> <p data-bbox="999 878 1163 909">d1: 85mm</p> <p data-bbox="999 947 1163 978">a1: 125mm</p> <p data-bbox="999 1016 1163 1048">a3: 143mm</p> <p data-bbox="999 1086 1163 1117">h1: 140mm</p> <p data-bbox="999 1155 1163 1187">l2= 710mm</p>  <p data-bbox="796 1774 1366 1805">Figura 4.2. Dimensiones gancho de izaje para</p> <p data-bbox="1026 1832 1126 1863">FEM 4m</p>



4.3.2. CABLE DE ACERO

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
$d = Kc \sqrt{\frac{(Q_{max} + Q_{aparejo})}{i \times \eta}}$ <p>De la tabla 2.6.: Kc=0.28                      Qmax=10000Kg                      Q aparejo= 106Kg, n°6 (ver tabla 2.19)                      i=3: considerando 04 ramales (ver tabla 2.7)</p>  <p>FIGURA 4.3. Aparejo 4/1 para FEM 2m</p> <p><math>\eta=0.98</math> (ver tabla 2.8)</p> $d = 0.28 \sqrt{\frac{(10000 + 106)}{3 \times 0.98}}$ $d = 16.41mm$ <p>Diámetro nominal= 19mm</p>	$d = Kc \sqrt{\frac{(Q_{max} + Q_{aparejo})}{i \times \eta}}$ <p>De la tabla 2.6. : Kc=0.335                      Qmax=10000Kg                      Q aparejo= 240Kg n°12 (ver tabla 2.19)                      i=3: considerando 04 ramales (ver tabla 2.7)</p>  <p>FIGURA 4.4. Aparejo 4/1 para FEM 4m</p> <p><math>\eta=0.98</math> (ver tabla 2.8)</p> $d = 0.335 \sqrt{\frac{(10000 + 240)}{3 \times 0.98}}$ $d = 19.77mm$ <p>Diámetro nominal= 22mm</p>

<p>Seleccionamos cable de la tabla 2.19:</p> <p>6 x 37 (1 + 6 + 12 + 18) + 1 alma textil</p>	<p>Seleccionamos cable de la tabla 2.19:</p> <p>6 x 37 (1 + 6 + 12 + 18) + 1 alma textil</p>
<p>Para d=19mm de cables de acero con F0=350kN</p> $Z_p \geq \frac{F_0}{S}$ <p>Para clase F.E.M. 2m se tiene: Zp=4.5</p> <p>Entonces calculando la relación F0/S</p> $Z_p \geq \frac{350000/9.8}{\frac{(10000 + 106)}{3 \times 0.98}} = 10.38 \geq 4.5 \dots OK$	<p>Para d=22mm de cables de acero con F0=350kN</p> $Z_p \geq \frac{F_0}{S}$ <p>Para clase F.E.M. 2m se tiene: Zp=7.1</p> <p>Entonces calculando la relación F0/S</p> $Z_p \geq \frac{350000/9.8}{\frac{(10000 + 240)}{3 \times 0.98}} = 10.24 \geq 7.1 \dots OK$

#### 4.3.3.POLEAS

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
<p>POLEA DE CABLE</p> $D_{polea} \geq d_1 * h_1 * h_2$ <p>d1: 19mm</p> <p>h1=20 (ver tabla 2.11)</p> <p>h2=1.12 (ver gráfico 2.13)</p> $D_{polea} \geq 19 * 20 * 1.12 = 425.6$ $D_{polea} = 450mm$	<p>POLEA DE CABLE</p> $D_{polea} \geq d_1 * h_1 * h_2$ <p>d1: 22mm</p> <p>h1=25 (ver tabla 2.11)</p> <p>h2=1.12 (ver gráfico 2.13)</p> $D_{polea} \geq 22 * 25 * 1.12 = 616$ $D_{polea} = 650mm$

<p>POLEA DE RETORNO</p> $D_{polea} \geq d_1 * h_1 * h_2$ <p>d1: 19mm h1=14 (ver tabla 2.11) h2=1.12 (ver gráfico 2.13)</p> $D_{polea} \geq 19 * 14 * 1.12 = 297.92$ $D_{polea \text{ retorno}} = 300mm$	<p>POLEA DE RETORNO</p> $D_{polea} \geq d_1 * h_1 * h_2$ <p>d1: 22mm h1=16 (ver tabla 2.11) h2=1.12 (ver gráfico 2.13)</p> $D_{polea} \geq 22 * 16 * 1.12 = 394.24$ $D_{polea \text{ retorno}} = 400mm$
---	---

#### 4.3.4. TAMBOR

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
<p>CONSIDERACIONES:</p> <p><u>3 vueltas de cable fijos en el tambor</u></p> <p>De la tabla 2.14 obtenemos:</p> <p>Diámetro cable. 19mm s: 22mm r: 10.5mm a: 2.5mm</p> <p>DIAMETRO DEL TAMBOR</p> $D_{tambor} \geq d_1 * h_1 * h_2$	<p>CONSIDERACIONES:</p> <p><u>3 vueltas de cable fijos en el tambor</u></p> <p>De la tabla 2.14 obtenemos:</p> <p>Diámetro cable. 22mm s: 25mm r: 12mm a: 3mm</p> <p>DIAMETRO DEL TAMBOR</p> $D_{tambor} \geq d_1 * h_1 * h_2$

$h_1 = 17$  (ver tabla 2.11)

Para este caso el término  $h_2 = 1$ .

$$Dtambor \geq 19 * 17 = 323$$

$$Dtambor = 350mm$$

LONGITUD DEL TAMBOR

$$Lcable = H * n^{\circ}ramales$$

$H = 10m$

$$Lcable = 10 * 4 = 40m$$

LONGITUD DE ESPIRA

$$Lespira = \pi * Dtambor$$

$$Lespira = \pi * 350 = 1099.56mm$$

N° DE ESPIRAS

$$espiras = \left( \frac{Lcable}{Lespira} + n^{\circ} espiras muertas \right)$$

$$n^{\circ} espiras = \left( \frac{40000}{1099.56} + 3 \right) = 39.38 = 40$$

- LONGITUD DEL TAMBOR

$$Ltambor = n^{\circ} espiras * s$$

$$Ltambor = 40 * 22 = 880 = 900mm$$

$h_1 = 22.4$  (ver tabla 2.11)

Para este caso el término  $h_2 = 1$ .

$$Dtambor \geq 22 * 22.4 * 1 = 492.8$$

$$Dtambor = 500mm$$

LONGITUD DEL TAMBOR

$$Lcable = H * n^{\circ}ramales$$

$H = 10m$

$$Lcable = 10 * 4 = 40m$$

LONGITUD DE ESPIRA

$$Lespira = \pi * Dtambor$$

$$Lespira = \pi * 500 = 1570.8mm$$

N° DE ESPIRAS

$$espiras = \left( \frac{Lcable}{Lespira} + n^{\circ} espiras muertas \right)$$

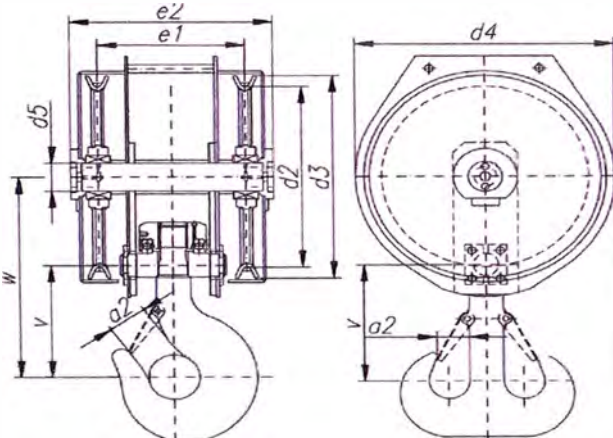
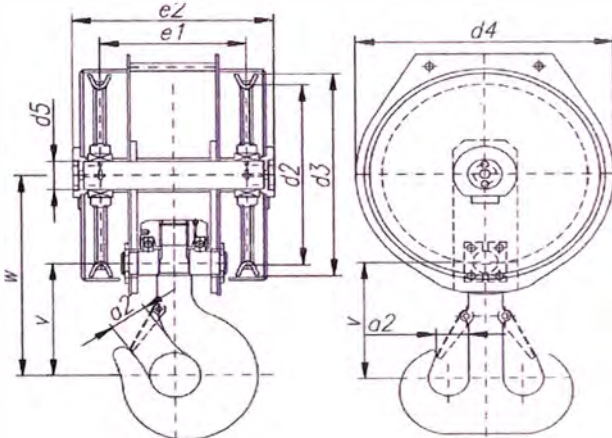
$$n^{\circ} espiras = \left( \frac{40000}{1570.8} + 3 \right) = 28.46 = 29$$

- LONGITUD DEL TAMBOR

$$Ltambor = n^{\circ} espiras * s$$

$$Ltambor = 29 * 25 = 725 = 750mm$$

## 4.3.5.APAREJOS

PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
<p>CONSIDERANDO CONFIGURACIÓN 4/1 CON 04 RAMALES, tenemos:</p> <p>Material Eje: 42CrMo4</p> <p>Material soportes: S355J2G3</p> <p>Suspensión: Clase P</p> <p>De la tabla 2.19, tenemos:</p> 	<p>CONSIDERANDO CONFIGURACIÓN 4/1 CON 04 RAMALES, tenemos:</p> <p>Material Eje: 42CrMo4</p> <p>Material soportes: S355J2G3</p> <p>Suspensión: Clase P</p> <p>De la tabla 2.19, tenemos:</p> 
<p>Figura 4.5. Gancho de dos poleas para FEM 2m</p> <p><math>\Phi</math> d1=19mm</p> <p>e1= 240mm</p> <p>e2= 350mm</p> <p>w= 420mm</p> <p><math>\Phi</math> d2=265mm</p> <p>Peso=106kg</p>	<p>Figura 4.6. Gancho de dos poleas para FEM 4m</p> <p><math>\Phi</math> d1=22mm</p> <p>e1= 360mm</p> <p>e2= 500mm</p> <p>w= 565mm</p> <p><math>\Phi</math> d2=500mm</p> <p>Peso=240kg</p>

## 4.3.6. MOTOR DE IZAJE

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
$P_{motor} = \frac{Q * v}{4500 * \eta}$ <p>Q= 10000kg + 106kg= 10106 Kg  <math>\eta=0.85</math>  v= 7 m/min</p> $P_{motor} = \frac{10106 * 7}{4500 * 0.85} = 18.50CV$ $P_{motor} = 18.50CV = 18.24 HP$ $= 13.60 kW$ <p>De acuerdo a la tabla 2.23  seleccionamos motor de P=15 kW,  Consideramos un motor de 8 polos (ver  apéndice n°2)  RPM= 750 RPM  Tnom=198Nm</p>	$P_{motor} = \frac{Q * v}{4500 * \eta}$ <p>Q= 10000kg + 240kg= 10240 Kg  <math>\eta=0.85</math>  v= 12 m/min</p> $P_{motor} = \frac{10240 * 12}{4500 * 0.85} = 32.13CV$ $P_{motor} = 32.13CV = 31.68 HP$ $= 23.63 kW$ <p>De acuerdo a la tabla 2.23 seleccionamos  motor de P=29 kW,  Consideramos un motor de 8 polos (ver  apéndice n°2)  RPM= 750 RPM  Tnom=329Nm</p>
<p>FACTOR DE SERVICIO (% ED)  De acuerdo a la tabla 2.24, el factor de  servicio del motor debe ser 40% para</p>	<p>FACTOR DE SERVICIO (% ED)  De acuerdo a la tabla 2.24, el factor de  servicio del motor debe ser 60% para</p>



<p>F.E.M. 2m, esto significa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En 10 minutos de operación puede trabajar 04 min en velocidad de operación</li> </ul>	<p>F.E.M. 4m, esto significa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En 10 minutos de operación puede trabajar 06 min en velocidad de operación</li> </ul>
--	--

#### 4.3.7. MOTORES ELÉCTRICOS DE TRASLACIÓN

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
<p><u>Potencia de traslación del carro</u></p> $P_{motor} = \frac{(G1 + G2 + G4) * w * v_{tras}}{4.5 * 10^6 * \eta}$ <p>G1= 850 kg de las tablas del fabricante G2= 120 kg de las tablas del fabricante G4=10000kg w=7 η=0.85 v= 25 m/min</p> $P_{motor} = \frac{10970 * 7 * 25}{4.5 * 10^6 * 0.85} = 0.52CV$ $P_{motor} = 0.52CV = 0.51 HP = 0.38 kW$ <p>Pmotor traslación carro de acuerdo a fabricante: 0.44kW</p>	<p><u>Potencia de traslación del carro</u></p> $P_{motor} = \frac{(G1 + G2 + G4) * w * v_{tras}}{4.5 * 10^6 * \eta}$ <p>G1= 1680 kg de las tablas del fabricante G2= 210 kg de las tablas del fabricante G4= 10000kg w=7 η=0.85 v= 25 m/min</p> $P_{motor} = \frac{11890 * 7 * 25}{4.5 * 10^6 * 0.85} = 0.54CV$ $P_{motor} = 0.54CV = 0.53 HP = 0.40 kW$ <p>Pmotor traslación carro de acuerdo a fabricante: 0.6kW</p>

Potencia de traslación del puente grúa

$$P = \frac{(G1 + G2 + G3 + G4) * w * v_{tras}}{4.5 * 10^6 * \eta}$$

G1= 850 kg de las tablas del fabricante

G2= 120 kg de las tablas del fabricante

G3= 1981.7 kg peso de vigas puente

G4=10000kg

w=7

$\eta=0.85$

v= 25 m/min (velocidad estándar para FEM 2m)

$$P_{motor} = \frac{12951.7 * 7 * 25}{4.5 * 10^6 * 0.85} = 0.60CV$$

$$P_{motor} = 0.60CV = 0.59 HP = 0.44 kW$$

Pmotor puente= 2 x 0.6kW

Potencia de traslación del puente grúa

$$P = \frac{(G1 + G2 + G3 + G4) * w * v_{tras}}{4.5 * 10^6 * \eta}$$

G1= 1680 kg de las tablas del fabricante

G2= 210 kg de las tablas del fabricante

G3= 3338.3 kg peso de vigas puente

G4=10000kg

w=7

$\eta=0.85$

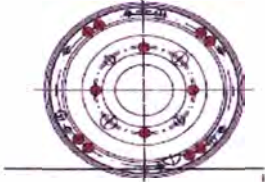
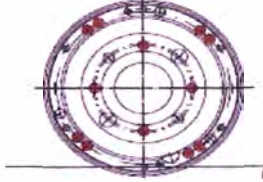
v= 45 m/min (velocidad estándar para FEM 4m)

$$P_{motor} = \frac{15228.3 * 7 * 45}{4.5 * 10^6 * 0.85} = 1.25CV$$

$$P_{motor} = 1.25CV = 1.23 HP = 0.92 kW$$

Pmotor puente= 2 x 1.5Kw

## 4.3.8. FRENOS

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
<p data-bbox="197 689 600 728"><math>M_{frenado} = M_{motor} * K</math></p> <p data-bbox="114 763 686 801">Se tiene <math>K=2.5</math> por ser motor de izaje</p> <p data-bbox="173 835 624 871">T freno = <math>2.5 \times 198 = 495Nm</math>.</p> <p data-bbox="268 922 533 958">Tam. 500 / 500 Nm x rojo (8x polo exterior / 4x polo int)</p>  <p data-bbox="145 1178 660 1211">FIGURA 4.7. Tipo de freno para FEM 2m</p>	<p data-bbox="879 658 1281 696"><math>M_{frenado} = M_{motor} * K</math></p> <p data-bbox="796 730 1366 768">Se tiene <math>K=2.5</math> por ser motor de izaje</p> <p data-bbox="839 801 1321 837">T freno = <math>2.5 \times 329 = 822.5Nm</math>.</p> <p data-bbox="948 958 1212 994">Tam. 500 / 500 Nm x rojo (8x polo exterior / 4x polo int)</p>  <p data-bbox="826 1214 1342 1247">FIGURA 4.8. Tipo de freno para FEM 4m</p>

## 4.3.9. DISEÑO ESTRUCTURAL

## CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5

Seleccionamos una viga cajón con las siguientes características dimensionales

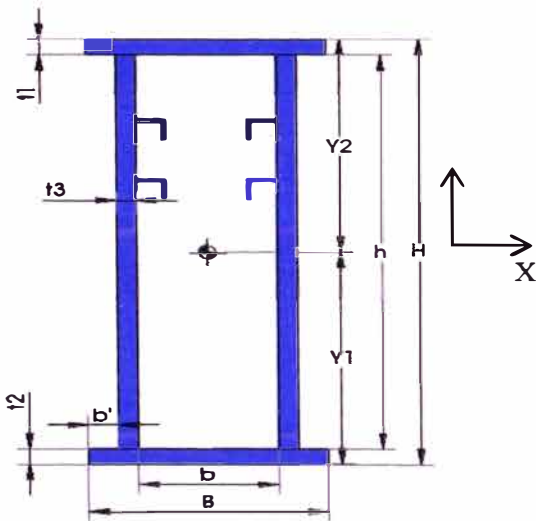


FIGURA 4.9. Perfil de viga cajón para FEM 2m

Del apéndice n° 1:

H	Mm	925.00
h	Mm	900.00
t1	Mm	15.00
t2	Mm	10.00
t3	Mm	7.00
B	Mm	400.00
b	Mm	340.00
Y1	Cm	53.55
Y2	Cm	38.95
Ix	cm <sup>4</sup>	319888.00
Iy	cm <sup>4</sup>	51291.00
Wx	cm <sup>3</sup>	5973.63
Wy	cm <sup>3</sup>	2565.00
A	cm <sup>2</sup>	249.00
G	kg/m	206.50
Ax	mm <sup>2</sup>	12600.00
Ay	mm <sup>2</sup>	20000.00

## CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7

Seleccionamos una viga cajón con las siguientes características dimensionales

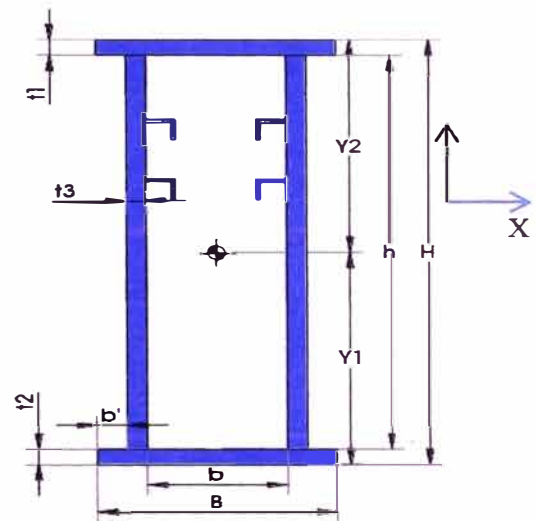


FIGURA 4.10. Perfil de viga cajón para FEM 4m

Del apéndice n° 1:

H	mm	1018.00
h	mm	1000.00
t1	mm	10.00
t2	mm	8.00
t3	mm	7.00
B	mm	400.00
b	mm	340.00
Y1	cm	54.77
Y2	cm	47.03
Ix	cm <sup>4</sup>	320949.00
Iy	cm <sup>4</sup>	51761.00
Wx	cm <sup>3</sup>	5859.94
Wy	cm <sup>3</sup>	2588.00
A	cm <sup>2</sup>	221.00
G	kg/m	184.30
Ax	mm <sup>2</sup>	14000.00
Ay	mm <sup>2</sup>	7200.00

Considerando el material RST 37-2

tenemos:

E	2038901	kg/cm <sup>2</sup>
Y	7850	kg/m <sup>3</sup>
Fy	260	kPa

a. Usando el criterio de deflexión

máxima tenemos:

$$f = \frac{10000 * 1900^3}{48 * 2038901 * 319888} = 21.91mm$$

$$\leq \frac{19000}{800} = 23.75mm$$

¡Cumple con este criterio!

Considerando el material RST 37-2

tenemos:

E	2038901	kg/cm <sup>2</sup>
Y	7850	kg/m <sup>3</sup>
Fy	260	kPa

c. Usando el criterio de deflexión máxima

tenemos:

$$f = \frac{10000 * 1900^3}{48 * 2038901 * 320949} = 21.84mm$$

$$\leq \frac{19000}{800} = 23.75mm$$

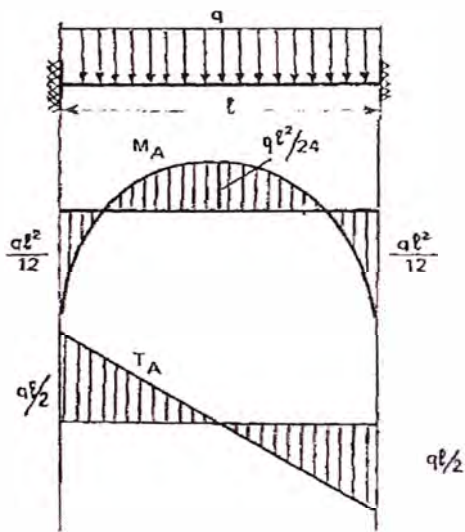
¡Cumple con este criterio!

**b. Aplicación de solicitaciones según norma F.E.M. al cálculo del puente grúa.**

**SOLICITACIONES HORIZONTALES**

CASO 1): Debido al peso propio.

$$SG = G = 206.5 * 9.8 = 2023.7 N/m$$



Calculando Mmax y Qcorte:

$$M_{fmax} = \frac{qL^2}{8} = \frac{2023.7 * 19^2}{8} = 91319.46 \text{ Nm}$$

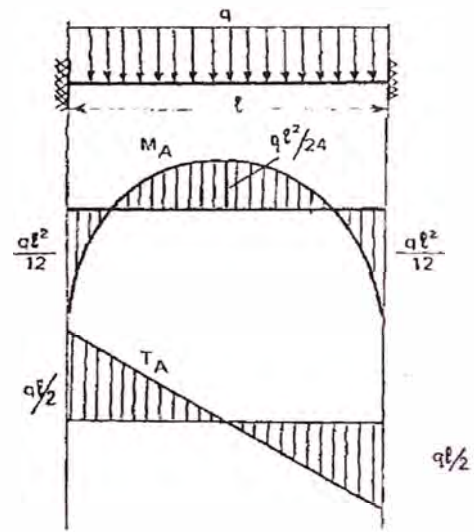
$$Q_{corte} = \frac{qL}{2} = \frac{1022.14 * 19}{2} = 19225.15 \text{ N}$$

**d. Aplicación de solicitaciones según norma F.E.M. al cálculo del puente grúa.**

**SOLICITACIONES HORIZONTALES**

CASO 1): Debido al peso propio.

$$SG = G = 184.3 * 9.8 = 1806.14 N/m$$



Calculando Mmax y Qcorte:

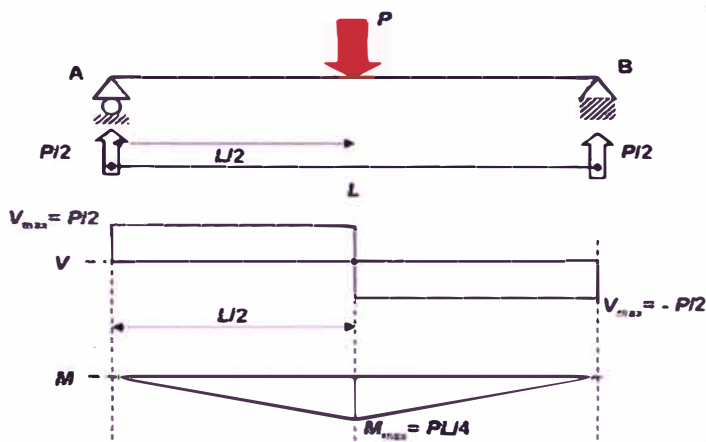
$$M_{fmax} = \frac{qL^2}{8} = \frac{2023.7 * 19^2}{8} = 81502.07 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{qL}{2} = \frac{1022.14 * 19}{2} = 17158.33 \text{ N}$$



CASO 2): La carga de servicio es de 10000kg, pero al haber 02 vigas puente, la carga se divide en dos.

$$SL = \frac{10000 * 9.8}{2} = 49000N$$



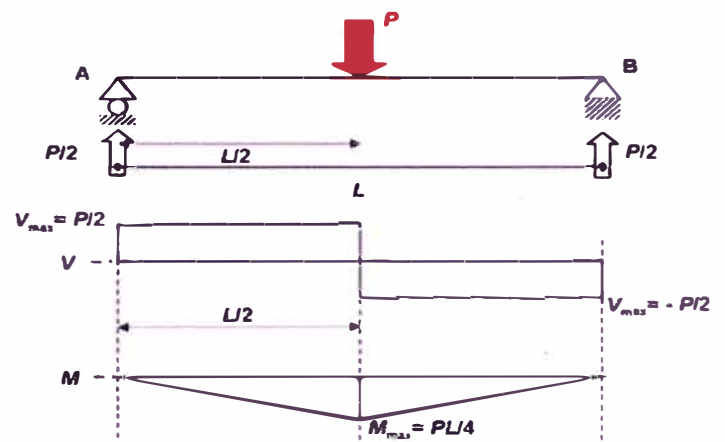
Calculando el Mmax y Qcorte:

$$M_{fmax} = \frac{qL}{4} = \frac{49000 * 19}{4} = 232750 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{q}{2} = \frac{49000}{2} = 24500 \text{ N}$$

CASO 2): La carga de servicio es de 10000kg, pero al haber 02 vigas puente, la carga se divide en dos.

$$SL = \frac{10000 * 9.8}{2} = 49000N$$



Calculando el Mmax y Qcorte:

$$M_{fmax} = \frac{qL}{4} = \frac{49000 * 19}{4} = 232750 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{q}{2} = \frac{49000}{2} = 24500 \text{ N}$$

### SOLICITACIONES VERTICALES

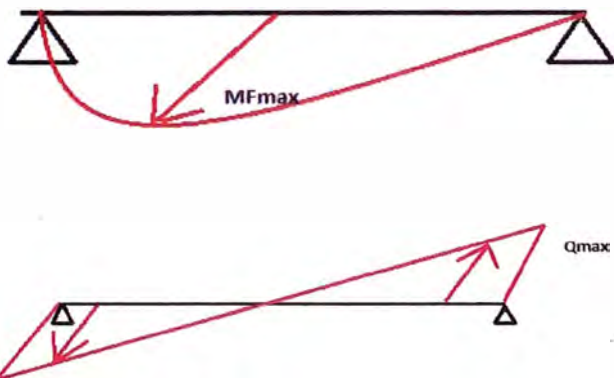
Calculamos las fuerzas debidas a la aceleración:

V traslación puente=25m/min=0.42m/s

De la tabla 2.30 para F.E.M. 2m, consideramos una velocidad y aceleración débil o de lenta carrera, entonces la aceleración en tablas sería de 0.098m/s<sup>2</sup>.

CASO 3). Para el peso propio: SH1

$$F = m * a = 206.5 * 0.098 = 20.24 \text{ N/m}$$



Calculando el  $M_{max}$  y  $Q_{corte}$ :

$$M_{fmax} = \frac{FL^2}{8} = \frac{20.24 * 19^2}{8} = 913.20 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{FL}{2} = \frac{20.34 * 19}{2} = 193.25 \text{ N}$$

### SOLICITACIONES VERTICALES

Calculamos las fuerzas debidas a la aceleración:

V traslación puente=45m/min=0.75m/s

De la tabla 2.30 para F.E.M. 4m, consideramos una velocidad y aceleración débil o de lenta carrera, entonces la aceleración en tablas sería de 0.33m/s<sup>2</sup>.

CASO 3). Para el peso propio: SH1

$$F = m * a = 184.3 * 0.33 = 60.82 \text{ N/m}$$



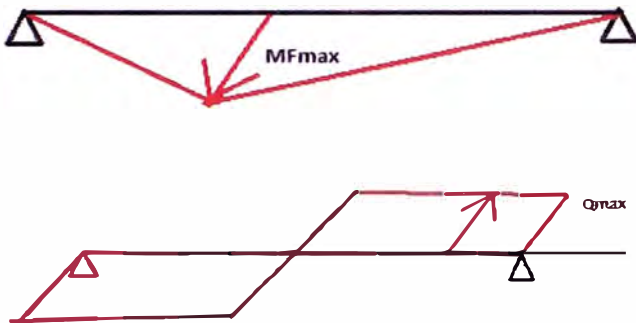
Calculando el  $M_{max}$  y  $Q_{corte}$ :

$$M_{fmax} = \frac{FL^2}{8} = \frac{60.82 * 19^2}{8} = 2744.46 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{FL}{2} = \frac{60.82 * 19}{2} = 577.78 \text{ N}$$

CASO 4). Para la carga de servicio: SH2

$$F = m * a = 5000 * 0.098 = 490 \text{ N}$$



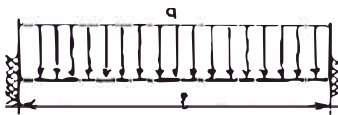
Calculando Mmax y Qcorte:

$$M_{fmax} = \frac{qL}{4} = \frac{490 * 19}{4} = 2327.5 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{q}{2} = \frac{490}{2} = 245 \text{ N}$$

CALCULO DE ESFUERZOS EN EL PUNTOCENTRAL PARA CADA CASO

CASO 1) En el punto central:

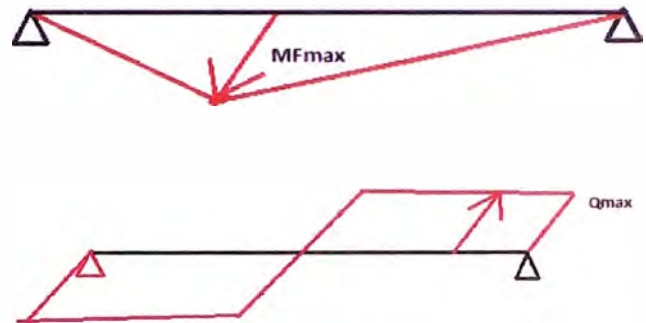


$$\sigma_1 = \frac{M_{fmax}}{W_x} = \frac{91319.46}{5973.63 * 10^{-6}} = 15.29 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = \frac{Q_{corte}}{A_{seccion}} = 0$$

CASO 4). Para la carga de servicio: SH2

$$F = m * a = 5000 * 0.33 = 1650 \text{ N}$$



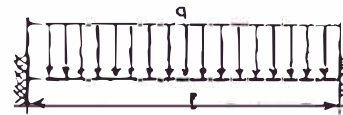
Calculando Mmax y Qcorte:

$$M_{fmax} = \frac{qL}{4} = \frac{1650 * 19}{4} = 7837.5 \text{ Nm}$$

$$Q_{corte} = \frac{q}{2} = \frac{1650}{2} = 825 \text{ N}$$

CALCULO DE ESFUERZOS EN EL PUNTOCENTRAL PARA CADA CASO

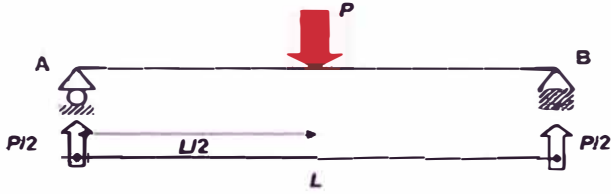
CASO 1) En el punto central:



$$\sigma_1 = \frac{M_{fmax}}{W_x} = \frac{81502.07}{5859.94 * 10^{-6}} = 13.91 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = \frac{Q_{corte}}{A_{seccion}} = 0$$

CASO 2) En el punto central:



$$\sigma_2 = \frac{M_{fmax}}{W_x} = \frac{232750}{5973.63 \cdot 10^{-6}} = 38.96 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_{corte}}{A_x} = \frac{24500}{12600 \cdot 10^{-6}} = 1.945 \text{ MPa}$$

CASO 3) En el punto central:



$$\sigma_3 = \frac{M_{fmax}}{W_y} = \frac{913.33}{2565 \cdot 10^{-6}} = 0.356 \text{ MPa}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_{corte}}{A_{seccion}} = 0$$

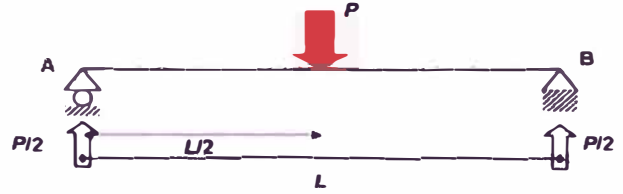
CASO 4) En el punto central:



$$\sigma_4 = \frac{M_{fmax}}{W_y} = \frac{2327.5}{2565 \cdot 10^{-6}} = 0.98 \text{ MPa}$$

$$\tau_4 = \frac{Q_{corte}}{A_y} = \frac{245}{10000 \cdot 10^{-6}} = 0.025 \text{ MPa}$$

CASO 2) En el punto central:



$$\sigma_2 = \frac{M_{fmax}}{W_x} = \frac{232750}{5859.94 \cdot 10^{-6}} = 39.72 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_{corte}}{A_x} = \frac{24500}{14000 \cdot 10^{-6}} = 1.750 \text{ MPa}$$

CASO 3) En el punto central:



$$\sigma_3 = \frac{M_{fmax}}{W_y} = \frac{2744.46}{2588 \cdot 10^{-6}} = 1.06 \text{ MPa}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_{corte}}{A_{seccion}} = 0$$

CASO 4) En el punto central:



$$\sigma_4 = \frac{M_{fmax}}{W_y} = \frac{7837.5}{2588 \cdot 10^{-6}} = 3.03 \text{ MPa}$$

$$\tau_4 = \frac{Q_{corte}}{A_y} = \frac{825}{7200 \cdot 10^{-6}} = 0.12 \text{ MPa}$$

APLICANDO LOS COEFICIENTES DE LA NORMA FEM TENEMOS:

**CALCULO DE COEFICIENTE DINÁMICO**

$$\varphi = 1 + \varepsilon * Vizaje = 1 + 0.6 * 0.12 = 1.07$$

**CASO 1) Afectado por Cs=1.5 y M=1.0**

**Solicitud=(1.5)(1.0)=1.5; Por lo tanto:**

$$\sigma_1 = (1.5) * 15.29 = 22.94MPa$$

$$\tau_1 = 0$$

**CASO (2): Afectando por Cs=1.5;  $\psi=1.07$  y M=1.0**

**Solicitud=(1.5)(1.07)(1.0)=1.605; Por lo tanto:**

$$\sigma_2 = (1.605) * 38.96 = 62.50MPa$$

$$\tau_2 = (1.605) * 1.945 = 3.121MPa$$

**CASO (3): Afectado por Cs=1.5 y M=1.0**

**Solicitud=(1.5)(1.0)=1.5; Por lo tanto:**

$$\sigma_3 = (1.5) * 0.356 = 0.534MPa$$

$$\tau_3 = 0$$

**CASO (4): Afectando por Cs=1.5 y M=1.0**

**Solicitud=(1.5)(1.0)=1.50; Por lo tanto:**

$$\sigma_4 = (1.50) * 0.98 = 1.361MPa$$

$$\tau_4 = (1.50) * 0.025 = 0.037MPa$$

APLICANDO LOS COEFICIENTES DE LA NORMA FEM TENEMOS:

**CALCULO DE COEFICIENTE DINÁMICO**

$$\varphi = 1 + \varepsilon * Vizaje = 1 + 0.6 * 0.2 = 1.12$$

**CASO 1) Afectado por Cs=1.5 y M=1.2**

**Solicitud=(1.5)(1.2)=1.8; Por lo tanto:**

$$\sigma_1 = (1.8) * 13.91 = 25.035MPa$$

$$\tau_1 = 0$$

**CASO (2): Afectando por Cs=1.5;  $\psi=1.12$  y M=1.2**

**Solicitud=(1.5)(1.12)(1.2)=2.02; Por lo tanto:**

$$\sigma_2 = (2.02) * 39.72 = 80.232MPa$$

$$\tau_2 = (2.02) * 1.75 = 3.54MPa$$

**CASO (3): Afectado por Cs=1.5 y M=1.2**

**Solicitud=(1.5)(1.2)=1.8; Por lo tanto:**

$$\sigma_3 = (1.8) * 1.06 = 1.909MPa$$

$$\tau_3 = 0$$

**CASO (4): Afectando por Cs=1.5 y M=1.2**

**Solicitud=(1.5)(1.2)=1.8; Por lo tanto:**

$$\sigma_4 = (1.8) * 3.03 = 5.451MPa$$

$$\tau_4 = (1.8) * 0.12 = 0.206MPa$$

<p><b>Por teoría de esfuerzos:</b></p> $\sigma_{equiv} = 87.53MPa$ <p>Entonces:</p> $\sigma_{equiv} = 87.53MPa < 260MPa$ <p><b>¡Cumple con este criterio!</b></p> <p><b>El perfil seleccionado cumple para la aplicación requerida.</b></p>	<p><b>Por teoría de esfuerzos:</b></p> $\sigma_{equiv} = 112.79MPa$ <p>Entonces:</p> $\sigma_{equiv} = 112.79MPa < 260MPa$ <p><b>¡Cumple con este criterio!</b></p> <p><b>El perfil seleccionado cumple para la aplicación requerida.</b></p>
---	---

#### 4.3.10. ANALISIS DE DEFLEXIONES DE LA VIGA PUENTE PARA EL CASO

##### FEM 2m

Considerando los principios de resistencia de materiales tenemos las siguientes deformaciones elásticas:

1. Debido al peso de la viga puente aplicamos la siguiente formula:

$$\Delta h = \frac{5 * q * L^4}{348 * E * Ix}$$

Donde:

$\Delta h$ : deflexión elástica en mm

q: Ratio peso por unidad e longitud, en kg/cm

L: longitud, en cm



2. Debido a la carga de izaje, aplicamos la siguiente definición:

$$\Delta h = \frac{P * L^3}{48 * E * I_x}$$

Donde:

P: Carga nominal de izaje, en kg.

3. Aplicando principio de superposición de deflexiones consideramos la deflexión final como la suma de la deflexión unitaria (producto del peso de la viga) y la deflexión nominal (producto de la carga nominal de izaje).

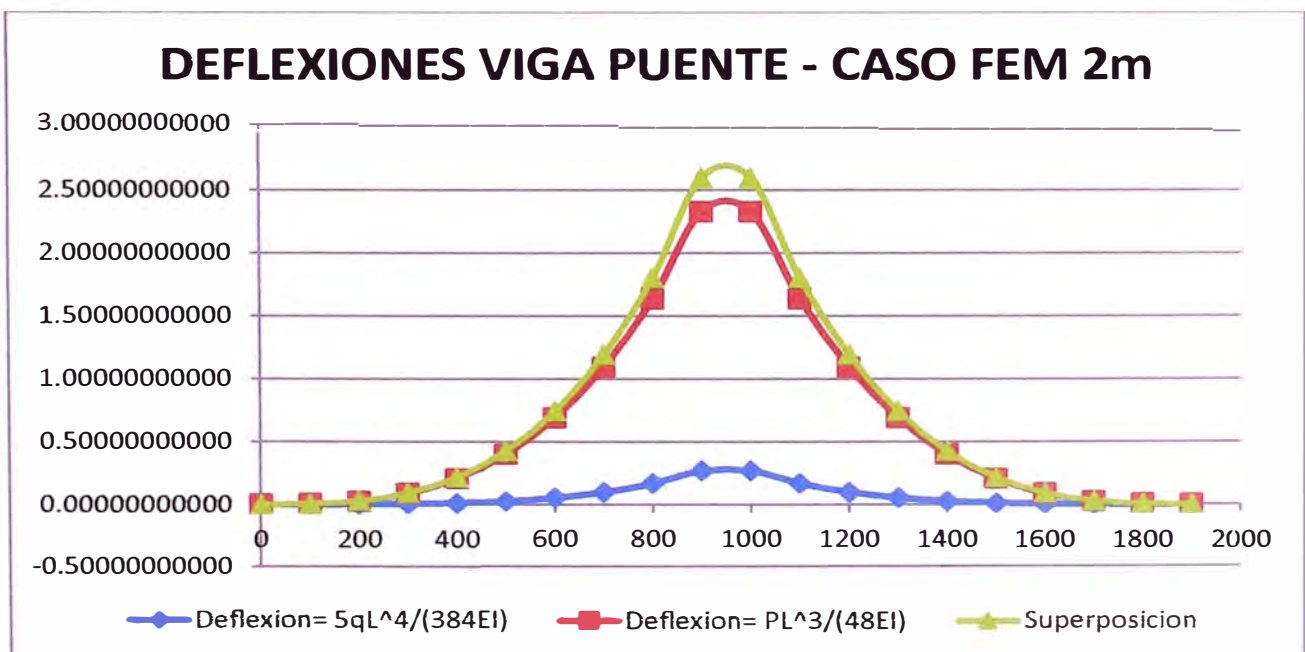
- Para el caso del puente grúa FEM 2m, tenemos:

$E=2038901 \text{ kg/cm}^2$

$I_x=319888 \text{ cm}^4$

$q= 2.065 \text{ kg/cm}$

$P= 10000\text{kg}$



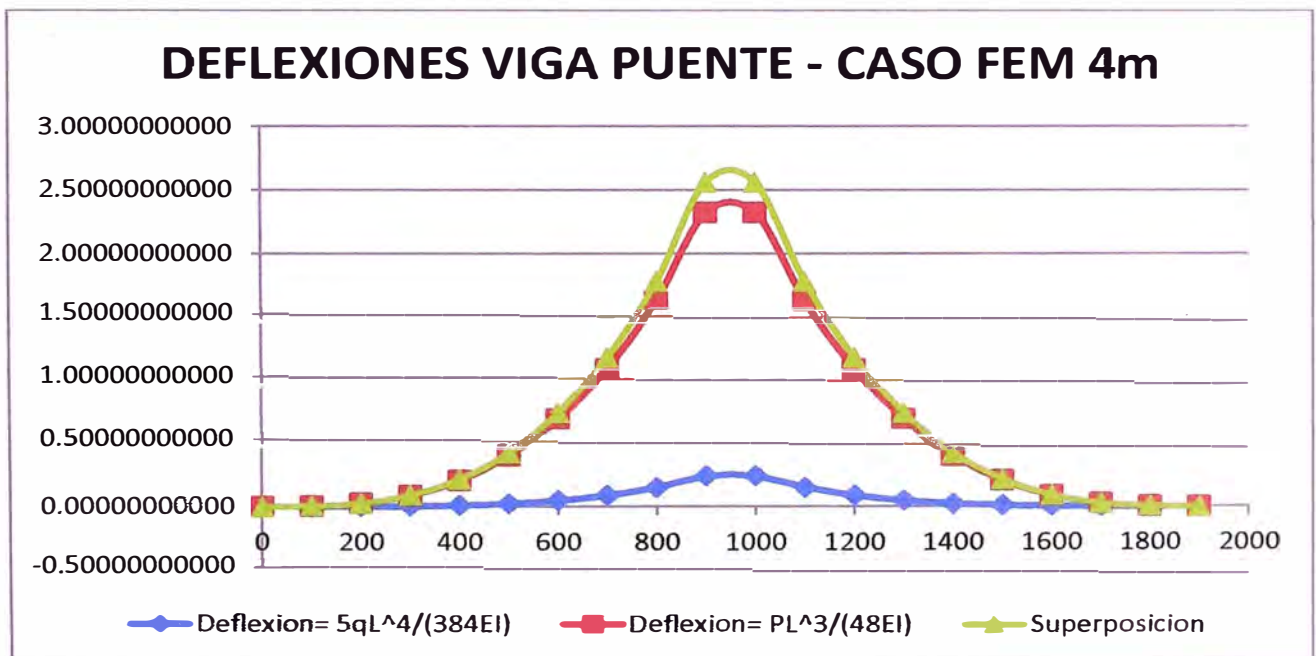
- Para el caso del puente grúa FEM 4m, tenemos

$$E=2038901 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x=320949 \text{ cm}^4$$

$$q= 1.843 \text{ kg/cm}$$

$$P= 10000\text{kg}$$



## 4.3.11. CONSIDERACIONES COMERCIALES

CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 2m/M5	CASO PUENTE GRÚA 10TON FEM 4m/M7
Para este equipo tenemos:	Para este equipo tenemos:
N° de gancho DIN: DIN 06 Peso de gancho: 24kg	N° de gancho DIN: DIN 12 Peso de gancho: 57kg
Diámetro de cable de izaje: 19mm, configuración 4/1	Diámetro de cable de izaje: 22mm, configuración 4/1
Diámetro de polea: 450mm Diámetro de polea de retorno: 300mm	Diámetro de polea: 650mm Diámetro de polea de retorno: 400mm
Diámetro del tambor de izaje: 350mm Longitud del tambor de izaje: 900mm	Diámetro del tambor de izaje: 500mm Longitud del tambor de izaje: 750mm
Peso del aparejo 4/1: 106 kg	Peso del aparejo 4/1: 204 kg
Potencia de motor de izaje: 15kW Motor de 8 Polos/750RPM/Taq=198Nm Factor de servicio %ED=40% Potencia de motor de carro: 0.44kW Potencia de motor de puente: 2 x 0.60kW	Potencia de motor de izaje: 29kW Motor de 8 Polos/750RPM/Taq=329Nm Factor de servicio %ED=60% Potencia de motor de carro: 0.60kW Potencia de motor de puente: 2 x 1.5kW
Freno de izaje: Tnom=495Nm	Freno de izaje: Tnom=822.5Nm
Dos vigas tipo cajón H=925mm	Dos vigas tipo cajón H=1018mm

<p><b>B=400mm</b></p> <p><b>Peso total=206.5*19*2=7847 kg</b></p> <p><b>Deflexión max= 21.91mm</b></p>	<p><b>B=400mm</b></p> <p><b>Peso total=184.3*19*2=7003.4 kg</b></p> <p><b>Deflexión max= 21.84mm</b></p>
<p><b>COSTO POR UNIDAD DE PESO</b></p> <p><b>Precio de componentes electromecánicos= USD 37000</b></p> <p><b>Precio aproximado de kilo de acero trabajado = USD 3.4/kg * 7847= USD 26679.8</b></p> <p><b>Costo total del puente grúa, sin considerar utilidad: <u>USD 63679.8</u></b></p> <p><b>Considerando 1200kg el peso de los componentes electromecánicos.</b></p> <p><b>Peso total del puente grúa: 9047 kg</b></p> <p><b><u>Fc/p=USD 63679.8 / 9047= USD 7.04 / kg de Puente grúa</u></b></p>	<p><b>COSTO POR UNIDAD DE PESO</b></p> <p><b>Precio de componentes electromecánicos= USD 65700</b></p> <p><b>Precio aproximado de kilo de acero trabajado = USD 3.4/kg * 7003.4 = USD 23811.56</b></p> <p><b>Costo total del puente grúa, sin considerar utilidad: <u>USD 89511.56</u></b></p> <p><b>Considerando 2100kg el peso de los componentes electromecánicos.</b></p> <p><b>Peso total del puente grúa: 9103.4 kg</b></p> <p><b><u>Fc/p=USD 89511.56 / 9103.4 = USD 9.83 / kg de Puente grúa</u></b></p>

<p><b>CONSUMO DE ENERGÍA</b></p> <p>Tenemos los siguientes datos:</p> <p>Potencia Motor izaje: 15kW</p> <p>Potencia motor carro: 0.44 kW</p> <p>Potencia motor puente: 2 x 0.60 kW</p>	<p><b>CONSUMO DE ENERGÍA</b></p> <p>Tenemos los siguientes datos:</p> <p>Potencia Motor izaje: 29kW</p> <p>Potencia motor carro: 0.60 kW</p> <p>Potencia motor puente: 2 x 1.50 kW</p>
<p>Potencia consumida total: 16.64 kW</p> <p>Considerando: 440VAC, 60Hz, 3 fases, tenemos:</p> $I_n = \frac{16.64kW}{\sqrt{3} * 440} = 21.86 \text{ Amperios}$ <p><b>CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA:</b></p> $E(\text{día}) = 16.64kW * \%ED * n^\circ \text{horas dia}$ $E(\text{día}) = 16.64kW * 40\% * 5$ $= 33.4kW/h$	<p>Potencia consumida total: 32.6 kW</p> <p>Considerando: 440VAC, 60Hz, 3 fases, tenemos:</p> $I_n = \frac{32.6kW}{\sqrt{3} * 440} = 42.83 \text{ Amperios}$ <p><b>CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA:</b></p> $E(\text{día}) = 32.6kW * \%ED * n^\circ \text{horas dia}$ $E(\text{día}) = 32.6kW * 60\% * 12$ $= 234.7kW/h$

## CAPITULO V

### ANALISIS ECONÓMICO DE LOS RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO

#### 5.1. Impacto económico del Caso Estudio en proyectos de ingeniería.

De manera estandarizada tenemos el siguiente procedimiento en el desarrollo de proyectos de ingeniería:

Estudio de factibilidad o estudio conceptual

Ingeniería Básica

Estudio de Impacto Ambiental

Ingeniería de Detalle

Procura, Construcción y Comisionamiento

Esta manera de ver los proyectos de ingeniería deja un vacío entre el proyecto y la operación debido a que la compañía que efectúa los pasos mencionados anteriormente no es necesariamente la compañía que estaría operando la planta. En ese sentido las empresas que desarrollan proyectos no son totalmente responsables por las implicancias de los equipos que se han adquirido para el período de operación, y son las empresas que las operan quienes finalmente tienen la responsabilidad de trabajar y mantener estos equipos.



En caso una compañía de proyectos ejecuta la construcción y procura de una planta industrial sin considerar el análisis de clase de servicio de puentes grúa, podría darse el caso de que esta compañía adquiriera un puente grúa de clase F.E.M. 4m (servicio pesado) cuando la necesidad real de la planta es contar con un puente grúa F.E.M. 2m (servicio ligero). Este es un caso de sobrevaloración del equipo, ya que se estaría adquiriendo un equipo F.E.M. 4m con aproximadamente un 35% - 45% el valor de un equipo F.E.M. 2m, el cual es el que realmente se requiere para la operación de la planta. Esto está directamente ligado al presupuesto del proyecto.

## 5.2. Impacto económico del Caso Estudio en mantenimiento y operación.

Este impacto económico se revisa una vez que se realiza la transferencia de equipos por parte de la compañía de proyectos hacia el usuario final (área operativa).

Si por ejemplo la compañía de proyectos adquirió un puente grúa con F.E.M. 2m (servicio ligero) cuando la necesidad real de la planta es un puente grúa de F.E.M. 4m (servicio pesado), el área de operación y/o mantenimiento del usuario final probablemente tendría los siguientes inconvenientes:

Los costos anuales planificados de mantenimiento se incrementan. Esto debido a que las piezas de desgaste no han sido diseñadas para un servicio pesado por lo tanto sufren de desgaste prematuro.

Las horas de paradas anuales del puente grúa aumentan y por lo tanto disminuye sus horas efectivas de producción.

El costo planificado de energía consumida es mayor al proyectado. Esto debido a que los motores de puente grúa deberían estar diseñados para un factor de marcha o servicio del 60% (F.E.M. 4m).

Podemos considerar finalmente que el impacto de una mala selección de puente grúa se observa principalmente durante la vida de trabajo nominal de la máquina, es decir en la etapa de operación de los proyectos de ingeniería.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones del Informe de Suficiencia

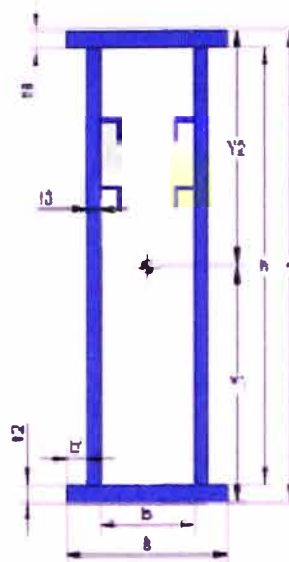
1. Concluimos que el caso de comparación planteado en el presente informe refleja las diferencias técnicas de dos puentes grúa de similares capacidades pero diferentes clases de servicio según la norma F.E.M.
2. Concluimos que la selección de parámetros técnicos y comerciales de comparación son los requeridos para demostrar las diferencias que tiene 02 puentes grúa de igual capacidad de carga pero diferentes clases de servicio F.E.M.
3. Concluimos que el cuadro comparativo muestra las diferencias técnicas y comerciales de manera concreta.
4. Al ser positivos los puntos anteriores concluimos que mediante el análisis técnico y económico para la selección de puentes grúa según normas F.E.M. podemos reducir las deficiencias técnicas y comerciales producidas por una incorrecta selección de puentes grúa.
5. El caso estudio planteado en el presente informe nos detalla las diferencias en las áreas de mecánica, eléctrica, estructural y comercial de dos puentes grúa con las mismas características dimensionales y capacidad de carga. Esto nos lleva a la conclusión que no existe proyectos iguales en cuanto a los puentes grúa, y debe ser necesario realizar una correcta selección de estos equipos

para corroborar tanto la necesidad real del cliente y asimismo lo ofrecido por los proveedores.

6. El uso de normas para cualquier tipo de selección y/o diseño de equipos es considerado como una buena práctica en los proyectos de ingeniería. En ese sentido es criterio de cada profesional en ingeniería usarlas dependiendo del caso.
7. Por lo general en los proyectos, el sector industrial e inclusive los asesores comerciales de puentes grúa no conocen los detalles que la norma F.E.M. ofrece para clarificar la selección de esta clase de equipos.
8. En la mayoría de casos una incorrecta selección de equipos de izaje se aprecia cuando el proyecto pasa a ser una operación industrial. Ya en esta etapa, y teniendo en cuenta que los objetivos son distintos a la etapa de proyecto, es donde las áreas de mantenimiento y operaciones tienen que lidiar con los problemas operativos de los equipos adquiridos en la etapa anterior.
9. El mercado nacional de puentes grúa se basa principalmente en equipos electromecánicos de procedencia Europea, con países fabricantes como Alemania, España, Finlandia liderando este negocio. Estos fabricantes se alinean a las disposiciones de la norma F.E.M., es por eso la importancia de conocer esta norma y su ámbito de aplicación para proyectos que podamos ejecutar.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: DIMENSIONES TÍPICAS DE VIGAS CAJÓN PARA Puentes GRÚA BIRRIEL



H	h	t1	t2	t3	B	b	Y1	Y2	Ix	Iy	Wx	Wy	A	G	Ax	Ay
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>	kg/m	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
584.00	550.00	8.00	6.00	6.00	300.00	240.00	32.43	23.97	56938.00	13149.00	1755.72	876.00	121.00	102.20	6600.00	4200.00
614.00	600.00	8.00	6.00	6.00	300.00	240.00	34.43	26.97	67676.00	14057.00	1965.61	937.00	123.00	104.30	7200.00	4200.00
618.00	600.00	12.00	6.00	6.00	300.00	240.00	37.67	24.13	77996.00	14957.00	2070.51	997.00	141.00	118.40	7200.00	5400.00
627.00	600.00	15.00	12.00	6.00	300.00	240.00	36.12	26.58	110389.00	16993.00	3056.17	1133.00	173.00	144.30	7200.00	8100.00
635.00	600.00	20.00	15.00	6.00	300.00	240.00	38.13	25.37	139707.00	18825.00	3663.97	1255.00	211.00	175.70	7200.00	10500.00
714.00	700.00	8.00	6.00	6.00	300.00	240.00	39.65	31.75	96869.00	15873.00	2443.10	1058.00	135.00	114.10	8400.00	4200.00
718.00	700.00	12.00	6.00	6.00	300.00	240.00	43.20	28.60	111524.00	16773.00	2581.57	1118.00	153.00	128.20	8400.00	5400.00
727.00	700.00	15.00	12.00	6.00	300.00	240.00	41.94	30.76	156480.00	18810.00	3731.04	1254.00	188.00	156.50	8400.00	8100.00
735.00	700.00	20.00	15.00	6.00	400.00	340.00	43.59	29.91	238977.00	43864.00	5482.38	2193.00	258.00	214.10	8400.00	14000.00
814.00	800.00	8.00	6.00	7.00	300.00	240.00	44.41	36.99	141594.00	20249.00	3188.34	1350.00	163.00	136.40	11200.00	4200.00
818.00	800.00	12.00	6.00	7.00	300.00	240.00	47.93	33.87	162108.00	21149.00	3382.18	1410.00	181.00	150.60	11200.00	5400.00
827.00	800.00	15.00	12.00	7.00	300.00	240.00	46.94	35.76	220027.00	23186.00	4687.41	1546.00	216.00	178.80	11200.00	8100.00
835.00	800.00	20.00	15.00	7.00	400.00	340.00	48.84	34.66	327502.00	52441.00	6705.61	2622.00	286.00	236.60	11200.00	14000.00
916.00	900.00	10.00	6.00	7.00	400.00	340.00	50.92	40.68	198907.00	22835.00	3906.26	1522.00	183.00	152.50	12600.00	6400.00
918.00	900.00	12.00	6.00	7.00	400.00	340.00	53.25	38.55	215242.00	23285.00	4042.10	1552.00	195.00	161.90	12600.00	7200.00
925.00	900.00	15.00	10.00	7.00	400.00	340.00	53.55	38.95	319888.00	51291.00	5973.63	2565.00	249.00	206.50	12600.00	10000.00
935.00	900.00	20.00	15.00	7.00	400.00	340.00	54.90	38.60	410405.00	51048.00	7475.50	2552.00	282.00	248.20	12600.00	14000.00
968.00	950.00	12.00	6.00	7.00	400.00	340.00	56.58	40.22	283346.00	49654.00	5007.88	2483.00	220.00	183.20	13300.00	7200.00
1018.00	1000.00	10.00	8.00	7.00	400.00	340.00	54.77	47.03	320949.00	51761.00	5859.94	2588.00	221.00	184.30	14000.00	7200.00
1020.00	1000.00	12.00	8.00	8.00	400.00	340.00	57.43	44.57	347387.00	52828.00	6048.88	2641.00	235.00	195.30	12000.00	8000.00
1025.00	1000.00	15.00	10.00	7.00	400.00	340.00	58.97	43.53	407281.00	55506.00	6906.58	2775.00	263.00	218.00	14000.00	10000.00

## IEC Squirrel-Cage Motors Standard motors up to frame size 315 L

Self-ventilated energy-saving motors with improved efficiency – Cast-iron series 1LA6/1LG4

### Selection and ordering data (continued)

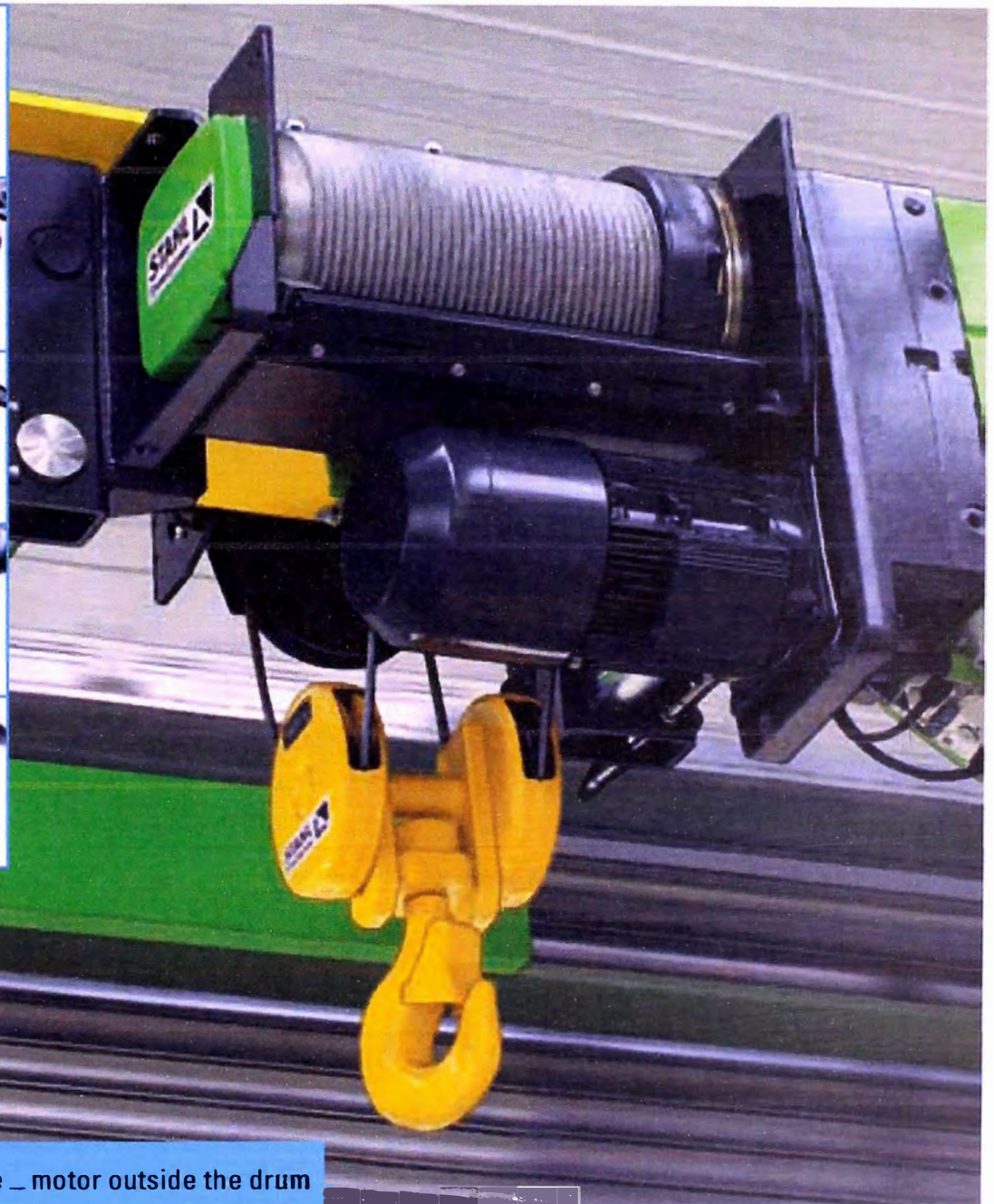
Rated output at		Frame size	Operating values at rated output					Power factor at 50 Hz 4/4-load	Rated current at 400 V, 50 Hz	Order No. For Order No. supplements for voltage and type of construction, see table below	Price	Weight IM B3 type of construction approx. / kg
50 Hz	60 Hz		Rated speed at 50 Hz	Rated torque at 50 Hz	Efficiency Class according to CEMEP	Efficiency at 50 Hz 4/4-load	Efficiency at 50 Hz 3/4-load					
$P_{rated}$ kW	$P_{rated}$ kW	FS	$n_{rated}$ rpm	$T_{rated}$ Nm	$\eta_{rated}$ %	$\eta_{rated}$ %	cos $\phi_{rated}$	$I_{rated}$ A				
<b>8-pole, 750 rpm at 50 Hz, 900 rpm at 60 Hz, temperature class 155 (F), IP55 degree of protection</b>												
0.75	0.86	100 L	680	11	66	65	0.76	2.15	<b>1LA6 106-8AB00</b>		29	
1.1	1.3	100 L	680	15	72	72	0.76	2.9	<b>1LA6 107-8AB00</b>		32	
1.5	1.75	112 M	705	20	74	74	0.76	3.85	<b>1LA6 113-8AB00</b>		39	
2.2	2.55	132 S	700	30	75	75	0.74	5.7	<b>1LA6 131-8AB00</b>		50	
3	3.45	132 M	700	41	77	77.5	0.74	7.6	<b>1LA6 133-8AB00</b>		57	
4	4.6	160 M	715	53	80	80	0.72	10	<b>1LA6 163-8AB00</b>		91	
5.5	6.3	160 M	710	74	83.5	83.5	0.73	13	<b>1LA6 164-8AB00</b>		102	
7.5	8.6	160 L	715	100	85.5	85.5	0.72	17.6	<b>1LA6 166-8AB00</b>		122	
11	13.2	180 L	725	145	87.5	86.3	0.73	25	<b>1LG4 186-8AB00</b>		150	
15	18	200 L	725	198	87.7	86.4	0.76	32.5	<b>1LG4 207-8AB00</b>		205	
18.5	22	225 S	730	242	89.4	90.4	0.78	38.5	<b>1LG4 220-8AB00</b>		270	
22	26.5	225 M	730	288	89.7	90.7	0.79	45	<b>1LG4 223-8AB00</b>		290	
30	36	250 M	730	392	91.4	92.2	0.81	58	<b>1LG4 263-8AB00</b>		385	
37	44.6	280 S	735	481	92	92.8	0.81	72	<b>1LG4 280-8AB00</b>		475	
45	54	280 M	735	585	92.4	93.3	0.81	87	<b>1LG4 284-8AB00</b>		515	
55	66	315 S	740	710	93	93.4	0.81	106	<b>1LG4 310-8AB00</b>		680	
75	90	315 M	738	971	93.3	94	0.83	140	<b>1LG4 313-8AB00</b>		745	
90	110	315 L	738	1165	93.4	94	0.83	168	<b>1LG4 316-8AB00</b>		825	
110	132	315 L	738	1423	94	94.4	0.83	205	<b>1LG4 317-8AB00</b>		1020	
132	158	315 L	738	1708	94.2	94.6	0.83	245	<b>1LG4 318-8AB00</b>		1100	



## **APENDICES**

APENDICE 1: POLIPASTOS A CABLE MODELO SH MARCA STAHL CRANE  
SYSTEMS

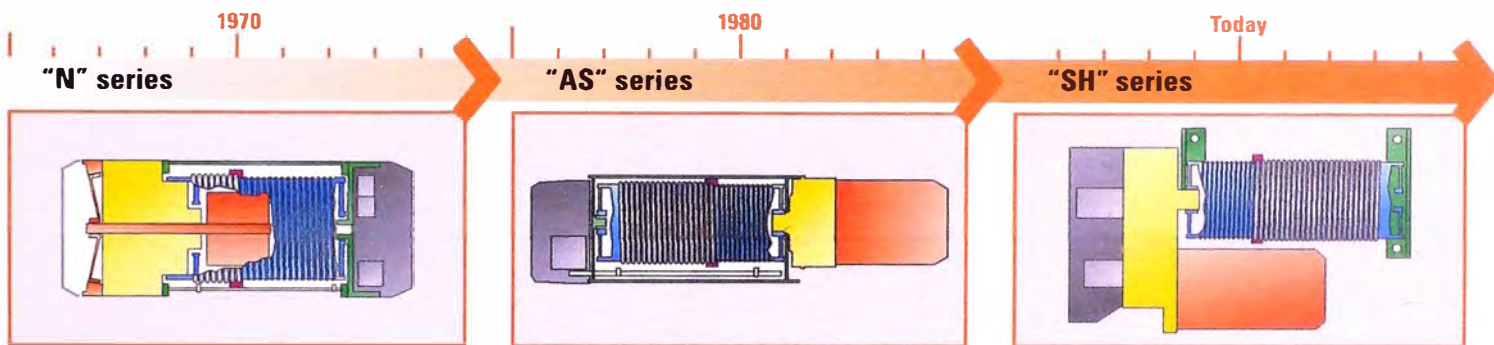
# The SH wire rope hoist \_ the result of many years of experience



- › **Durable** \_ motor outside the drum
- › **Low** \_ gear without open gearing
- › **Safe** \_ tried-and-tested, closed rope guide in cast metal
- › **Simple** \_ drum easily accessible for replacing rope
- › **Compact** \_ short dimensions provided by "U"-shaped construction

# Experience \_ the first essential for our leading position

130 years of tradition, 130 years of practical approach, competence and experience. STAHL CraneSystems can look back on a past characterised by the constant drive for innovation and important modernisations. Revolutionary and programmatic in many fields, always receptive for new aspects, we have built up a wealth of experience that gives us prominent advantages today. Thus an analysis of the various generations of our wire rope hoists clearly demonstrates the superiority of the low-maintenance SH series with its externally positioned motor over a series with a motor integrated into the rope drum.



The principle of the N series of wire rope hoists, progressive in the 70s, proves to be extremely successful. The motor is installed in the rope drum and permits a particularly compact construction.

The main characteristics of the "N" series:

- ⤴ compact length, efficient utilisation of available space
- ⤴ easily accessible, externally positioned brake
- ⤴ power transmission from motor to drum via open gear ring
- ⤴ maintenance-intensive due to internal gearing on drum
- ⤴ poor cooling of motor

The AS series is developed in the 80s. Here, motor, gear and drum lie behind one another on a common axis. The external arrangement of the motor facilitates maintenance work and improves heat dissipation.

The main characteristics of the "AS" series:

- ⤴ simple maintenance
- ⤴ no open gearing
- ⤴ higher performance and heavier loads possible thanks to conception of gear with central drive shaft
- ⤴ efficient cooling of motor
- ⤴ long construction

The wire rope hoist from STAHL CraneSystems is one of the most progressive designs available today. Compact, powerful and particularly maintenance-friendly, these are just three of the many advantages of this major innovation.

The main characteristics of the "SH" series:

- ⤴ compact dimensions provided by "U"-shaped construction
- ⤴ optimum cooling of motor
- ⤴ gear with lifetime lubrication
- ⤴ no open gearing
- ⤴ motor and brake easily accessible
- ⤴ drum easily accessible making replacing rope easy
- ⤴ closed rope guide in cast metal

➔ [www.stahlcranes.com](http://www.stahlcranes.com)

STAHL CraneSystems GmbH, Daimlerstr. 6, 74653 Künzelsau, Germany  
Tel +49 7940 128-0, Fax +49 7940 55665, [marketing@stahlcranes.com](mailto:marketing@stahlcranes.com)

