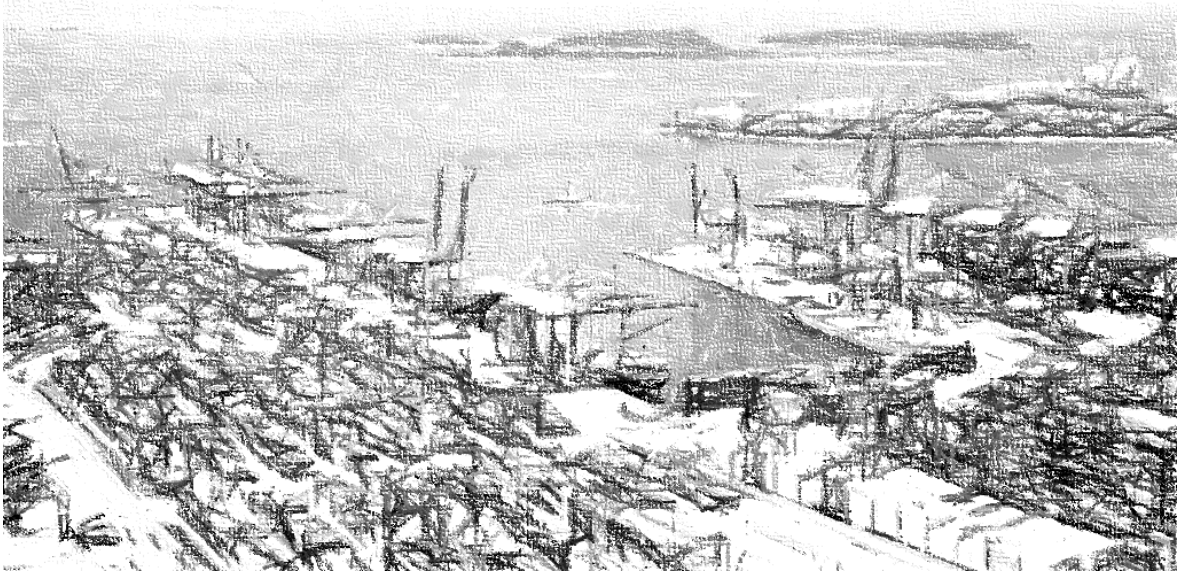


PROBLEMAS DE GRÚAS PARA INGENIEROS



Ph.D Manuela Vílchez Vílchez

Ph.D Antonio Illana Martos

PROBLEMAS DE GRÚAS PARA INGENIEROS

Publica: Manuela Vílchez

C/ La Parra 39, 11205 Algeciras (Cádiz) – ESPAÑA

Tel: +34 650 595 179

Whatsapp: +34 689 648 054

Correo: antonio.illana@gm.uca.es

manolivilchezvilchez@gmail.com

Descarga: <https://problemasdegruas.com>

©Manuela Vílchez, Antonio Illana

Primera edición, agosto de 2023

ISBN 978-84-09-53310-7

Depósito legal: CA 328-2023

SOBRE LOS AUTORES

	<p>Ingeniero Industrial, esp. Mecánica de Máquinas. (UNED – 1994). Doctorado en 2005 por la Universidad de Cádiz (España).</p> <p>Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras desde 1994. Materias: “Ingeniería del Transporte”, “Diseño de Máquinas”, “Teoría de Máquinas y Mecanismos”, “Mecánica de Robots” y “Transmisiones Mecánicas”. Autor de unas cien aportaciones entre congresos, artículos, libros y dirección de proyectos académicos.</p> <p>Profesor responsable de la línea de investigación “Análisis, innovación y desarrollo de maquinaria de terminal de contenedores”. Grupo de Investigación TIC 168, (UCA).</p> <p>Autor de cuatro patentes sobre maquinaria de grúas; y de otras dos relativas a contenedores frigoríficos.</p>
---	--

	<p>Doctora en Ingeniería, Universidad de Cádiz, 2016. Máster en PRL (CEU-San Pablo). Master en Mantenimiento</p> <p>Mas de 20 años de experiencia en Terminales de contenedores.</p> <p>Autora de cinco patentes en el campo de las Terminales de Contenedores, y contenedores frigoríficos.</p> <p>Miembro del Grupo de Investigación TIC-168 de la Universidad de Cádiz.</p> <p>Varios premios en Innovación Tecnológica.</p> <p>Aportaciones en congresos, conferencias y cursos de la Universidad de Cádiz.</p>
---	---

ÍNDICE

1. Introducción

2. Bibliografía

3. Cuestiones MOODLE

4. Tareas

- 1 – Potencia traslación carro.
- 2 – Clasificación de la grúa.
- 3 – Clasificación de mecanismos.
- 4 – Cálculo resistente de un cable de elevación.
- 5 – Cálculo de potencia de elevación.
- 6 – Cálculo de ruedas.
- 7 – Diseño de tambor.
- 8 – Cálculo grúa torre.
- 9 – Grúa móvil.
- 10 – Cálculo viga principal, puente grúa.

5. Preguntas de examen

- Tema 1. Componentes comunes de aparatos de elevación: Elementos de suspensión. Cables. Poleas.
- Tema 2. Equipamiento de grúas: Aparejos y tambores. Carriles y ruedas. Motores y transmisiones.
- Tema 3. Tipos de grúas.

6. Anexos teóricos

- Anexo I. Grupo de clasificación de los aparatos de elevación.
- Anexo II. Grupo de clasificación de los mecanismos.
- Anexo III. Rendimiento polipastos.

1. INTRODUCCIÓN

Estimado colega:

Aquí presentamos el texto de apoyo que nos hubiera gustado tener cuando empezamos a dar clases de grúas y, especialmente, cuando tuvimos que modificar la evaluación por necesidades del confinamiento Covid, dando más importancia a la evaluación continua y la resolución de ejercicios.

Este libro de problemas intenta transmitir la experiencia docente en la asignatura “Ingeniería del Transporte”. Para hacerlo más manejable y concreto, nos hemos centrado en la parte de grúas, dejando para el futuro la posibilidad de abarcar otros temas.

Esta asignatura la impartimos en el Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras, Universidad de Cádiz (España). También se estudian las grúas en la asignatura “Aparatos de elevación, transporte y mantenimiento” del Grado de Ingeniería Mecánica.

El libro se ha pensado para su distribución en formato pdf, con apoyo en una página web donde se puedan descargar las hojas de cálculo y las cuestiones en formato Moodle. La página está abierta y se puede consultar sin necesidad de manejar el libro.

<https://problemasdegruas.com>

Recomendamos encarecidamente al lector que acceda a la página y descargue los archivos que desee.

CONTENIDOS

En este texto podrá encontrar ejercicios sobre los siguientes conceptos:

Componentes comunes de aparatos de elevación: Elementos de suspensión. Cables. Poleas.

Equipamiento de grúas: Aparejos y tambores. Carriles y ruedas. Motores y transmisión.

Tipos de grúas: Solicitaciones. Comprobaciones estructurales. Puente-grúa. Grúa pórtico. Grúa consola. Grúas giratorias de columna. Grúas giratorias de plataforma. Grúas de muelle portacontenedores. Grúas torre. Vehículos grúa.

TIPOS DE EJERCICIOS

El libro recoge tres tipos distintos de ejercicios, acorde con los realizados en la asignatura. Las preguntas clásicas de examen están indicadas tal cual. Se dan algunas referencias sobre dónde encontrar las soluciones. Todas ellas son preguntas que se han realizado en los exámenes de “Ingeniería del Transporte”.

La llegada del COVID y los confinamientos, nos llevó a desarrollar ejercicios personalizados, que no pudieran ser copiados entre los alumnos. Es lo que hemos denominado “Tareas”. Problemas resueltos mediante hojas de cálculo, cuyos resultados difieren según el número de identificación del alumno. En España, la elección del número de identificación era fácil: el DNI, o número del Documento Nacional de Identidad. También utilizamos en alguna ocasión la fecha de nacimiento. Quizá lo más recomendable sea asignar un número aleatorio a cada alumno al principio del curso.

En el texto, escribimos cada tarea en tres formatos. El enunciado, tal como lo recibe el alumno. La hoja de cálculo, transcrita con la formulación, para que pueda ser reproducida con facilidad a partir del pdf. Por supuesto, será más sencillo para el lector descargar la hoja directamente entrando en la página web, <https://problemasdegruas.com>

En tercer lugar, se repite la hoja de cálculo para un ejemplo concreto. Lo que puede servir como comprobación de que se haya transcrito correctamente. O al contrario: como comprobación de errores del autor de la hoja.

Además de “preguntas de examen” y “tareas”, se incluye una colección de cuestiones que se preguntan a los alumnos en la ETSIA durante el curso. El original está en formato Moodle y los alumnos acceden a los cuestionarios mediante la plataforma “Campus Virtual” de la UCA. En la página web hemos dejado enlaces para poder descargar las preguntas directamente. Si no lo pudieran hacer o el formato les diera problemas, siempre pueden copiar las cuestiones tal cómo están en el pdf.

EVALUACIÓN CONTINUA Y TRABAJO EN EQUIPO:

Los cuestionarios Moodle se plantean tema a tema, en dos versiones:

- cuestionarios de aprendizaje.
- cuestionarios de evaluación.

No hay diferencia de contenido entre ambos. El cuestionario de aprendizaje está abierto. El alumno puede realizarlo desde su casa, una y otra vez, hasta conseguir un resultado aceptable (el 80% de la puntuación). No puntúa para la asignatura, pero es obligatorio superarlo para poder realizar el cuestionario de evaluación.

El cuestionario de evaluación se realiza en el aula, bajo control directo del profesor, una sola vez.

El objetivo es obligar al alumnado a ir estudiando la asignatura desde el primer día. Además, como las cuestiones son fáciles de superar, vistas de una en una, terminan por enganchar al alumno en la asignatura.

Las tareas también se van planteando paulatinamente, desde el comienzo del curso, con un plazo determinado para su entrega. Al principio, se plantearon como trabajo individual, pero no tardamos en ver la ventaja de que las entregaran por parejas. En parte para reducir el trabajo de corrección y, sobre todo, para forzar a los alumnos a que se comuniquen unos con otros, en estos tiempos de distracciones y telefonía. Además, se les exige que cambien de pareja durante el curso.

Esperamos que este trabajo les sea de utilidad. Esperamos sus comentarios y recomendaciones en la página web:

<https://problemasdegruas.com>

2. BIBLIOGRAFÍA

El presente es un libro de problemas y ejercicios varios. Por eso, nos parece esencial remarcar los textos en los que nos apoyamos habitualmente en clase. El orden seguido no es un juicio sobre la calidad de los textos, si no el uso que hacemos de cada uno en la asignatura o el orden en que han aparecido al redactar este libro.

- [1] Ingeniería del transporte J. Fuentes, V. Díaz y ot. 2012 Ed. UNED
- [2] Los transportes en la ingeniería industrial (teoría) A. Miravete y ot. 1998, Ed. Reverté.
- [3] Cranes - Design, practice and maintenance J. Verschoof 2ª ed. 2002, Ed. Prof. Eng. P. Ltd.
- [4] Los transportes en la ingeniería industrial (problemas y prácticas) A. Miravete y ot. 1998, Editado por el autor.
- [5] Cranes and derricks. Shapiro, 4ª ed. Descarga libre.
- [6] UNE 58104 Aparatos de elevación. Vocabulario. 5 partes. Equivalente a ISO 4306
- [7] UNE 58132 Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. 6 partes. Equivalente a FEM 1001:1987 (Cuaderno nº 1)
- [8] <https://gruasytransportes.wordpress.com/> Blog de Gustavo Zamora
- [9] <https://www.hanessupply.com/media/wysiwyg/literature/tmc-by-section/01-wire-rope.pdf> Del fabricante de cables y eslingas Hanes Supply Inc.
<https://www.hanessupply.com/slings-lifting-and-rigging/wire-rope>
- [10] <https://www.gantrail.com/es/recursos/> Gantrail, fabricante de rieles para grúas.
- [11] https://www.rikon.lv/content/Rikon_leaflet_new.pdf Rikon, fabricante grúas.
- [12] DIN 15070:1977-12 Cranes; basic calculation of crane rail wheels.

Esta norma fue anulada en 2015 por DIN EN 13001-3-3, pero los fabricantes de ruedas siguen utilizándola.
- [13] <https://miguelabad.com.ar/wp-content/uploads/2016/12/conjuntos-de-ruedas-para-rieles.pdf> Catálogo de ruedas de acero. Incluye norma DIN 15070
- [14] Anexo 5 ITC MIE AEM 4: Ejemplos de grúas móviles.
- [15] UNE 58112 Grúas y aparatos de elevación. Clasificación. 5 partes. Equivalente a ISO 4301.

3. CUESTIONES MOODLE

INTRODUCCION A LAS CUESTIONES MOODLE

La plataforma Moodle nos da una amplia variedad de tipos de preguntas: preguntas calculadas según parámetros variables, numéricas, tipo test de opción múltiple, de emparejamiento, verdadero/falso, de arrastrar y soltar, etc.

Además de las respuestas correctas, el formato permite una serie de comentarios del profesor según sea la respuesta.

El formato pdf no nos permite plasmar toda la riqueza de las preguntas en Moodle. Por ello, hemos dejado indicados los archivos fuente de estas preguntas para que se puedan descargar desde la página web del libro:

<https://problemasdegruas.com>

M1. GANCHO DE HOJAS

Marque las respuestas correctas referidas a los ganchos de hojas:

Seleccione una o más de una:

- a. Muy utilizados en acerías y otros ambientes muy agresivos.
- b. Se fabrican con chapas metálicas superpuestas y embriadas. Son desmontables.
- c. Son más resistentes que los ganchos de forja, a igualdad de peso y material.
- d. Son muy utilizados en las gruas portuarias.
- e. Son difíciles de fabricar. Necesitan talleres muy especializados.

RESPUESTAS CORRECTAS: A y B

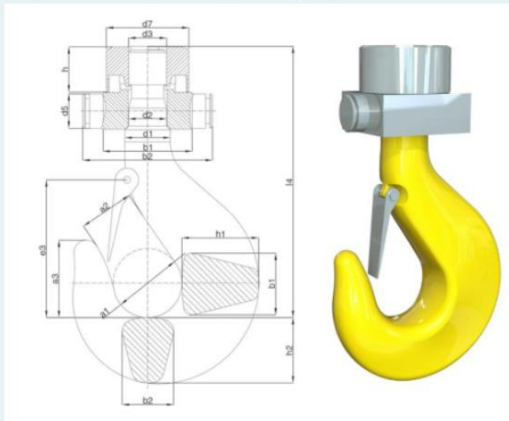
c. No, los ganchos de forja son más resistentes.

d. No. El ambiente portuario no es demasiado agresivo para los ganchos y no justifica la utilización de ganchos de hojas.

e. Para nada. Son de chapa cortada. Cualquier taller normalito puede afrontar la fabricación de este tipo de ganchos.

M2. GANCHO - TENSIONES

La figura muestra un gancho simple, de forja, según DIN 15.401



El punto crítico, sometido a mayores tensiones, es:

Seleccione una:

- a. El punto interno a la izquierda, por donde entra el cable, porque tiene una sección menor.
- b. El punto externo, a la derecha, porque el gancho tiende a abrirse.
- c. El punto interno inferior, donde toca el cable. Por el aplastamiento y desgaste.
- d. El punto interno, a la derecha.
- e. El punto externo inferior, porque el gancho tiende a abrirse.

RESPUESTA CORRECTA: D

- a. Incorrecto. Precisamente, a esa zona se le puede dar una sección menor porque apenas sufre tensiones.
- b. Incorrecto. Si el gancho se flectara para abrirse, esa zona entraría a compresión.
- c. Es un punto que sufre, pero no el sometido a mayores tensiones.
- e. Incorrecto. Si el gancho se flectara para abrirse, esa zona entraría a compresión.

M3. GANCHO - NÚMERO

¿Cuánto pesará, aproximadamente, un gancho de forja simple, según DIN 15401, que deba levantar 90.000 kg?

Seleccione una:

- a. 900 kg
- b. 1230 kg
- c. 1750 kg
- d. 1490 kg

RESPUESTA CORRECTA: C (1750 kg)

- a. Incorrecto. Ese gancho sólo llegaría a las 63 toneladas.
- b. Incorrecto. Ese es un gancho nº 80, limitado a 80 toneladas.
- d. Incorrecto. Ese gancho estaría fuera de norma.

M4. CUCHARAS – INGLÉS

Asocie cada tipo de elemento de suspensión con su término en inglés.

Cuchara	Elegir... ▾
Pólipo- cuchara de brazos múltiples	Elegir... ▾
Gancho	Elegir... ▾
Garras	Elegir... ▾

Asocie cada tipo de elemento de suspensión con su término en inglés.

Cuchara	Clamshell bucket ▾
Pólipo- cuchara de brazos múltiples	Orange peel grabs ▾
Gancho	Hook ▾
Garras	Grapples ▾

M5. CUCHARAS MANTSINEN

¿Cuál es el modelo adecuado de elemento de suspensión del catálogo de Mantsinen para manejo de chatarra, con volumen de 2 metros cúbicos?

Seleccione una:

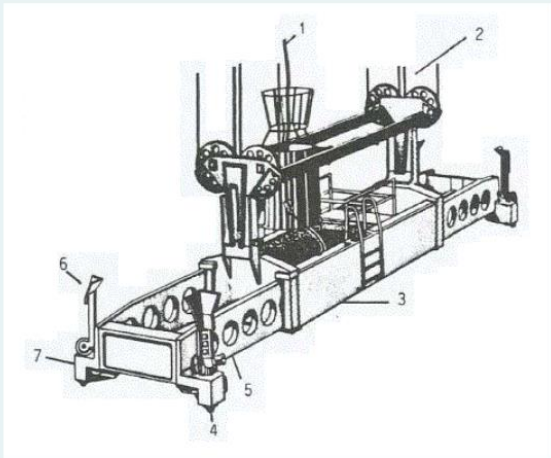
- a. RGB 20
- b. HB 20-2
- c. RGT 20
- d. HBL 20-2
- e. HG 20-5

RESPUESTA CORRECTA: E

- a. Son garras, adecuadas para troncos y elementos cilíndricos, en general.
- b. Es una cuchara normal. No es lo más óptimo para chatarra.
- c. Son garras, adecuadas para troncos y elementos cilíndricos, en general.
- d. Es una cuchara normal. No es lo más óptimo para chatarra.

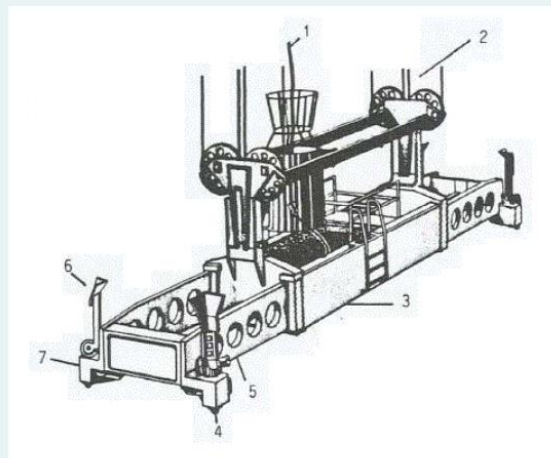
M6. SPREADER

Asocie los números con el término correcto.



- 1 Elegir... ▾
- 3 Elegir... ▾
- 2 Elegir... ▾
- 5 Elegir... ▾
- 6 Elegir... ▾
- 4 Elegir... ▾

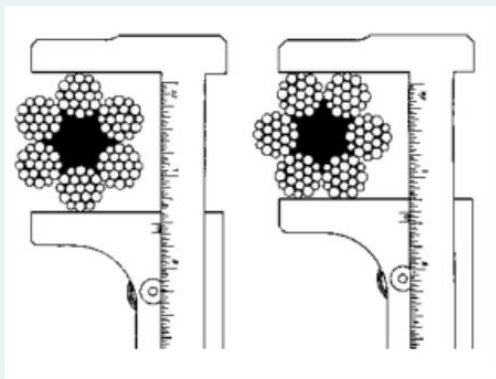
Asocie los números con el término correcto.



- 1 Cable umbilical ▾
- 3 Estructura ▾
- 2 Poleas de elevación ▾
- 5 Brazo telescópico ▾
- 6 Flipper ▾
- 4 Twistlock ▾

M7. MEDICIÓN CABLE

La forma correcta de medir un cable es la que se muestra a la derecha.



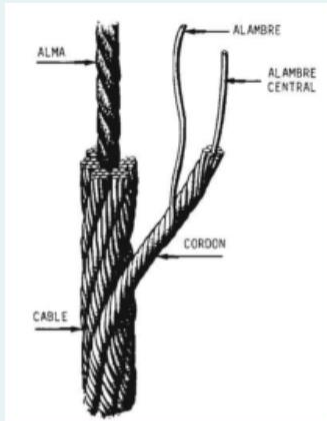
Seleccione una:

- Verdadero
- Falso

RESPUESTA CORRECTA: FALSO

M8. TRENZADO

El cable de la figura presenta un trenzado:



Seleccione una:

- a. Torsión Lang, zZ
- b. Torsión Lang, sS
- c. Torsión cruzada, sZ
- d. Torsión cruzada, Sz
- e. Torsión Lang, sZ

RESPUESTA CORRECTA: C

- a. Incorrecto, los alambres no se enrollan a derechas.
- b. Incorrecto. Los cordones no se enrollan a izquierdas.
- d. Incorrecto, es torsión cruzada pero no de ese tipo.
- e. Incorrecto. Una torsión Lang es de sentido único. Cordones y alambres se enrollan de la misma forma. No puede ser sZ ni Sz.

M9. TRENZADO - B

El cable de la figura presenta un trenzado:



Seleccione una:

- a. Torsión Lang, sS
- b. Torsión Lang, sZ
- c. Torsión cruzada, sZ
- d. Torsión cruzada, Sz
- e. Torsión Lang, zZ

RESPUESTA CORRECTA: E

- a. Incorrecto. Los cordones no se enrollan a izquierdas.
- b. Incorrecto. Una torsión Lang es de sentido único. Cordones y alambres se enrollan de la misma forma. No puede ser sZ ni zS.
- c. Incorrecto, los alambres se torsionan igual que los cordones, a derechas.
- d. Incorrecto, no es torsión cruzada.

M10. CABLES PREFORMADOS

Marque las respuestas correctas respecto a los cables preformados.

Seleccione una o más de una:

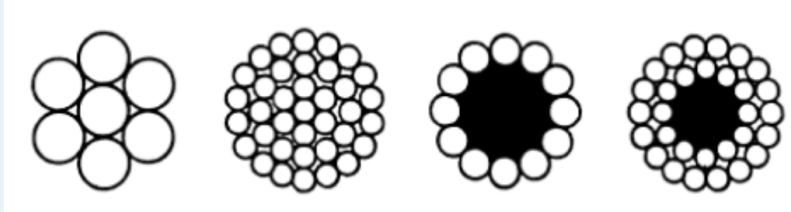
- a. Son más caros de fabricar.
- b. Apenas se utilizan por su elevado coste, sólo en aplicaciones muy críticas que lo justifiquen.
- c. Son más resistentes bajo carga estática.
- d. Su vida en servicio es mucho más elevada que la de cables sin preformar.
- e. Aguantan mejor las cargas dinámicas: fatiga, vibraciones y sacudidas.
- f. Las puntas se destuercen cuando se rompen o se les quitan las amarras de los extremos.

RESPUESTA CORRECTA: A, D y E

- b. Incorrecto. Son muy habituales. Su coste no se eleva gran cosa y presentan grandes ventajas.
- c. No. En ese aspecto no presentan ventaja significativa.
- f. Al contrario. Eso lo hacen los cables sin preformar.

M11. ELECCIÓN CABLE

La figura muestra distintos cables monocordón del mismo diámetro.



Seleccione la mejor opción si la aplicación se caracteriza por altas solicitaciones de extensión, abrasión y aplastamiento. No se requiere buena flexibilidad.

Seleccione una:

- a. Cable 12 + 18 + T
- b. Cable 12 + T
- c. Cable 1+6+12+18
- d. Cable de 7 alambres

RESPUESTA CORRECTA: C. Tiene la mejor resistencia a la extensión y al aplastamiento. También reparte mejor la presión entre polea y cable.

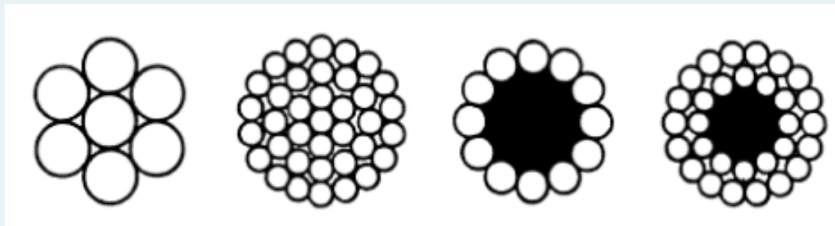
a. Es flexible, pero no resiste bien ninguna de las solicitaciones pedidas.

b. Es muy flexible, pero no resiste bien ninguna de las solicitaciones pedidas.

d. No es el de mayor sección metálica, por lo que no es el de mayor resistencia a la extensión. Los alambres gruesos exteriores, son buenos ante la abrasión, pero al ser muy pocos concentran demasiado la presión. Al ser pocos alambres, buena resistencia al aplastamiento.

M12. ELECCIÓN CABLE - B

La figura muestra distintos cables monocordón del mismo diámetro.



Seleccione la mejor opción si la aplicación se caracteriza por solicitaciones de aplastamiento medias y se requiere muy buena flexibilidad. Los esfuerzos de extensión y abrasión son bajos.

Seleccione una:

- a. Cable 12 + 18 + T
- b. Cable de 7 alambres
- c. Cable 1+6+12+18
- d. Cable 12 + T

RESPUESTA CORRECTA: A Es el más flexible y tiene cierta resistencia al aplastamiento.

b. Tiene gran sección metálica en alambre gruesos, por lo que no es flexible.

c. Tiene la mejor resistencia a la extensión y al aplastamiento (que no se requieren) pero es poco flexible.

d. Es flexible, pero no resiste bien el aplastamiento.

M13. CABLE 7 X 19 + 0

La nomenclatura 7 x 19 + 0 nos indica que se trata de:

Seleccione una o más de una:

- a. Es un cable de 19 cordones, con siete alambres por cordón.
- b. Es un cable de seis cordones exteriores, con alma de acero (el séptimo cordón).
- c. Es un cable de siete cordones exteriores, sin alma.
- d. Se trata de un cable monocordón de 26 alambres, sin alma.
- e. Es un cable de 133 alambres.

RESPUESTA CORRECTA: B y E

c. Incorrecto. El 7 es la forma estándar de referirse a 6 + 1, donde el 1 es el cordón que hace de alma.

d. No es monocordón. El primer número se refiere al número de cordones.

M14. CABLE 6 X 24 + T

La nomenclatura 6 x 24 + T nos indica que se trata de:

Seleccione una o más de una:

- a. Es un cable de seis cordones exteriores, con alma textil.
- b. Es un cable de cinco cordones exteriores, con alma de acero (el sexto cordón).
- c. Es un cable de 24 cordones, con seis alambres por cordón.
- d. Es un cable de 144 alambres.
- e. Se trata de un cable monocordón de 24 alambres, de diámetro 6.

RESPUESTA CORRECTA: A y D

M15. ESFUERZO EXTENSIÓN

Se levanta una carga de 675 kg mediante un cable 7x7+0, de alambres iguales de diámetro 1 mm

Suponiendo que la aceleración es despreciable, calcule la tensión de tracción del cable (o esfuerzo de extensión), en MPa.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 172.1

Fórmula: $\{Q\} \cdot 9.81 / 38.4845$

M16. ALARGAMIENTO POR ASENTAMIENTO

Estime el alargamiento por asentamiento de un cable con alma de acero, de longitud 400 m, sometido a carga pesada. (Vea tabla con porcentajes en el texto de Díaz).

Expresé el resultado en metros.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 2,00

Fórmula: $\{L\} \cdot 0.5$

M17. ALARGAMIENTO POR DILATACIÓN TÉRMICA

Estime el alargamiento por dilatación térmica de un cable de acero, de longitud 300 m, al sufrir un incremento de temperatura de 38 grados °C. El coeficiente de dilatación lineal del acero es $12,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Expresé el resultado en mm.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 142.50

Fórmula: $\{L\} * 100 * \{T\} * 0.0125$

M18. TENSIÓN ENCURVACIÓN

Calcule la tensión de encurvación, en MPa, que sufre un cable de diámetro 32 mm y módulo de elasticidad $E_a = 110.000 \text{ MPa}$ si sus alambres más gruesos tienen diámetro 0,8 mm y pasa por una polea de tamaño 700 mm

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 100,6

Fórmula: $0.8 * 1100 * \{dh\} / \{D\}$

M19. DIÁMETRO MÍNIMO POLEA

Indique el diámetro mínimo, en mm, de una polea para un cable antigiratorio de 30 mm de diámetro.

Otros datos: mecanismo M7, $W_{tot} = 9$

Ver aptdo 3.1.5.1 del Miravete.

Seleccione una:

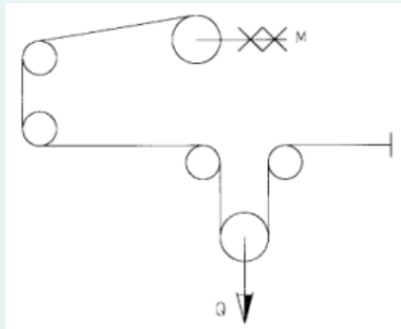
- a. 1200
- b. 900
- c. 31,36
- d. 1000
- e. 800

RESPUESTA CORRECTA: D

- a. Es válido, pero no es el valor mínimo admisible.
- b. Insuficiente. Serviría para $W_{tot} < 6$
- c. Muy mal. Es un valor ridículo.
- e. Insuficiente.

M20. PARÁMETROS WTOT Y h2

La figura es el esquema de un mecanismo de elevación, desde el tambor (arriba) hasta el punto muerto de anclaje del cable.



Indique los valores de los parámetros W_{tot} y h_2 , utilizados para calcular los diámetros mínimos de tambor y poleas..

Seleccione una:

- a. $W_{tot} = 6$ $h_2 = 1,12$
- b. $W_{tot} = 13$ $h_2 = 1,25$
- c. $W_{tot} = 17$ $h_2 = 1,25$
- d. $W_{tot} = 11$ $h_2 = 1,12$

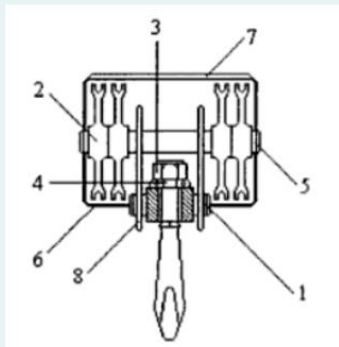
RESPUESTA CORRECTA: B

c. Incorrecto. La polea cercana al punto de anclaje no gira, ni suma en W_{tot} .

d. El valor de W_{tot} es incorrecto. Además, si valiera 11 no le correspondería un h_2 de 1,12

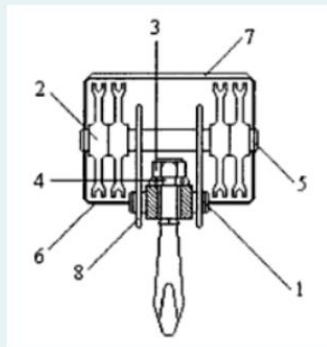
M21. PARTES APAREJO

Relacione cada número con el nombre correspondiente



- 2 Elegir... ▾
- 1 Elegir... ▾
- 6 Elegir... ▾
- 5 Elegir... ▾

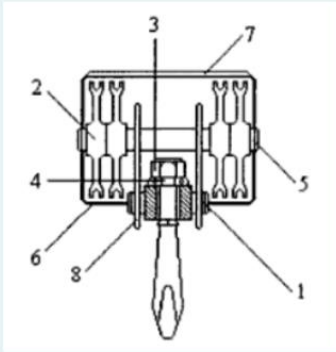
Relacione cada número con el nombre correspondiente



- 2 Poleas ▾
- 1 Travesía del gancho ▾
- 6 Cáster ▾
- 5 Travesía de poleas ▾

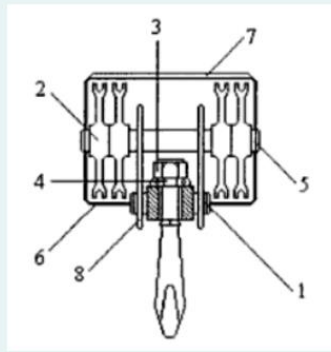
M22. PARTES APAREJO – 2.

Relacione cada número con el nombre correspondiente



- 3
- 1
- 5
- 7

Relacione cada número con el nombre correspondiente



- 3
- 1
- 5
- 7

M23. CARGA APAREJO – A

Carga máxima, en toneladas, que puede levantar un aparejo de cuatro poleas, nº 20, si se prevé una vida útil de 5000 horas.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 32

M24. CARGA APAREJO – B

Vida máxima, en horas, de un aparejo de seis poleas, nº 32, que levanta una carga máxima de 40 toneladas.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 12500

M25. CARGA APAREJO - C

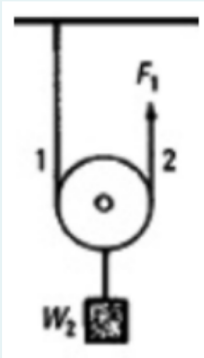
Vida máxima, en horas, de un aparejo de dos poleas, nº 32, que levanta una carga máxima de 80 toneladas.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 1600

M26. POLIPASTO 1 POLEA - A

La polea va montada sobre cojinete de bronce, con rendimiento de 0,96, y se está levantando una carga de 10 kN



¿Cuanto vale F_1 , en kN?

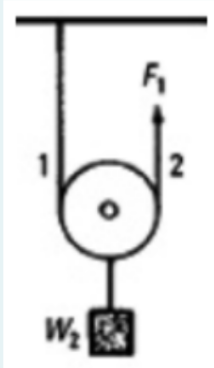
Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 5,10

Fórmula: $\{W\}/1.96$

M27. POLIPASTO 1 POLEA – B

La polea va montada sobre cojinete de bronce, con rendimiento de 96 %
 Se aplica una fuerza de 7 kN a una velocidad de 2 m/s



¿Cuál es la potencia útil del polipasto, en kW?

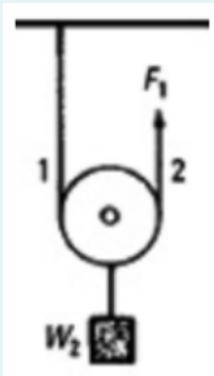
Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 13,72

Fórmula: $\{F\}*\{V\}*0.98$

M28. POLIPASTO 1 POLEA - C

La polea va montada sobre rodamiento, con rendimiento de 98 %
 Se aplica una fuerza F1 de 1 kN. La velocidad de elevación de la carga es VL = 1 m/s



¿Cuál es la potencia útil del polipasto, en kW?

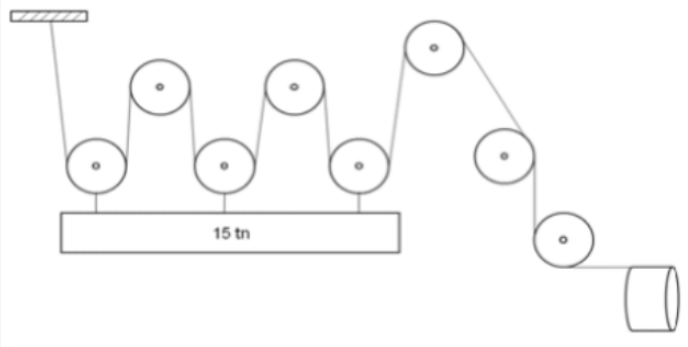
Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 1,98

Fórmula: $2*\{F\}*\{V\}*0.99$

M29. VELOCIDAD APAREJO

El tambor tiene un diámetro de 800 mm y gira a 300 rpm



¿Cuál es la velocidad de elevación de la carga, en m/s?

Respuesta:

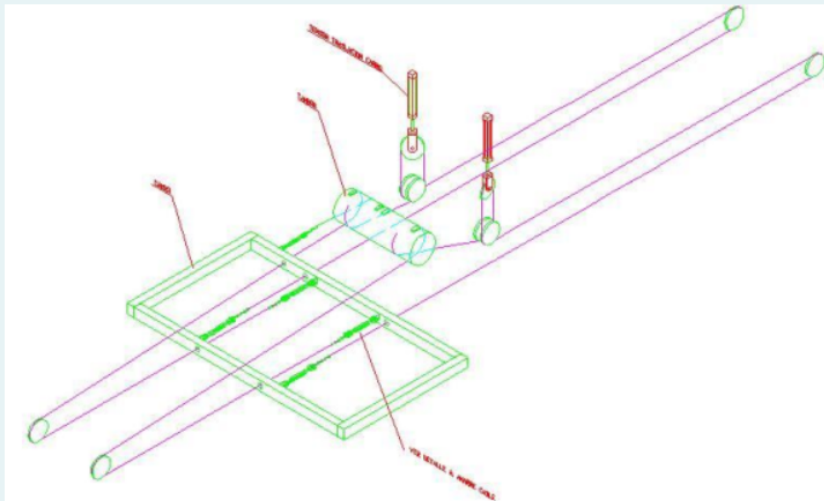
RESPUESTA CORRECTA: 2,094

Fórmula: $0.087266 \cdot \{D\} \cdot \{n\}$

M30. APAREJO TRASLACIÓN - VELOCIDAD

El tambor gira a la misma velocidad en ambos sentidos.

Poleas y tambor van montados con rodamientos.



Marque la respuesta correcta

Seleccione una:

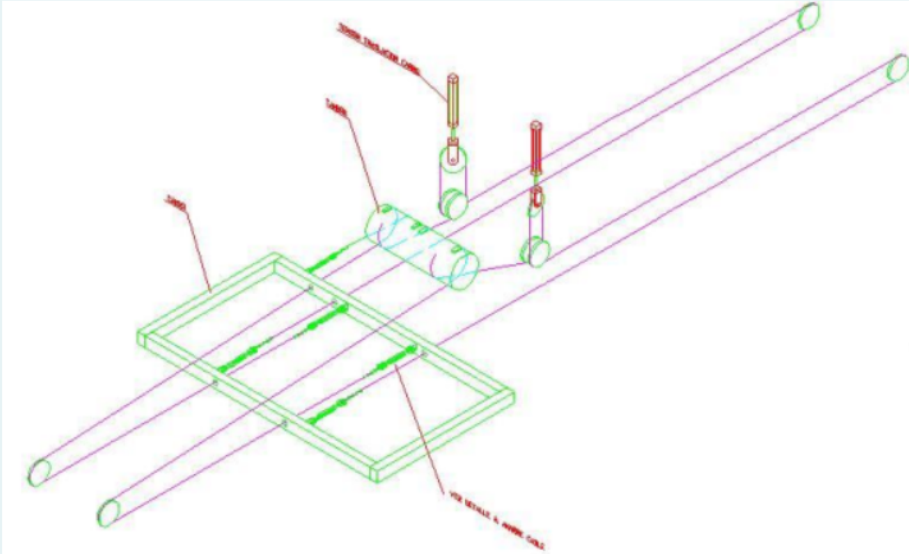
- a. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la izquierda, pero la diferencia es del orden de un 4 %
- b. El carro se mueve a la misma velocidad en ambas direcciones.
- c. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la derecha, pero la diferencia es del orden de un 4 %
- d. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la izquierda.
- e. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la derecha.

RESPUESTA CORRECTA: B

M31. APAREJO TRASLACIÓN – VELOCIDAD (B)

El motor entrega el mismo par al tambor en ambos sentidos de giro.

Poleas y tambor van montados con rodamientos.



Marque la respuesta correcta

Seleccione una:

- a. El carro se mueve a la misma velocidad en ambas direcciones.
- b. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la izquierda.
- c. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la derecha, pero la diferencia es del orden de un 4 %
- d. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la derecha.
- e. El carro se mueve más deprisa cuando se dirige a la izquierda, pero la diferencia es del orden de un 4 %

RESPUESTA CORRECTA: E

M32. TAMBOR - PASO

Según la tabla B 5.2 del Miravete (DIN 15061), un tambor acanalado de radio de garganta 16 mm y paso 33 mm es adecuado para:

Seleccione una:

- a. Cable de 30 mm de diámetro
- b. Cable de 33 mm de diámetro
- c. Cable de 30 mm de diámetro, como mínimo.
- d. Cable de 29 mm de diámetro
- e. Cable de 29 mm de diámetro, como máximo.

RESPUESTA CORRECTA: E

- a. Ese calibre necesita un paso algo mayor, 34 mm, según la tabla.
- b. Ese es el paso. Un cable de 33 no entraría en la ranura, que es de $2 \times 16 = 32$ mm
- d. También sirve para cables de menor calibre.

M33. TAMBOR – PASO (B)

Según la tabla B 5.2 del Miravete (DIN 15061), un tambor acanalado de radio de garganta 20 mm y paso 42 mm es adecuado para:

Seleccione una:

- a. Cable de 38 mm de diámetro
- b. Cable de 39 mm de diámetro
- c. Cable de 39 mm de diámetro, o mayor.
- d. Cable de 42 mm de diámetro
- e. Cable de 38 mm de diámetro, o menor.

RESPUESTA CORRECTA: E

- a. También sirve para cables de menor calibre.
- b. Ese calibre necesita un paso algo mayor, 44 mm, según la tabla.
- d. Ese es el paso. Un cable de 42 no entraría en la ranura, que es de $2 \times 20 = 40$ mm

M34. TAMBOR – LONGITUD DE CABLE

Calcule la longitud de cable, en metros, que se puede enrollar en un tambor ranurado con los siguientes parámetros:

Diámetro de paso: 800 mm

Longitud de la zona ranurada: 2,6 m

Paso: 25 mm

Reserve dos espiras muertas.

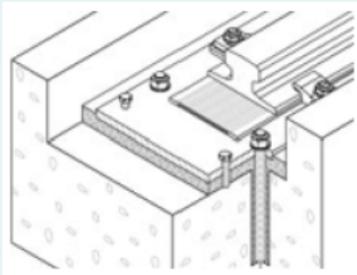
Respuesta:

RESPUESTAS: 256,35

Fórmula: $\left(\left(\frac{L_r}{p}\right) - 2\right) \cdot 3.14159 \cdot D / 10$

M35. CARRIL – MONTAJE - A

Los elementos que se ven en la figura son:



Seleccione una:

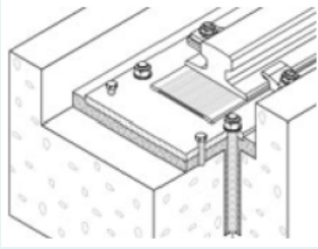
- a. Raíl tipo Burbach, sobre láminas y viga de acero, fijado longitudinalmente mediante grapas.
- b. Llantón sobre láminas y viga de acero, fijado con grapas y pernos de anclaje.
- c. Llantón de acero, sobre lamina de goma, placa metálica, cemento de asiento y viga C de hormigón.
- d. Raíl de acero, tipo Burbach, sobre láminas diversas, viga de hormigón, pernos de anclaje y grapas de fijación
- e. Raíl de acero, tipo Vignole, sobre placa metálica, cemento de asiento, terreno y pernos de anclaje

RESPUESTA CORRECTA: D

- a. No está fijado longitudinalmente. La viga no es de acero.
- b. No es llantón. La viga no es de acero.
- c. No es un llantón.
- e. No es Vignole. No es "terreno".

M36. CARRIL – MONTAJE - B

Los elementos que se ven en la figura son:



Seleccione una:

- a. Raíl de acero, tipo Vignole, sobre lámina elástica, placa metálica, cemento de asiento y viga de hormigón.
- b. Raíl tipo Burbach, sobre láminas y viga de acero, fijado axialmente mediante grapas.
- c. Llantón de acero, sobre lamina elástica, placa metálica, cemento de asiento y viga C de hormigón.
- d. Raíl de acero, tipo Burbach, sobre lámina elástica, placa metálica y viga de hormigón, pernos de anclaje y grapas de fijación

RESPUESTA CORRECTA: D

- a. No es Vignole.
- b. No está fijado axialmente. La viga no es de acero.
- c. No es un llantón.

M37. CARRIL, VALOR NOMINAL

El valor que se toma como referencia para designar los carriles es:

Seleccione una:

- a. El ancho del patín.
- b. La anchura de la cabeza del carril, en mm.
- c. La anchura de contacto útil con la rueda, en mm.
- d. La altura del carril, en mm.
- e. La sección, en pulgadas cuadradas, del carril.

RESPUESTA CORRECTA: B

M38. TIPOS DE RUEDAS

Las ruedas metálicas pueden ser de perfil cilíndrico o cónico. Con dos pestañas, una o ninguna.

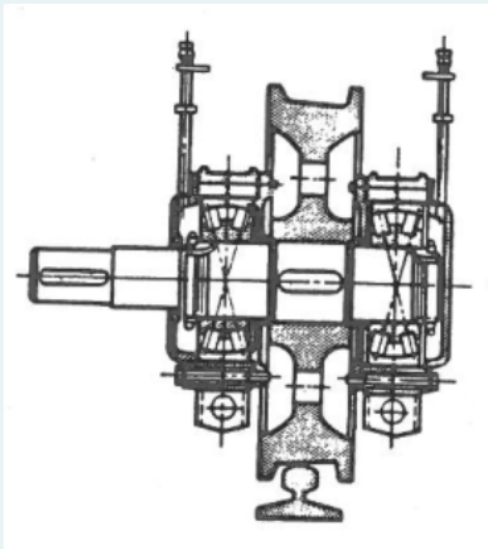
Seleccione una:

- Verdadero
- Falso

RESPUESTA CORRECTA: verdadero

M39. RUEDA - MONTAJE

La figura muestra:



Seleccione una:

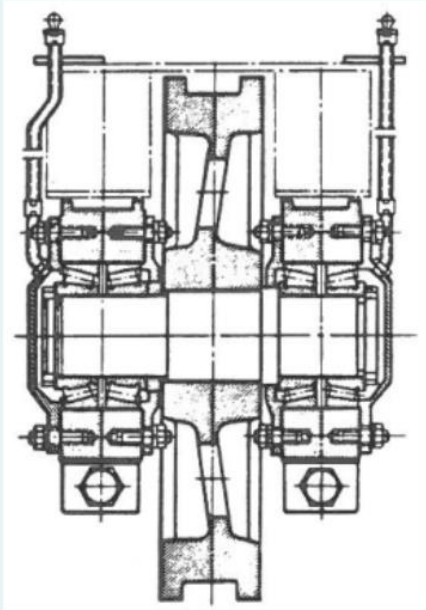
- a. Una rueda cilíndrica, libre, con rodamientos autoalineantes.
- b. Una rueda cónica, de doble pestaña, motora, con rodamientos autoalineantes.
- c. Una rueda cilíndrica de doble pestaña, motora, con rodamientos rígidos.
- d. Una rueda cónica, libre, sobre carril tipo Burbach.

RESPUESTA CORRECTA: B

- a. No es cilíndrica ni libre.
- c. No es cilíndrica ni los rodamientos son rígidos.
- d. No es una rueda libre.

M40. RUEDA - MONTAJE (B)

La figura muestra:



Seleccione una:

- a. Una rueda cilíndrica de doble pestaña, motora, con rodamientos rígidos.
- b. Una rueda cilíndrica, de doble pestaña, motora, con rodamientos autoalineantes.
- c. Una rueda cilíndrica, libre, con rodamientos rígidos.
- d. Una rueda cónica, libre, sobre carril tipo Burbach.

RESPUESTA CORRECTA: C

- a. No es una rueda motora.
- b. No es una rueda motora ni los rodamientos son autoalineantes.
- d. No es una rueda cónica ni se ve el carril en la figura.

M41. PAR DE FRENADO

En el sistema de elevación, se recomienda que el par de frenado sea algo superior al par que suministra el motor a plena carga.

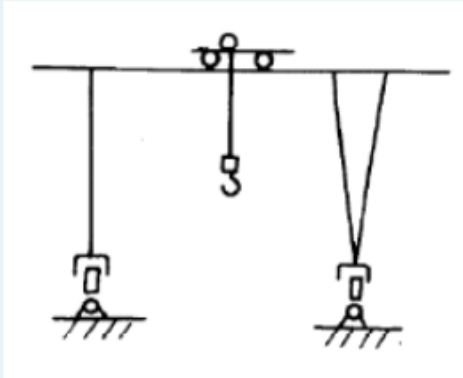
Seleccione una:

- Verdadero
- Falso

RESPUESTA CORRECTA: FALSO

M42. TIPO DE GRÚA (PÓRTICO)

La figura representa:



Seleccione una:

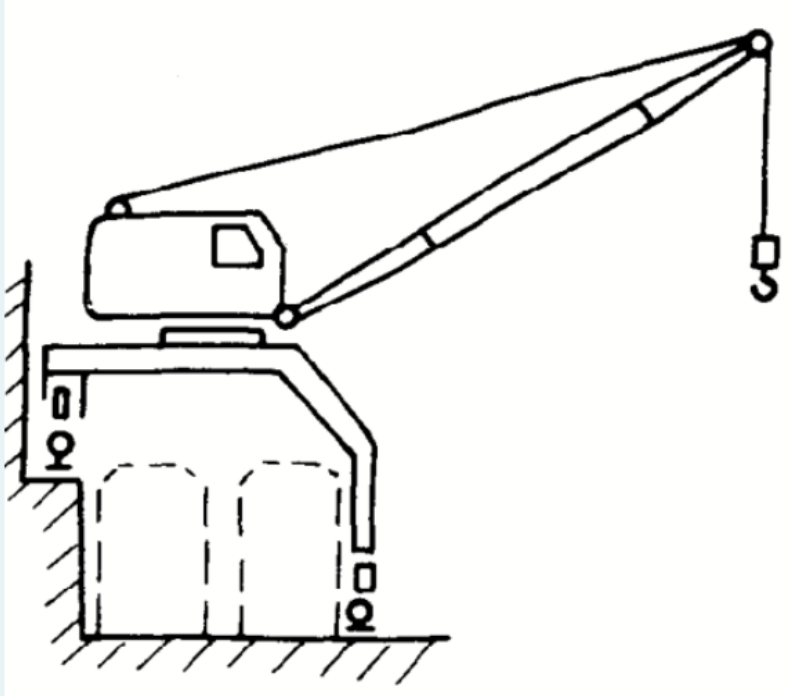
- a. Una grúa pórtico.
- b. Una grúa semipórtico con gancho sobre carriles.
- c. Una grúa pluma sobre raíles.
- d. Una grúa portacontenedores.
- e. Un puente grúa.

RESPUESTA CORRECTA: A

- b. Una grúa semipórtico tiene un lado sin patas. Apoya a distintas alturas.
- c. No tiene pluma.
- d. El gancho no es el mejor elemento para manejar contenedores.
- e. Los puentes grúa no tienen patas.

M43. TIPO DE GRÚA – B.

La figura representa:



Seleccione una:

- a. Un puente grúa.
- b. Una grúa móvil, de pared.
- c. Una grúa pórtico sobre raíles.
- d. Una grúa portacontenedores.
- e. Una grúa orientable sobre semipórtico.

RESPUESTA CORRECTA: E

- a. Los puentes grúa no tienen patas.
- b. Las patas delanteras no están apoyadas en la pared.
- c. No tiene pórtico, carece de patas traseras.
- d. El gancho no es el mejor elemento para manejar contenedores.

M44. KM – A

Se estima que cierto mecanismo de una grúa trabajará 2 de cada diez horas a plena carga, 2 de cada diez horas a media carga y el resto del tiempo al diez por ciento de la carga máxima.

Calcule el coeficiente de espectro de cargas para ese mecanismo.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 0,226

Fórmula: $((n_1)+(n_2)*0.125)+((10-(n_1+n_2))*0.001)/10$

M45. Kp – B

Una grúa tiene capacidad de carga máxima de 10 t

Se estima que uno de cada veinte movimientos se hará con la carga máxima. Tres de cada veinte movimientos se hará con 6 t y el resto de movimientos se trabajará con 2 t.

Calcule el coeficiente de espectro de cargas del aparato.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 0,089

Fórmula: $(1+(0.003*POW(n,3))+(16*0.008))/20$

M46. Km – C

Se estima que cierto mecanismo de una grúa trabajará 49 de cada cien horas a plena carga, 34 de cada cien horas al 70% de la carga máxima y el resto del tiempo al 40% de la carga máxima.

Calcule el coeficiente de espectro de cargas para ese mecanismo.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 0,6175

Fórmula: $((n_1)+(n_2)*0.343)+((100-(n_1+n_2))*0.064)/100$

M47. Kp - D

Una grúa tiene capacidad de carga máxima de 20 t

Se estima que tres de cada diez movimientos se hará con la carga máxima. Cinco de cada diez movimientos se hará con 15 t y el resto de movimientos se trabajará con 6 t.

Calcule el coeficiente de espectro de cargas del aparato.

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 0,5163

Fórmula: $(3+(0.000625*POW(\{n\},3))+(2*0.027))/10$

M48. COEFICIENTE DINÁMICO – B

Calcule el coeficiente dinámico para una grúa pórtico con velocidad de elevación de 0,7 m/s

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 1,42

Fórmula: $1 + (0.6*\{VL\})$

M49. COEFICIENTE DINÁMICO – A

Calcule el coeficiente dinámico para una grúa torre con velocidad de elevación de 0,9 m/s

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 1,27

Fórmula: $1 + (0.3*\{VL\})$

M50. CLASIFICACIÓN APARATO - A

Qué clasificación corresponde a una grúa que se estima realizará 40.000 horas, si su estado de carga es pesado y realizará 8 movimientos por hora.

Seleccione una:

- a. Q3 A3
- b. A7
- c. L3 M8
- d. Q3 A6
- e. M6

RESPUESTA CORRECTA: D

- a. Incorrecto. Esa clasificación correspondería a menos de 63.000 ciclos, no horas.
- b. Incorrecto. Esa clasificación correspondería para un servicio muy pesado, Q4
- c. Esa es la clasificación de un mecanismo, no la del aparato completo.
- e. Esa clasificación corresponde a un mecanismo, no al aparato completo.

M51. CLASIFICACIÓN - B

Qué clasificación corresponde al mecanismo de elevación de un puente grúa que se estima funcionará 20.000 horas (la elevación, no la grúa). El estado de carga es ligero y realizará 4 movimientos por hora.

Seleccione una:

- a. Q1 A2
- b. L1 M6
- c. M7
- d. L1 M8
- e. A1

RESPUESTA CORRECTA: B

- a. Incorrecto. Esa es la clasificación de un aparato, no de un mecanismo.
- c. Incorrecto.
- d. Incorrecto. Puede que haya confundido horas y ciclos.
- e. Incorrecto. Esa clasificación es de un aparato, no de un mecanismo.

M52. ALCANCE COEFICIENTE DINÁMICO – A

Si estudiamos el movimiento de elevación en un puente grúa, situado en el interior de una nave industrial, el coeficiente dinámico afectará a:

Seleccione una:

- a. A la carga a izar, el elemento de aprehensión, y parte del peso de cables de izado.
- b. A la carga, el gancho, los cables y la fuerza del viento.
- c. Al peso del carro, la carga a levantar y el cable.
- d. Al peso de la viga principal, la carga a levantar y el gancho.

RESPUESTA CORRECTA: A

- b. Estamos en interior, no hay viento. Aunque lo hubiera, no se le aplica el coeficiente dinámico.
- c. El carro no se levanta.
- d. La viga principal no se levanta.

M53. ALCANCE COEFICIENTE DINÁMICO - B

Si estudiamos el movimiento de elevación en una grúa de contenedores STS, el coeficiente dinámico afectará a:

Seleccione una:

- a. A la carga, el gancho, los cables y la fuerza del viento.
- b. Al contenedor, spreader, cabezal de poleas y parte del peso de cables de izado.
- c. Al peso de la pluma, el contenedor y el spreader.
- d. Al peso del carro, la carga a levantar y el cable.

RESPUESTA CORRECTA: B

- a. A la fuerza del viento no se le aplica el coeficiente dinámico.
- c. La pluma no se levanta mientras se cargan contenedores.
- d. El carro no se levanta.

M54. TENSIÓN ADMISIBLE

Calcule la tensión admisible para el cálculo estructural de una grúa, según caso de servicio normal sin viento, si se va a construir en acero de resistencia a fluencia 220 MPa

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 146,67

Fórmula: $\{Sy\} * 10 / 1.5$

M55. TENSIÓN ADMISIBLE - B

Calcule la tensión admisible para el cálculo estructural de una grúa, según caso de servicio normal con viento límite de servicio, si se va a construir en acero de resistencia a fluencia 270 MPa

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 203.01

Fórmula: $\{Sy\} * 10 / 1.33$

M56. TENSIÓN ROTURA ADMISIBLE - A

Calcule la tensión de rotura admisible para el cálculo de elementos mecánicos de una grúa, según caso de grúa en servicio sin viento, si se va a construir en acero de resistencia última 1000 MPa

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 454,55

Fórmula: $\{Su\} * 100 / 2.2$

M57. TENSIÓN ROTURA ADMISIBLE - B

Calcule la tensión de rotura admisible para el cálculo de elementos mecánicos de una grúa, según caso de choque, si se van a construir en acero de resistencia última 900 MPa

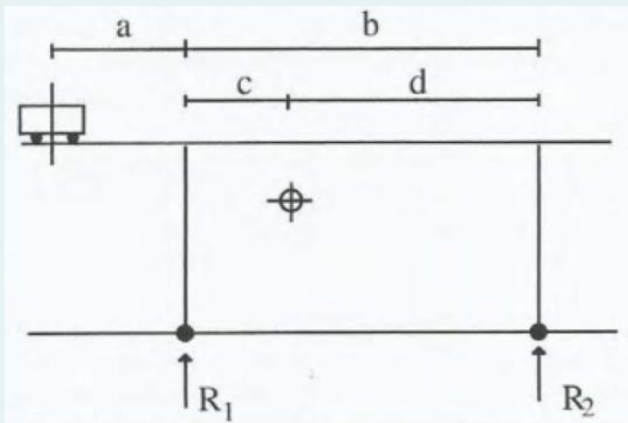
Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 500

Fórmula: $\{Su\} * 100 / 1.8$

M58. REACCIONES GRÚA PÓRTICO – A

Calcule la fuerza sobre las patas izquierdas, R1, en toneladas, en el siguiente supuesto



Luz de 8 m Voladizo, a = 2 m

Posición del centro de gravedad de la grúa, c = 3,75 m

Peso de la grúa: SG = 40 t Peso del carro: SC = 5 t

Peso a levantar: SL = 20 t Coef. dinámico de 1,4

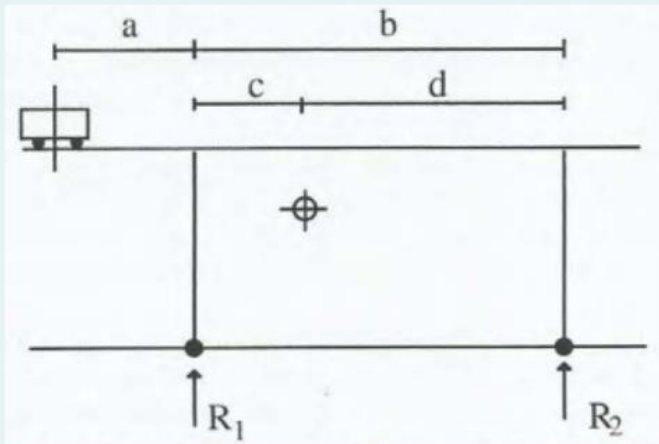
Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 62.50

Fórmula: $((5 + 1.4 * \{SL\}) * 10) + (42.5 * \{SG\}) / 8$

M59. REACCIONES GRÚA PÓRTICO - B

Calcule la fuerza sobre las patas izquierdas, R₁, en toneladas, en el siguiente supuesto



Luz de 10 m Voladizo, $a = 2,5$ m

Posición del centro de gravedad de la grúa, $c = 5$ m

Peso de la grúa: $SG = 40$ t Peso del carro: $SC = 6$ t

Peso a levantar: $SL = 25$ t Coef. dinámico de 1,3

Respuesta:

RESPUESTA CORRECTA: 68.12

Fórmula: $((6+1.3\{SL\})\cdot 12.5)+(50\{SG\})/10$

M60. COEFICIENTE DE FORMA

Indique el valor del coeficiente de forma de resistencia al viento, según UNE 58-113 para un perfil rectangular cuadrado, de longitud 20 m y lado 1 m

Seleccione una:

- a. 1,40
- b. 0,6
- c. 1,75
- d. 1,1
- e. 1

RESPUESTA CORRECTA: C

M61. COEFICIENTE DE FORMA - B

Indique el valor del coeficiente de forma de resistencia al viento, según UNE 58-113 para un perfil redondo, de longitud 10 m, diámetro 1 m y velocidad de viento de 20 m/s

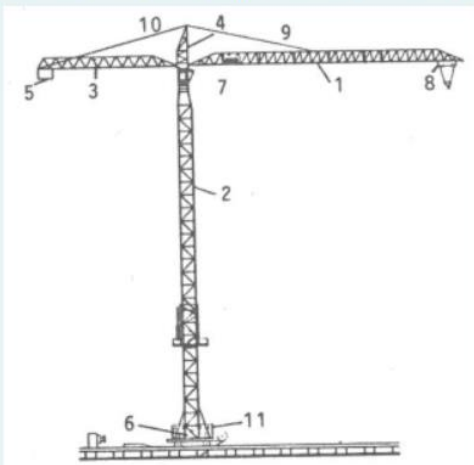
Seleccione una:

- a. 1,2
- b. 0,80
- c. 0,65
- d. 1

RESPUESTA CORRECTA: C

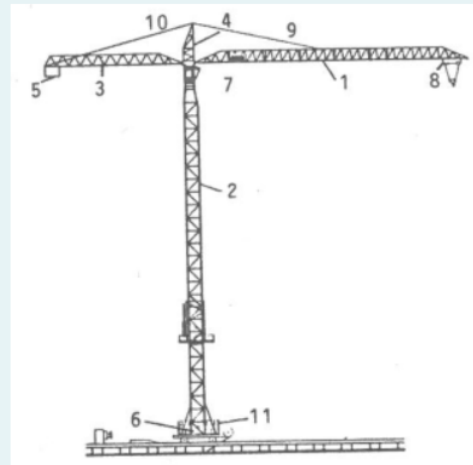
M62. PARTES GRÚA TORRE

Asocie las partes correspondientes con su número



- | | |
|------------------|--|
| Contrapluma | <input type="text" value="Elegir..."/> |
| Tirante de pluma | <input type="text" value="Elegir..."/> |
| Torre | <input type="text" value="Elegir..."/> |
| Contrapeso | <input type="text" value="Elegir..."/> |
| Pluma | <input type="text" value="Elegir..."/> |

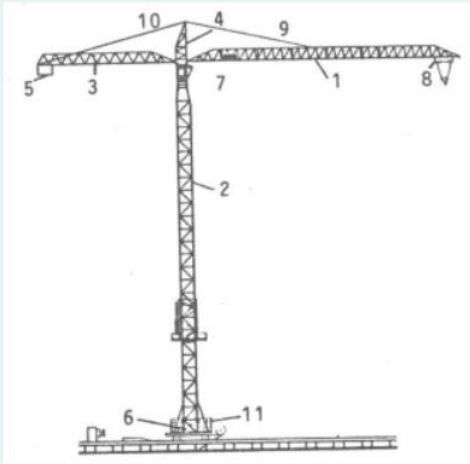
Asocie las partes correspondientes con su número



- | | |
|------------------|--------------------------------|
| Contrapluma | <input type="text" value="3"/> |
| Tirante de pluma | <input type="text" value="9"/> |
| Torre | <input type="text" value="2"/> |
| Contrapeso | <input type="text" value="5"/> |
| Pluma | <input type="text" value="1"/> |

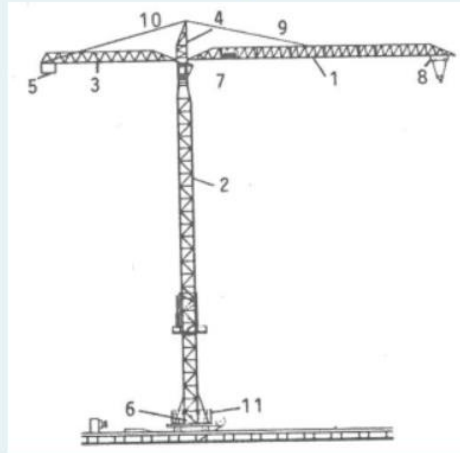
M63. PARTES GRÚA TORRE - B

Asocie las partes correspondientes con su número



- Portaflecha
- Carro
- Tirante trasero
- Contrapluma
- Torre

Asocie las partes correspondientes con su número



- Portaflecha
- Carro
- Tirante trasero
- Contrapluma
- Torre

4. TAREAS

Esta sección se dedica a los problemas que los alumnos deben realizar fuera del aula. Algunos son sencillos, otros requieren bastante tiempo y la consulta de tablas, fórmulas o normas.

En todos los casos, son problemas personalizados según un número que identifica al alumno. En la ETSI de Algeciras, la elección de ese número es el propio DNI del alumno (documento nacional de identidad). Por supuesto, se puede adjudicar otro número cualquiera.

Para potenciar la relación entre los alumnos, obligamos a que las tareas se entreguen por parejas. Parejas que se deben cambiar a mitad de curso.

Los alumnos deben entregar las tareas en plazo, en la plataforma digital de la universidad. Donde son corregidos y “devueltos” a los alumnos.

Es un trabajo de corrección grande, que precisa preparar una hoja de cálculo por cada ejercicio para poder realizarlo en un tiempo razonable.

Estas son las hojas que se presentan en el texto.

Las hojas originales, en formato xlsx (Excel), se pueden descargar en la página web:

<https://problemasdegruas.com>

En el texto se escriben las páginas por duplicado. La primera vez reflejando las ecuaciones seguidas y la segunda como mero ejemplo.

Las hojas de cálculo están pensadas como apoyo al profesor, para la corrección de los ejercicios. No se les entregan a los alumnos.

Código de colores

Amarillo: Las celdas en amarillo son celdas que debe rellenar el solucionista. Por ejemplo, la del número de identificación, NI. Otras celdas en amarillo son valores que deben escribirse manualmente, bien por ser valores de hipótesis o por que corresponden a valores de tablas. Además, tienen el fondo amarillo las celdas de datos de partida correspondientes al enunciado del problema cuando es un valor fijo, no calculado a partir de otros. Hay otras celdas rellenables, como las de fecha o nota, pero que no son necesarias para obtener los resultados; dichas celdas tienen fondo blanco normal.

Verde: Las celdas en verde son valores calculados. Una vez rellenadas las celdas en amarillo, toman el valor que corresponda a la fórmula.

Negrita: Se usa la negrita para celdas de cálculos o cuando nos referimos a los valores que se han pedido en el enunciado. Puede combinarse con el amarillo, el verde o el blanco.

TAREA 1 POTENCIA TRASLACIÓN CARRO

(versión de 30-03-2022)

NI alumno AB.CDE.FGH – L

El esquema muestra el sistema de traslación de carro de una grúa STS. El tambor se encuentra en la sala de máquinas, el carro se mueve por debajo, sobre ruedas, tirado por los cables de traslación, entre las poleas de contrapluma y pluma. No se muestran los rodillos de apoyo que sostienen los cables, ni las ruedas del carro.

Al tambor llegan dos parejas de cables, cogidos de forma que el par de cables que se va enrollando es el que tira del carro; mientras que el otro par se va desenrollando del tambor, con tensión despreciable.

Carga útil: $Q_u = 32 + (6 \times E) \text{ t}$ Peso carro + spreader: $Q_2 = 10 + (1,8 \times E) \text{ t}$
 Longitud de recorrido (pluma más contrapluma): $L = 40 + (5 \times F) \text{ m}$
 El carro debe ser capaz de hacer todo el recorrido en: $t = 9 + (3 \times G) \text{ s}$
 Diámetro del tambor de traslación: $D = 400 + (100 \times \text{int}(H/4)) \text{ mm}$ (no normalizar)

Tambor, poleas y ruedas montadas con rodamientos.

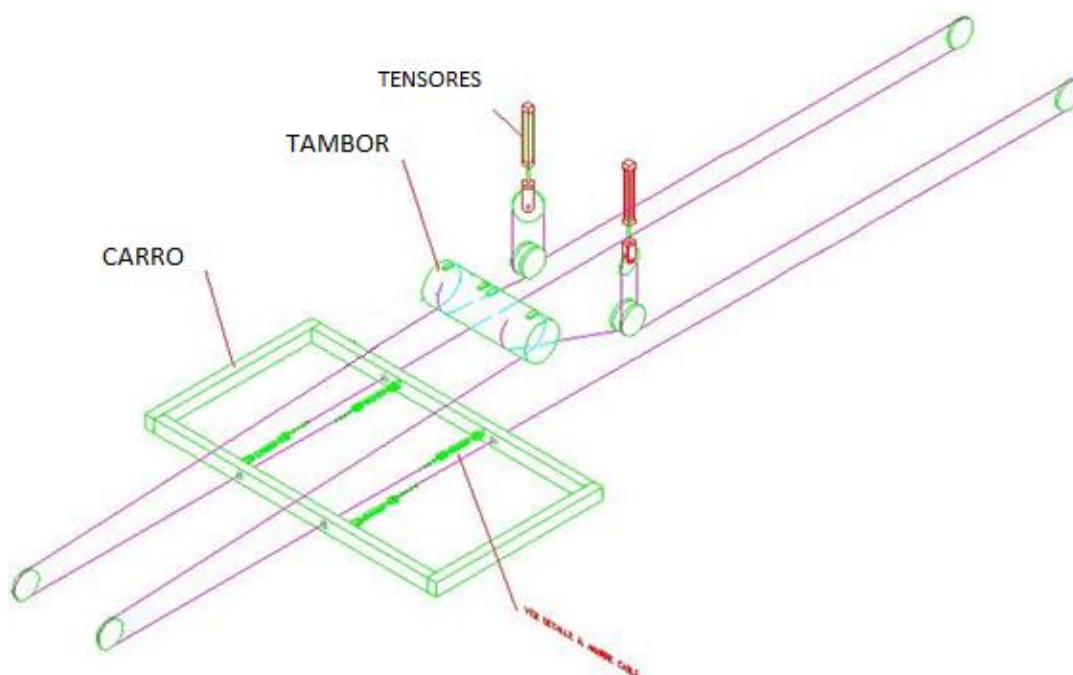
Rendimiento del reductor: 0,98

Rendimiento del aparejo (incluido tambor): 0,92

La velocidad del motor a plena carga es de 1800 rpm

Calcule la relación de transmisión que debe tener el reductor, la potencia mecánica que debe entregar el motor, el par motor y el par de accionamiento del tambor.

Calcule también la sollicitación de extensión estática sobre los cables.



34	B	C	D	E	F	G	H	I	J	34	
35	RESOLUCIÓN										35
36	Velocidad carro		Vc =	L/t =	=F\$17/F\$18	m/s					36
37											37
38	Nº puntas a tambores				Npunt =	2	puntas				38
39	Nº ramales a carga				Nram =	2	ramales				39
40	El cable que se traslada es el cable que se enrolla							Npunt x Vc = Nram x Vcab			40
41			Vcab =		=(G\$38/G\$39)*F\$36	m/s					41
42											42
43	Velocidad angular de tambor correspondiente a Vcab						Wtb =	=F\$41/((F\$19/1000)/2)	rad/s		43
44						ntb =	=H\$43*60/(2*PI())	rpm			44
45											45
46	Relación de transmisión del reductor										46
47											47
48			i_red =	Wtb/Wmot =		=H\$43/G\$26	= 1/	=1/G\$48			48
49											49
50			Coeficiente de resistencia a la rodadura			Cr =	0,007	(ruedas con rodam)			50
51	Potencia útil traslación		Hu =	Cr x (Qu + Q2) x Vc =			H\$50*(I\$15+I\$16) * F\$36	kW			51
52	Potencia motor		Hm =	Hu/(K x ror) =			=J\$43/(H\$24*H\$23)	kW			52
53											53
54	Par motor		Mm =	Hm/Wmot =			=H\$52*1000/G\$26	N·m			54
55	Par tambor		Mtb =	(Hm x ror)/Wtb =			=(H\$52*H\$23)*1000/H\$43	N·m			55
56											56
57	Solicitud sobre cables			S = Cr x (Qu + Q2) / (2 x K) =	=H\$50*(I\$15+I\$16)/(2*H\$24)	kN					57
58											58
59											59
60											60
61											61
62											62
63											63
64											64
65											65
66											66

TAREA 1. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	TAREA 1 CÁLCULO DE POTENCIA DE TRASLACIÓN DE CARRO									2
3										3
4	Alumno:	Amando Sánchez, Rodrigo			Fecha:		Nota:			4
5										5
6	DATOS PARA LA RESOLUCION DEL PROBLEMA									
7	Datos de partida resolución del problema (obtenidos con el número de identificación NI)									
8										8
9	NI =	76588960I								9
10	E =	8								10
11	F =	9								11
12	G =	6								12
13	H =	0								13
14										14
15	Carga útil		Qu =	80	t	=	784,8	kN		15
16	Peso carro + sp		Q2 =	24,4	t	=	239,364	kN		16
17	Longitud recorr.		L =	85	m					17
18	tiempo		t =	27	s					18
19	Diámetro tambor		D =	400	mm					19
20										20
21	Datos para la resolución del problema obtenidos del enunciado									
22										22
23	Rendimiento reductor:					ror =	0,98			23
24	Rendimiento aparejo (incl. tambor):					K =	0,92			24
25	Velocidad motor:					nm =	1800	rpm		25
26			Wmot	=		188,5	rad/s			26
27										27
28										28
29										29
30										30
31										31
32										32
33										33

34	B	C	D	E	F	G	H	I	J	34	
35	RESOLUCIÓN										35
36	Velocidad carro		$V_c = L/t =$		3,148	m/s					36
37											37
38	Nº puntas a tambores				$N_{pnt} =$	2	puntas				38
39	Nº ramales a carga				$N_{ram} =$	2	ramales				39
40	El cable que se traslada es el cable que se enrolla						$N_{pnt} \times V_c = N_{ram} \times V_{cab}$				40
41			$V_{cab} =$		3,148	m/s					41
42											42
43	Velocidad angular de tambor correspondiente a V_{cab}						$W_{tb} =$	15,741	rad/s		43
44							$ntb =$	150,3	rpm		44
45											45
46	Relación de transmisión del reductor										46
47											47
48		$i_{red} =$	$W_{tb}/W_{mot} =$		0,08351		$= 1/$	11,98			48
49											49
50		Coeficiente de resistencia a la rodadura				$Cr =$	0,007	(ruedas con rodam)			50
51	Potencia útil traslación		$H_u =$	$Cr \times (Q_u + Q_2) \times V_c =$		22,57	kW				51
52	Potencia motor		$H_m =$	$H_u / (K \times ror) =$		25,03	kW				52
53											53
54	Par motor		$M_m =$	$H_m / W_{mot} =$		132,8	N·m				54
55	Par tambor		$M_{tb} =$	$(H_m \times ror) / W_{tb} =$		1558,51	N·m				55
56											56
57	Solicitud sobre cables			$S = Cr \times (Q_u + Q_2) / (2 \times K) =$	3,90	kN					57
58											58
59											59
60											60
61											61
62											62
63											63
64											64
65											65
66											66

TAREA 1. ANEXO

Celda C4: el nombre del alumno se escribe directamente buscándolo en la hoja "Listado", donde esté relacionado con su número de identificación, NI, introducido manualmente en la celda D9.

Celdas D10 a D13: extraen los dígitos 5º, 6º, 7º y 8º del NI, usados para parametrizar las variables de entrada del problema.

Fila 24, rendimiento del aparejo (incluido tambor). Se ha supuesto un valor de 0,92 para facilitar la solución. En realidad, el rendimiento del aparejo es diferente según la dirección en que se tire del carro. La figura da información para calcular de manera exacta los rendimientos, por si se quiere hacer el problema más preciso y fiel a la realidad.

Celda E26: ω_{mot} es la velocidad angular del motor, ω_{mot}

Celda H43: $\omega_{tb} = V_{cable} / (D/2)$

Celda H44: n_{tb} , la velocidad del tambor, en revoluciones por minuto.

Celda G48: la relación de transmisión del reductor, en la forma canónica: velocidad de salida/velocidad de entrada.

Celda I48: la inversa del valor anterior, habitual en catálogos de fabricantes y placas de características de los reductores.

Celda H50: coeficiente de resistencia a la rodadura. Los valores usuales para ruedas de acero sobre riel de acero son de 0,02 si el eje va sobre buje de deslizamiento y de 0,007 si va montado con rodamientos.

Fila 51, potencia útil. Es una forma de la expresión: Potencia = Fuerza x velocidad. Donde la fuerza no es el peso que se traslada, sino la resistencia que ofrece a ser trasladado, montado sobre ruedas.

Fila 57, sollicitación sobre cables. Es la fuerza anterior, mayorada por el rendimiento del aparejo y dividida por el número de ramales de tiro.

TAREA 2 CLASIFICACIÓN DE LA GRÚA

NI alumno AB.CDE.FGH-L

Una grúa de muelle debe cargar contenedores a razón de Th contenedores por hora. La máquina debe trabajar durante AS años de servicio, en jornada de J horas diarias, a DS días por semana y SU semanas útiles al año.

El peso del spreader, cabezal de poleas y cable es de 12 t. La carga máxima de los contenedores a manejar es de 60 t. La distribución de carga esperada es la siguiente, por cada mil contenedores:

- Q1 de menos de 20 t, como máximo
- Q2 entre 20 y 40 t, como máximo
- Q3 entre 40 y 60 t, como máximo

Se pide:

- Coeficiente de espectro de cargas, según fórmula.
- Estado de carga y clase de utilización.
- Grupo de clasificación del aparato.

Datos:

$$Th = 10 + F \text{ cont/h}$$

$$AS = 20 + G \text{ años serv.}$$

$$J = 10 + C \text{ h/dia}$$

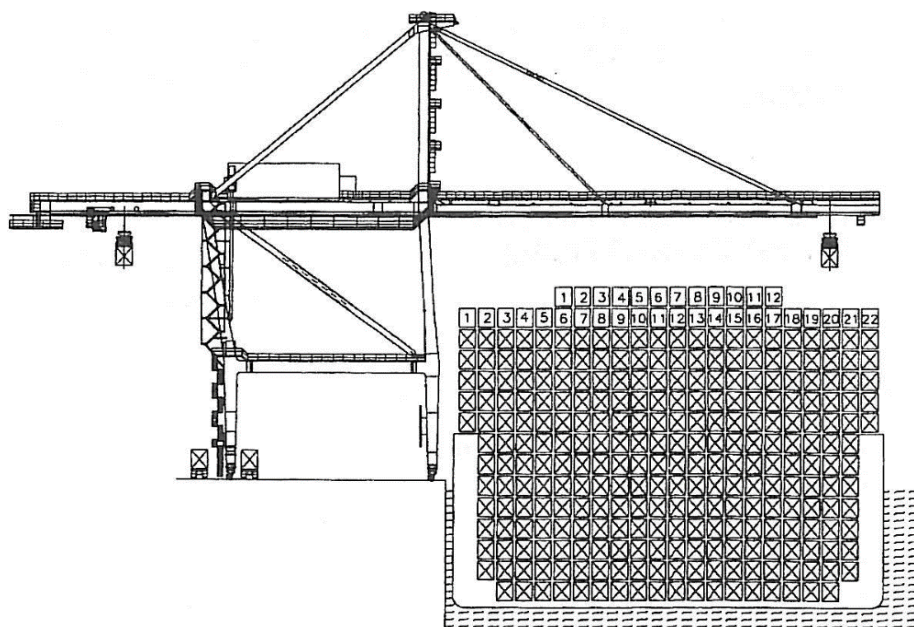
$$DS = 7 \text{ dia/sem}$$

$$SU = 40 + D \text{ sem/año}$$

$$Q1 = 200 + (10 \times E) \text{ cont}$$

$$Q2 = 500 \text{ cont}$$

$$Q3 = 500 - Q1 \text{ cont}$$



Ejemplo 45.320.873-X

18 contenedores/hora, 27 años, 13 horas diarias, 42 semanas/año

200 contenedores de menos de 20 t

$500 - 200 = 300$ contenedores entre 40 y 60 t.

TAREA 2. FÓRMULAS

1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1
2	TAREA 2. CLASIFICACIÓN DE LA GRÚA									2
3										3
4	Alumno:	#N/D			Fecha:		Nota:			4
5										5
6	DATOS PARA LA RESOLUCION DEL PROBLEMA									
7	Datos de partida resolución del problema (obtenidos con el número de identificación NI)									
8										8
9	NI =									9
10	A =	=EXTRAE(\$C\$9;1;1)			Tasa horaria, Th =	=10+C15	cont/h			10
11	B =	=EXTRAE(\$C\$9;2;1)			Jornada diaria, J =	=10+C12	h/día			11
12	C =	=EXTRAE(\$C\$9;3;1)			Días/semana, DS =	7	día/sem			12
13	D =	=EXTRAE(\$C\$9;4;1)			Semanas útiles, SU =	=40+C13	sem/año			13
14	E =	=EXTRAE(\$C\$9;5;1)			Años servicio, AS =	=20+C16	años/vida			14
15	F =	=EXTRAE(\$C\$9;6;1)								15
16	G =	=EXTRAE(\$C\$9;7;1)								16
17	H =	=EXTRAE(\$C\$9;8;1)								17
18	Distribución de carga útil:		Q1u =	=200+(10*C14)			< 20 t			18
19	(por cada mil contenedores)		Q2u =	500			entre 20 y 40 t			19
20			Q3u =	=500-F18			entre 40 y 60 t			20
21										21
22					$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right]$					22
23										23
24										24
25	RESOLUCIÓN									
26										26
27	Carga total:		Suponemos, para cada fracción, el valor superior.							27
28			Añadimos el peso de los elementos de suspensión							28
29										29
30	Qes =	12	t	Pmax =	72	t	CT =	1000	ciclo	30
31										31
32					Ci		Pi			32
33	Distribución de carga total:		Q1t =	=200+(10*C14)			32	t		33
34	(por cada mil contenedores)		Q2t =	500			52	t		34
35			Q3t =	=500-F33			72	t		35
36										36
37			Ci/CT	Pi/Pmax	sumando					37
38			=F33/I30	=H33/F30	=D38*E38^3					38
39			=F34/I30	=H34/F30	=D39*E39^3					39
40			=F35/I30	=H35/F30	=D40*E40^3					40
41			Kp =	=SUMA(F38;F39;F40)						41
42										42
43	Estado de carga:		Kp se aproxima a	0,5		Estado de carga	pesado		Q3	43
44										44
45	Número de ciclos:		Nciclos =	Th x J x DS x SU x AS =	=PRODUCTO(H10:H14)	ciclos/vida				45
46	Clase de utilización:		Nciclos <	2E6	U7	Utilizacion	intensiva			46
47										47
48	Grupo aparato:		=J43	=F46	-->	A8				48

TAREA 2. EJEMPLO

1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	
2	TAREA 2. CLASIFICACIÓN DE LA GRÚA									2	
3										3	
4	Alumno: Aguilar Campo, Jaime			Fecha:			Nota:			4	
5										5	
6	DATOS PARA LA RESOLUCION DEL PROBLEMA										6
7	Datos de partida resolución del problema (obtenidos con el número de identificación NI)										7
8										8	
9	NI =	46346965q								9	
10	A =	4			Tasa horaria, Th =	19	cont/h			10	
11	B =	6			Jornada diaria, J =	13	h/día			11	
12	C =	3			Días/semana, DS =	7	día/sem			12	
13	D =	4			Semanas útiles, SU =	44	sem/año			13	
14	E =	6			Años servicio, AS =	26	años/vida			14	
15	F =	9								15	
16	G =	6								16	
17	H =	5								17	
18	Distribución de carga útil:			Q1u =	260		< 20 t			18	
19	(por cada mil contenedores)			Q2u =	500		entre 20 y 40 t			19	
20				Q3u =	240		entre 40 y 60 t			20	
21										21	
22				$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right]$						22	
23										23	
24										24	
25	RESOLUCIÓN										25
26										26	
27	Carga total:		Suponemos, para cada fracción, el valor superior.								27
28			Añadimos el peso de los elementos de suspensión								28
29										29	
30	Qes =	12	t	Pmax =	72	t	CT =	1000	ciclo	30	
31										31	
32										32	
33	Distribución de carga total:		Q1t =	260		32	t			33	
34	(por cada mil contenedores)		Q2t =	500		52	t			34	
35			Q3t =	240		72	t			35	
36										36	
37			Ci/CT	Pi/Pmax	sumando					37	
38			0,26	0,444	0,023					38	
39			0,50	0,722	0,188					39	
40			0,24	1,000	0,240					40	
41				Kp =	0,451					41	
42										42	
43	Estado de carga:	Kp se aproxima a 0,5				Estado de carga pesado			Q3	43	
44										44	
45	Número de ciclos:	Nciclos = Th x J x DS x SU x AS =				1,98E+06	ciclos/vida			45	
46	Clase de utilización:	Nciclos < 2E6		U7		Utilización intensiva				46	
47										47	
48	Grupo aparato:	Q3	U7	-->	A8					48	

TAREA 2. ANEXO

Muchas celdas van de forma similar a las de tarea 1. Consúltela.

Celda C4: el nombre del alumno.

Celdas C10 a C17: extraen los dígitos 1º a 8º del NI.

Celda H12: 7 días a la semana. Es habitual en grúas de puerto que trabajen todos los días. Incluso a todas horas: 24 / 7 , es decir, 24 horas al día, 7 días a la semana.

Celda D27: “suponemos, para cada fracción, el valor superior”. Suposición desde el lado de la seguridad. Con los datos del enunciado, también sería razonable elegir el valor medio de carga para cada fracción.

Celda C30: peso del spreader, es de 12 t en todos los casos, según enunciado.

Celdas F38 a F40: cada uno de los sumandos para el cálculo de K_p . Tenga en cuenta que la relación de cargas P_i/P_{max} se pondera al cubo, por lo que las fracciones de cargas bajas apenas suman en el total de K_p .

Celda F41: valor de K_p según fórmula.

Fila 43: valor de K_p según norma.

Celda D43: Se selecciona el valor de K_p estándar más próximo por exceso al valor calculado, según la tabla de “Estado de carga” (UNE-58112), ref. [1] pag. 227 o [15].

Estado de carga	Coficiente nominal del espectro de las cargas K_p	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga máxima de servicio y corrientemente cargas muy pequeñas
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga máxima de servicio

Celda G43: Se escribe “ligero”, “moderado”, etc., según el estado de carga.

Celda J43: Se escribe Q1 a Q4, según la tabla “Estado de carga”.

Celda G45: Número de ciclos de maniobra estimados para la vida de la grúa.

Fila 46: Clase de utilización del aparato, según el número de ciclos. Norma UNE 58112.

Clase de utilización	Número máximo de ciclos de maniobra	Observaciones
U ₀	1,6 × 10 ⁴	Utilización ocasional
U ₁	3,2 × 10 ⁴	
U ₂	6,3 × 10 ⁴	
U ₃	1,25 × 10 ⁵	
U ₄	2,5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio ligero
U ₅	5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio intermitente
U ₆	1 × 10 ⁶	Utilización regular en servicio intensivo
U ₇	2 × 10 ⁶	Utilización intensiva
U ₈	4 × 10 ⁶	
U ₉	Más de 4 × 10 ⁶	

Fila 48: Grupo de clasificación del aparato, según UNE 58112 (ver tabla)

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de las cargas K _p	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del aparato									
		U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q1 – Ligero	0,125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – Moderado	0,25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3 – Pesado	0,5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4 – Muy pesado	1,0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

TAREA 3 CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS

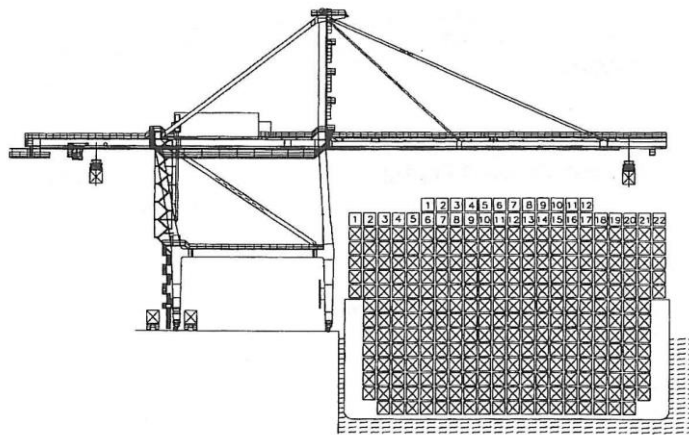
(Revisión 22-04-2022)

NI alumno AB.CDE.FGH

Una grúa de muelle debe cargar contenedores a razón de Ch contenedores por hora. La máquina debe trabajar durante AS años de servicio, en jornada de J horas diarias, a DS días por semana y SU semanas útiles al año.

El peso del spreader, cabezal de poleas y cable es Qsp . La carga máxima de los contenedores a manejar es de 50 t. La distribución de carga esperada es la siguiente, por cada mil contenedores:

- $Q1$ de menos de 14 t, como máximo
- $Q2$ entre 14 y 30 t, como máximo
- $Q3$ entre 30 y 50 t, como máximo



El mecanismo de elevación está funcionando una fracción α_e % del tiempo que la máquina está trabajando.

El mecanismo de traslación del carro, funciona una fracción α_c % del tiempo que la máquina está trabajando (elevación y traslación de la carga pueden actuar simultáneamente). El peso del carro es Qc .

La grúa hay que trasladarla una longitud Lp al día, de media. La velocidad de traslación del pórtico es Vp .

Se pide:

- Coeficiente de espectro de cargas de cada mecanismo, según fórmula cuando se pueda.
- Estado de carga y clase de utilización de cada mecanismo.
- Grupo de clasificación de cada mecanismo.

Datos:

$$Ch = 8 + F \text{ cont/h}$$

$$AS = 15 + (2 \times G) \text{ años serv.} \quad J = 6 + (2 \times C) \text{ h/día}$$

$$DS = 5 \text{ día/sem}$$

$$SU = 32 + (2 \times D) \text{ sem/año}$$

$$Qsp = 8 + (H/2) \text{ t}$$

$$Q1 = 100 + (15 \times E) \text{ cont}$$

$$Q2 = 200 + (10 \times E) \text{ cont}$$

$$Qc = 5 + (H/3) \text{ t}$$

$$\alpha_e = 40 + (3 \times F) \% \quad \alpha_c = 30 + (2 \times G) \%$$

$$\text{Desplazamiento del pórtico, } Lp = 200 + (100 \times H) \text{ m/día}$$

$$Vp = 40 \text{ m/min}$$

TAREA 3. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2		TAREA 3 CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS							
3									
4		Alumno: =BUSCARV(D6;Listado!B3:C22;2;FALSO)			Fecha:		Nota:		
5									
6		NI =							
7		A =	=EXTRAE(\$D\$6;1;1)		Contened. por hora, Ch =	=8+\$D\$12	cont/h		
8		B =	=EXTRAE(\$D\$6;2;1)		Jornada diaria, J =	=6+(2*\$D\$9)	h/día		
9		C =	=EXTRAE(\$D\$6;3;1)		Días/semana, DS =	5	día/sem		
10		D =	=EXTRAE(\$D\$6;4;1)		Semanas útiles, SU =	=32+(2*\$D\$10)	sem/año		
11		E =	=EXTRAE(\$D\$6;5;1)		Años servicio, AS =	=15+(2*\$D\$13)	años/vida		
12		F =	=EXTRAE(\$D\$6;6;1)						
13		G =	=EXTRAE(\$D\$6;7;1)						
14		H =	=EXTRAE(\$D\$6;8;1)						
15									
16	El mec. de elevación está funcionando una fracción alfa_e del tiempo que la máquina está trabajando.								
17									
18	El mec. de traslación del carro, funciona una fracción alfa_c del tiempo que la máquina está trabajando								
19									
20		Peso del carro		Qc =	=5 + (D14/3)	t			
21	La grúa hay que trasladarla una longitud Lp metros al día, de media.								
22		Velocidad pórtico		Vp =	40	m/min			
23									
24	Se pide: - Coeficiente de espectro de cargas de cada mecanismo, según fórmula cuando se pueda.								
25	- Estado de carga y clase de utilización de cada mecanismo.								
26	- Grupo de clasificación de cada mecanismo.								
27									
28		Distribución de carga útil:	Q1u =	=100+(15*\$D\$11)	< 14 t				
29		(por cada mil contenedores	Q2u =	=200+(10*\$D\$11)	entre 14 y 30 t				
30			Q3u =	=1000-F28-F29	entre 30 y 50 t				
31									
32		Carga total:		Suponemos, para cada fracción, el valor superior.					
33				Añadimos el peso de los elementos de suspensión					
34									
35		Qsp =	=8+(\$D\$14/2)	t	Pmax =	=50+D35	t		
36					CT =	1000	ciclos		
37									
38						Ci	Pi		
39		Distribución de carga total:	Q1t =	=F28	=14+\$D\$35	t			
40		(por cada mil contenedores)	Q2t =	=F29	=30+\$D\$35	t			
41			Q3t =	=F30	=50+\$D\$35	t			
42									
43				Ci/CT	Pi/Pmax	sumando			
44				=G39/\$G\$36	=H39/\$G\$35	=E44*(F44^3)			
45				=G40/\$G\$36	=H40/\$G\$35	=E45*(F45^3)			
46				=G41/\$G\$36	=H41/\$G\$35	=E46*(F46^3)			
47				Kp =	=SUMA(G44;G45;G46)				

48	B	C	D	E	F	G	H	I	J
49									
50			Fracción temporal mecanismo elevaci		alfa_e =	= 40 + (3*\$D\$12)	%		
51			Fracción temporal mec. trasl. Carro		alfa_c =	= 30 + (2*\$D\$13)	%		
52			Desplazamiento pórtico		Lp =	=200+(100*\$D\$14)	m/día		
53									
54									
55	Km	Coef. de espectro de cargas.							
56		Mec. elevación:							
57		La proporción de tiempos es igual que la proporción de ciclos del aparato.							
58		Las cargas son las mismas que para el aparato.							
59									
60		Por tanto, Km_e = Kp			Km_e =	= \$G\$47			
61									
62		Mec. Trasl. Carro:							
63		La proporción de tiempos es igual que la proporción de ciclos del aparato.							
64		Las cargas son: elevación + el peso del carro, por el factor de rodadura.							
65					Ptmax =	= \$G\$35 + \$F\$20	t		
66									
67		Aprovechamos la tabla del aparato, modificando las cargas.							
68					Cti	Pti			
69	Distribución de carga total:		Q1t =	=F28	=H39+\$F\$20	t			
70	(por cada mil contenedores)		Q2t =	=F29	=H40+\$F\$20	t			
71			Q3t =	=F30	=H41+\$F\$20	t			
72									
73			Cti/CtT	Pti/Ptmax	sumando				
74			=F69/\$G\$36	=G69/\$G\$65	=E74*(F74^3)				
75			=F70/\$G\$36	=G70/\$G\$65	=E75*(F75^3)				
76			=F71/\$G\$36	=G71/\$G\$65	=E76*(F76^3)				
77									
78					Km_t =	=SUMA(G74:G76)			
79									
80	Mec. Trasl. Grúa:	Siempre funciona a plena carga							
81									
82					Km_tg =	1			
83									
84	Estado de carga:								
85	Mec. elevación:	Km_e se aproxima a 1		Est. carga muy pesado	L4				
86	Mec. Trasl. Carro	Km_t se aproxima a 1		Est. carga muy pesado	L4				
87	Mec. Trasl. Grúa	Valor máximo		Est. carga muy pesado	L4				
88									
89	Número de ciclo	Nciclos = Th x J x DS x SU x AS =			=PRODUCTO(H7:H11)	ciclos/vida			
90	Número de hora	Nh = J x DS x SU x AS =			=PRODUCTO(H8:H11)	horas/vida			
91	Nº horas elevaci	Nh_e = alfa_e x Nh =		= \$G\$50/100*\$G\$90	h				
92	Nº h. trasl. carro	Nh_t = alfa_t x Nh =		= \$G\$51/100*\$G\$90	h				
93	Nº h. trasl. grúa:	Nh_tg = Lp/(Vp x 60) x DS x SU x AS =			= G52/(F22*60) *H9*H10*H11		h		
94									
95									
96	B	C	D	E	F	G	H	I	J

97	B	C	D	E	F	G	H	I
98								
99	Clase de utilización:							
100		Mec. elevación:		Nh_e < 25.0	T7		Utilizacion intensiva	
101		Mec. Trasl. Carro:		Nh_t < 25.0	T7		Utilizacion intensiva	
102		Mec. Trasl. Grúa:		Nh_tg < 400	T1		Utilización ocasional	
103								
104	Grupo de clasificación:							
105		Mec. elevación:		=H85	=F100	-->	M8	
106		Mec. Trasl. Carro:		=H86	=F101	-->	M8	
107		Mec. Trasl. Grúa:		=H87	=F102	-->	M3	

TAREA 3. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
2		TAREA 3 CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS								
3										
4		Alumno:	Perea Rosales, Carmen		Fecha:		Nota:			
5										
6		NI =	44555000w							
7		A =	4		Contened. por hora, Ch =	8	cont/h			
8		B =	4		Jornada diaria, J =	16	h/día			
9		C =	5		Días/semana, DS =	5	día/sem			
10		D =	5		Semanas útiles, SU =	42	sem/año			
11		E =	5		Años servicio, AS =	15	años/vida			
12		F =	0							
13		G =	0							
14		H =	0							
15										
16		El mec. de elevación está funcionando una fracción alfa_e del tiempo que la máquina está trabajando.								
17										
18		El mec. de traslación del carro, funciona una fracción alfa_c del tiempo que la máquina está trabajando								
19										
20		Peso del carro	Qc =	5	t					
21		La grúa hay que trasladarla una longitud Lp metros al día, de media.								
22		Velocidad pórtico	Vp =	40	m/min					
23										
24		Se pide - Coeficiente de espectro de cargas de cada mecanismo, según fórmula cuando se pueda.								
25		- Estado de carga y clase de utilización de cada mecanismo.								
26		- Grupo de clasificación de cada mecanismo.								
27										
28		Distribución de carga útil:	Q1u =	175	< 14 t					
29		(por cada mil contenedores)	Q2u =	250	entre 14 y 30 t					
30			Q3u =	575	entre 30 y 50 t					
31										
32		Carga total:	Suponemos, para cada fracción, el valor superior.							
33			Añadimos el peso de los elementos de suspensión							
34										
35		Qsp =	8	t	Pmax =	58	t			
36					CT =	1000	ciclos			
37										
38						Ci	Pi			
39		Distribución de carga total:	Q1t =	175	22	t				
40		(por cada mil contenedores)	Q2t =	250	38	t				
41			Q3t =	575	58	t				
42										
43			Ci/CT	Pi/Pmax	sumando					
44			0,18	0,379	0,010					
45			0,25	0,655	0,070					
46			0,58	1,000	0,575					
47				Kp =	0,655					

48	B	C	D	E	F	G	H	I	J
49									
50		Fracción temporal mecanismo elevación			alfa_e =	40	%		
51		Fracción temporal mec. trasl. Carro			alfa_c =	30	%		
52		Desplazamiento pórtico			Lp =	200	m/día		
53									
54									
55	Km	Coef. de espectro de cargas.							
56		Mec. elevación:							
57		La proporción de tiempos es igual que la proporción de ciclos del aparato.							
58		Las cargas son las mismas que para el aparato.							
59									
60		Por tanto, Km_e = Kp			Km_e =	0,655			
61									
62		Mec. Trasl. Carro:							
63		La proporción de tiempos es igual que la proporción de ciclos del aparato.							
64		Las cargas son: elevación + el peso del carro, por el factor de rodadura.							
65					Ptmax =	63	t		
66									
67		Aprovechamos la tabla del aparato, modificando las cargas.							
68					Cti	Pti			
69	Distribución de carga total:			Q1t =	175	27	t		
70	(por cada mil contenedores)			Q2t =	250	43	t		
71				Q3t =	575	63	t		
72									
73				Cti/CtT	Pti/Ptmax	sumando			
74				0,18	0,429	0,014			
75				0,25	0,683	0,079			
76				0,58	1,000	0,575			
77									
78					Km_t =	0,668			
79									
80	Mec. Trasl. Grúa:	Siempre funciona a plena carga							
81									
82					Km_tg =	1			
83									
84	Estado de carga:								
85	Mec. elevación:	Km_e se aproxima a 1			Est. carga muy pesado	L4			
86	Mec. Trasl. Carro	Km_t se aproxima a 1			Est. carga muy pesado	L4			
87	Mec. Trasl. Grúa	Valor máximo			Est. carga muy pesado	L4			
88									
89	Número de ciclo:	Nciclos = Th x J x DS x SU x AS =				4,03E+05	ciclos/vida		
90	Número de hora:	Nh = J x DS x SU x AS =				5,04E+04	horas/vida		
91	Nº horas elevación:	Nh_e = alfa_e x Nh =			2,02E+04	h			
92	Nº h. trasl. carro:	Nh_t = alfa_t x Nh =			1,51E+04	h			
93	Nº h. trasl. grúa:	Nh_tg = Lp/(Vp x 60) x DS x SU x AS =				2,63E+02		h	
94									
95									

98	B	C	D	E	F	G	H	I
99	Clase de utilización:							
100		Mec. elevación:		Nh_e < 25.00	T7		Utilizacion intensiva	
101		Mec. Trasl. Carro:		Nh_t < 25.00	T7		Utilizacion intensiva	
102		Mec. Trasl. Grúa:		Nh_tg < 400	T1		Utilización ocasional	
103								
104	Grupo de clasificación:							
105		Mec. elevación:		L4	T7	-->	M8	
106		Mec. Trasl. Carro:		L4	T7	-->	M8	
107		Mec. Trasl. Grúa:		L4	T1	-->	M3	

TAREA 3. ANEXO

Celda D4: el nombre del alumno.

Celdas D7 a D14: extraen los dígitos 1º a 8º del NI.

Celda F22: las grúas de muelle no trasladan el pórtico durante la carga y descarga. En general, bastan velocidades bajas de traslación del pórtico para sus necesidades de posicionamiento.

Celda E32: en las celdas H39 a H41 se supone, para cada fracción de carga, el valor superior. Por ejemplo, para la fracción entre 14 y 30 t se toma en los cálculos el valor de 30 t. Así estamos del lado de la seguridad. Según el enunciado, también sería correcto tomar el valor medio, 22 t para el ejemplo. Además, hay que sumar el peso del spreader.

Celdas E44:G46 Matriz para el cálculo de K_p , según la definición

$$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \right]$$

Celda G50: Fracción temporal del mecanismo de elevación, α_e . Es decir, la fracción de tiempo, respecto al tiempo total en que la grúa está funcionando, que están actuando los motores de elevación.

Celda G51: Fracción temporal del mecanismo de traslación del carro, α_c . Es decir, la fracción de tiempo, respecto al tiempo total en que la grúa está funcionando, que están actuando los motores de traslación del carro (normalmente, un solo motor en los carros tirados por cable y tambor).

Celda G52: Desplazamiento diario medio del pórtico. Normalmente es pequeño. La grúa no recorre medio muelle, sino normalmente desplazamientos de unos pocos metros para situarse frente a la siguiente hilera de contenedores.

Fila 55: A partir de aquí, se trabaja con el coeficiente de espectro de cargas de los distintos mecanismos estudiados en la grúa. La expresión es similar a la de K_p , pero basada en los tiempos de utilización del mecanismo, no en los ciclos.

$$k_m = \sum \left[\frac{t_i}{T_t} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \right]$$

Téngase en cuenta que las P_i y P_{\max} de k_m pueden ser distintas según el mecanismo y diferentes de las utilizadas para el aparato completo.

Fila 60: coeficiente de espectro de cargas para el mecanismo de elevación, k_{m_e} . El mecanismo de elevación se encarga de hacer el trabajo principal de la grúa: levantar la carga. Aquí coinciden las P_i y P_{\max} con las utilizadas en K_p . Tampoco hace falta establecer proporciones en tiempos, pues son iguales a las que se obtuvieron para los ciclos.

Fila 78: ídem para el mecanismo de traslación del carro, $k_{m,t}$ Las proporciones en tiempos vuelven a ser iguales a las proporciones en ciclos. La carga tirada por el mecanismo debe incluir ahora el peso del carro. En realidad, es mucho menor a la utilizada para k_p y para $k_{m,e}$, ya que va afectada por el coeficiente de resistencia de rodadura (0,007 normalmente); pero este coeficiente afecta tanto a los valores parciales como al máximo, por lo que podemos prescindir de él en el cálculo de las celdas G74 a G76.

Coeficientes nominales del espectro de carga para los mecanismos, k_m [UNE 58-112-91]

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de cargas, k_m	Observaciones
L1-Ligero	0,125	Mecanismo sometido excepcionalmente a la carga máxima de servicio y normalmente a cargas muy pequeñas
L2-Moderado	0,25	Mecanismo sometido con bastante frecuencia a la carga máxima de servicio y corrientemente a cargas pequeñas
L3-Pesado	0,50	Mecanismo sometido con bastante frecuencia a la carga máxima de servicio y corrientemente a cargas medias
L4-Muy pesado	1,00	Mecanismo corrientemente sometido a su carga máxima de servicio

Fila 82: un contenedor puede ir lleno, vacío o cargado a medias. La grúa, cuando se traslada, sólo puede hacerlo por completo. Por eso, el mecanismo de traslación del aparato actúa siempre a plena carga. Estado de carga L4.

Fila 85: $k_{m,e}$ excedía del valor 0,5, aproximando por exceso le corresponde el valor 1, estado de carga muy pesado, L4.

Fila 86: ídem, para $k_{m,t}$

Filas 100 a 102: se indica la clase de utilización de cada mecanismo, atendiendo al número de horas y aproximándola por exceso según la tabla de UNE 58112 (ver ref. [1] pag. 244 o [15]).

Clase de utilización	Duración total de servicio h	Observaciones
T ₀	200	Utilización ocasional
T ₁	400	
T ₂	800	
T ₃	1600	
T ₄	3200	Utilización regular en servicio ligero
T ₅	6 300	Utilización regular en servicio intermitente
T ₆	12 000	Utilización regular en servicio intensivo
T ₇	25 000	Utilización intensiva
T ₈	50 000	
T ₉	100 000	

Celdas H105 a H107: se utiliza la tabla de clasificación del mecanismo, atendiendo a la clase de utilización y el estado de carga. Norma UNE 58112.

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro en cargas K_m	Clases de utilización del mecanismo									
		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
L1 – Ligero	0,125	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2 – Moderado	0,25	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
L3 – Pesado	0,5	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4 – Muy pesado	1,0	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

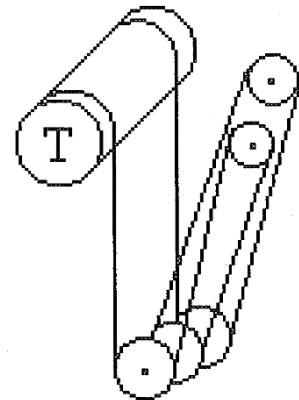
TAREA 4 CÁLCULO RESISTENTE DE UN CABLE DE ELEVACIÓN Versión 16/05/2022

El NI de cada alumno es del tipo AB.CDE.FGH-L

Deseamos ver la adecuación de un cable para una aplicación determinada. A tal fin, calcularemos el coeficiente de seguridad, la resistencia al aplastamiento y la resistencia a la estrepada.

El cable es de estructura 6 x 37 (1+6+12+18) + 1 (alma textil), trenzado lang, preformado antigiratorio, en acero al manganeso galvanizado de resistencia $R_o = 1770$ MPa, módulo de elasticidad aparente $E_a = 46$ GPa

El aparejo de elevación consta, abajo, de tres poleas de diámetro D_p . Arriba consta de dos poleas, del mismo diámetro, D_p . Según se aprecia en la figura.



Los ángulos son despreciables, se considerará el tiro de los cables vertical.

Poleas y tambor van montados sobre rodamientos.

Diámetro poleas $D_p = 1000 + [100 \times \text{int}(C/3)]$

El diámetro del cable es $d = (2 \times H) + 10$ (en mm)

La longitud del cable es $L = 100 + (20 \times F)$ (en m)

La carga total a levantar es $Q = 20 + (2 \times G)$ (en t)

La aceleración de subida $\gamma = \text{int}(1 + (D/2))$ (en m/s²)

La carga de rotura del cable, F_o , la puede obtener en la tabla adjunta.

Deberá calcular:

- El rendimiento del aparejo.
- Diámetro estimado de los cordones.
- Diámetro estimado de los alambres. Todos los alambres tienen el mismo diámetro.
- Sección metálica del cable.
- La sollicitación del cable, estática.
- La tensión de extensión del cable, estática y dinámica.
- Tensión de encurvación.
- Presión de aplastamiento e indicar si es admisible.
- Trabajo máximo admisible de estrepada. ¿Resistirá el cable una caída desde 0,4 m?
- Coeficientes de seguridad a rotura, a aplastamiento y a estrepada (para 0,4 m).

A la vista de los resultados, qué cambios aconsejaría en el cable para ajustarlo a los esfuerzos solicitados.

Ejemplo: NI 36.072.467-L

$D_p = 1000 + [100 \times \text{int}(0/3)] = 1000$ mm $d = (2 \times 7) + 10 = 24$ mm

$L = 100 + (2 \times 40) = 180$ m

$Q = 20 + (2 \times 6) = 32$ t

$\gamma = \text{int}(1 + (7/2)) = \text{int}(1 + 3,5) = 4$ m/s²

CABLE 6 x 37

Composición del cordón : 18 + 12 + 6 + 1

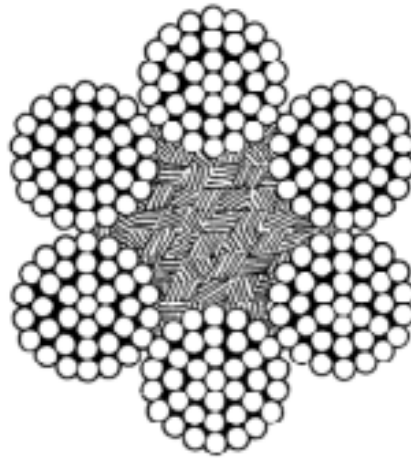


Fig. 5 – Cable 6 x 37 + T (alma textil)

1	2	3	4	4'	5	5'	
Diámetro nominal del cable	Masa aproximada	Carga de rotura mínima del cable para una resistencia nominal					
	Alma textil	Ro de los alambres de:					
			1670 MPa (160 kgf/mm ²)		1770 MPa (180 kgf/mm ²)		
Clase de superficie de los alambres: GRIS o GALVANIZADO G1 ó G2							
d	Tolerancia	m ₁	F _{0,1}		F _{0,1}		
mm	%	kg/100m	kN	kgf	kN	kgf	
6	+ 5 - 1	12'5	16'7	1 700	18'8	1 920	
8		22'1	29'6	3 020	33'4	3 410	
9		28'0	37'5	3 820	42'3	4 310	
10		34'8	46'3	4 720	52'2	5 350	
11		41'9	56'0	5 710	63'1	6 440	
12		49'8	65'6	6 750	75'1	7 670	
13		58'5	76'2	7 970	86'2	8 900	
14		67'8	90'7	9 250	102	10 400	
16		88'6	118	12 100	134	13 800	
18		112	150	15 300	169	17 300	
20		+ 4 - 1	138	185	18 900	209	21 300
22			167	224	22 800	253	25 800
24			199	267	27 200	301	30 700
26	234		313	31 900	353	36 000	
28	271		363	37 000	409	41 700	
32	354		474	48 300	534	54 500	
36	448		600	61 100	676	69 000	
40	554		741	75 500	835	85 200	
44	670		896	91 300	1 010	103 000	
48	797		1 070	109 000	1 200	123 000	
52	936	1 250	128 000	1 410	144 000		
56	1 090	1 450	148 000	1 640	167 000		

TAREA 4. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
2	TAREA 4	CÁLCULO RESISTENTE DE UN CABLE DE ELEVACIÓN							
3									
4	Alumno:	=BUSCARV(D10;Listado	Fecha:			Nota:			
5									
6	Deseamos ver la adecuación de un cable para una aplicación determinada. A tal fin, calcularemos el coeficiente de seguridad, la resistencia al aplastamiento y la resistencia a la estrepada.								
7	El cable es de estructura 6 x 37 (1+6+12+18) + 1 (alma textil), trenzado lang, preformado antigiratorio, en acero al manganeso galvanizado de resistencia $R_o = 1770$ MPa, módulo de elasticidad aparente $E_a = 46$ GPa								
8	El aparejo de elevación consta de tres poleas de diámetro D_p , más otras dos en la parte superior, de diámetro D_c . Según se aprecia en la figura. Los ángulos son despreciables, se considerará el tiro de los cables vertical.								
9									
10		DNI =							
11		A =	=EXTRAE(\$D\$10;1;1)						
12		B =	=EXTRAE(\$D\$10;2;1)						
13		C =	=EXTRAE(\$D\$10;3;1)						
14		D =	=EXTRAE(\$D\$10;4;1)						
15		E =	=EXTRAE(\$D\$10;5;1)						
16		F =	=EXTRAE(\$D\$10;6;1)						
17		G =	=EXTRAE(\$D\$10;7;1)						
18		H =	=EXTRAE(\$D\$10;8;1)						
19									
20	Diámetro poleas:	$D_p = 1000 + [100 \times \text{int}(C/3)] =$				=1000+(100*ENTERO(D13/3))	mm		
21									
22	El diámetro del cable	$d = (2 \times H) + 10$ (en mm) =				=(2*D18)+10	mm		
23	La longitud del cable	$L = 100 + (2 \times F_0)$ (en m) =				= 100 + 2*(D16*10)	m		
24	La carga total a levantar	$Q = 20 + (2 \times G)$ (en t) =				= 20 + 2*D17	t		
25	La aceleración de subida	$\gamma = \text{int}(1 + (D/2))$ (en m/s ²) =				= ENTERO(1+(D14/2))	m/s ²		
26	La carga de rotura del cable, F_o , la puede obtener en la tabla adjunta (ver pdf).								
27						$F_o =$	301	kN	
28									
29	Deberá calcular:								
30	K	El rendimiento del aparejo, incluido tambor.							
31	dt	Diámetro estimado de los cordones							
32	da	Diámetro estimado de los alambres. Todos los alambres tienen el mismo diámetro.							
33	Am	Sección metálica del cable							
34	S	La sollicitación del cable, estática							
35	sigmae/sigmad	La tensión de extensión del cable, estática y dinámica							
36	sigmaf	Tensión de encurvación							
37	p/padm	Presión de aplastamiento e indicar si es admisible							
38	Trab_est	Trabajo máximo admisible de estrepada. ¿Resistirá el cable una caída desde 0,4 m?							
39	nr, na, ne	Coeficientes de seguridad a rotura, a aplastamiento y a estrepada (para 0,4 m)							
40	A la vista de los resultados, qué cambios aconsejaría en el cable para ajustarlo a los esfuerzos solicitados								
41									

	B	C	D	E	F	G	H	I
42								
43								
44	Rendimiento		Tambor	Kt =	0,98	(rodamientos)		
45			Polea	Kf =	0,98	(rodamientos)		
46			Polipasto	Kp =	$\frac{=(1+F45+F45^2)}{3}$			
47								
48			Total aparejo	K =		Kp Kt =	=F44 * F46	
49	Diámetro cordón		dt =	d/3 =	= G22/3	mm		
50		por geometría			3 cordones/cable	según diámetro		
51								
52	Diámetro alambre		da =	d/21 =	= G22/21	mm		
53		por geometría			7 alambres/cordon	según diámetro		
54								
55	Sección de cada alar		Aa =	$(\pi/4)da^2$		$=(\pi()/4)*F52^2$	mm ²	
56								
57	Sección metálica		Am =	6x37xAa	= 6*37*G55	mm ²		
58								
59		Número de ramales			i =	6		
60	Solicitud / cable		S =	$Q/(ixK) =$	$\frac{=}{G24/(G59*F46)}$	t =	=F60*9,81	kN
61	Tensión extensión estática		sigmae =	S/Am =		=H60*1000/F57	Mpa	
62								
63	Tensión extensión dinámica		sigmad =	sigmae x (gamma/g) =		=G61*G25/9,81	Mpa	
64								
65	Ea =	46	Gpa	Diámetro polea =		D =	= \$G\$20	mm
66								
67	Tensión encurvación		sigmaf =	0,8 (Ea da)/D =		=0,8*C65*1000*F52/H65	Mpa	
68	Presión de aplastamiento admisible		padm =			24	Mpa	(tb B2.4)
69		Tirón del cable	T =	S (1 + gamma/g) =		= H60*(1+G25/9,81)	kN	
70		Radio polea	R =	D/2 =		= H65/2	mm	
71			N =	0,5		(según tb B2.3)		
72	Presión de aplastamiento		p =	T/(RNd) =		$\frac{=G69*1000/(G70*F71*G22)}{}$	MPa	
73	altura caída, h =			0,4	m			
74		Carga	P =	20 + 2*D:	t =	=E74*9,81	kN	
75								
76	Trabajo estrepada		Pxh =	=G74*E73			kJ	
77		Límite elástico, Ce =		k Fo =		=E78*D81	MPa	
78			k =	0,65	(según tb B2.6)			
79	Límite de estrepada		Ce^2 L Am / (2 Ea) =			$\frac{=G77^2*G23*F57/(2*C65*1000000)}{}$	kJ	
80	sigmatrabajo =		sigmae + sigmad + sigmaf =			=G61+H63+H67	Mpa	
81		Ro =		1770	Mpa			
82	Seguridad a rotura		nr =	Ro/sigmatrabajo =		=D81/G80		
83	Seguridad a aplastamiento		na =	padm/p =		=G68/G72		
84	Seguridad a estrepada (0,4 m)		ne =	Lim_Estr/Trab_Estr =		=G79/F76		

TAREA 4. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
2	TAREA 4 CÁLULO RESISTENTE DE UN CABLE DE ELEVACIÓN								
3									
4	Alumno:	Muñoz García, Sa	Fecha:			Nota:			
5									
6	Deseamos ver la adecuación de un cable para una aplicación determinada. A tal fin, calcularemos el coeficiente de seguridad, la resistencia al aplastamiento y la resistencia a la estrepada.								
7	El cable es de estructura 6 x 37 (1+6+12+18) + 1 (alma textil), trenzado lang, preformado antigiratorio, en acero al manganeso galvanizado de resistencia $R_o = 1770$ MPa, módulo de elasticidad aparente $E_a = 46$ GPa								
8	El aparejo de elevación consta, abajo, de tres poleas de diámetro D_p . Arriba consta de dos poleas, del mismo diámetro, D_p . Según se aprecia en la figura. Los ángulos son despreciables, se considerará el tiro de los cables vertical.								
9									
10		DNI = 360724671							
11		A =	3						
12		B =	6						
13		C =	0						
14		D =	7						
15		E =	2						
16		F =	4						
17		G =	6						
18		H =	7						
19									
20	Diámetro poleas:	$D_p = 1000 + [100 \times \text{int}(C/3)] =$				1000	mm		
21									
22	El diámetro del cable	$d = (2 \times H) + 10$ (en mm) =				24	mm		
23	La longitud del cable	$L = 100 + (2 \times F_0)$ (en m) =				180	m		
24	La carga total a levantar	$Q = 20 + (2 \times G)$ (en t) =				32	t		
25	La aceleración de subida	$\gamma = \text{int}(1 + (D/2))$ (en m/s ²) =				4	m/s ²		
26	La carga de rotura del cable, F_o , la puede obtener en la tabla adjunta (ver pdf).								
27					$F_o =$	301	kN		
28									
29	Deberá calcular:								
30	K	El rendimiento del aparejo							
31	dt	Diámetro estimado de los cordones							
32	da	Diámetro estimado de los alambres. Todos los alambres tienen el mismo diámetro.							
33	Am	Sección metálica del cable							
34	S	La sollicitación del cable, estática							
35	sigmae/sigmad	La tensión de extensión del cable, estática y dinámica							
36	sigmaf	Tensión de encurvación							
37	p/padm	Presión de aplastamiento e indicar si es admisible							
38	Trab_est	Trabajo máximo admisible de estrepada. ¿Resistirá el cable una caída desde 0,4 m?							
39	nr, na, ne	Coeficientes de seguridad a rotura, a aplastamiento y a estrepada (para 0,4 m)							
40	A la vista de los resultados, qué cambios aconsejaría en el cable para ajustarlo a los esfuerzos solicitados								
41									

	B	C	D	E	F	G	H	I
42								
43								
44	Rendimiento		Tambor	Kt =	0,98	(rodamientos)		
45			Polea	Kf =	0,98	(rodamientos)		
46			Polipasto	Kp =	0,980			
47								
48			Total aparejo		K =	Kp Kt =	0,961	
49	Diámetro cordón		dt =	d/3 =	8,00	mm		
50			por geometría		3 cordones/cable	según diámetro		
51								
52	Diámetro alambre		da =	d/21 =	1,143	mm		
53			por geometría		7 alambres/cordon	según diámetro		
54								
55	Sección de cada alar		Aa =	(pi/4)da^2		1,026	mm ²	
56								
57	Sección metálica		Am =	6x37xAa	227,7	mm ²		
58								
59			Número de ramales		i =	6		
60	Solicitud / cable		S =	Q/(ixKp) =	5,44	t	=	53,4 kN
61	Tensión extensión estática		sigmae =	S/Am =		234,4	Mpa	
62								
63	Tensión extensión dinámica		sigmad =	sigmae x (gamma/g) =			95,6	Mpa
64								
65	Ea =	46	Gpa	Diámetro polea =		D =	1000	mm
66								
67	Tensión encurvación		sigmaf =	0,8 (Ea da)/D =			42,1	Mpa
68	Presión de aplastamiento admisible		padm =			24	Mpa	(tb B2.4)
69			Tirón del cable	T =	S (1 + gamma/g) =	75,1	kN	
70			Radio polea	R =	D/2 =	500	mm	
71				N =	0,5	(según tb B2.3)		
72	Presión de aplastamiento		p =	T/(RNd) =		12,5	MPa	
73	altura caída, h =		0,4	m				
74			Carga	P =	32,00	t =	313,9	kN
75								
76	Trabajo estrepada		Pxh =		126		kJ	
77			Límite elástico, Ce	k Fo =		1150,5	MPa	
78			k =	0,65	(según tb B2.6)			
79	Límite de estrepada		Ce^2 L Am / (2 Ea) =			590	kJ	
80	sigmatrabajo =		sigmae + sigmad + sigmaf =			372,0	Mpa	
81			Ro =	1770	Mpa			
82	Seguridad a rotura		nr =	Ro/sigmatrabajo =			4,8	
83	Seguridad a aplastamiento		na =	padm/p =			1,9	
84	Seguridad a estrepada (0,4 m		ne =	Lim_Estr/Trab_Estr =			4,7	

TAREA 4. ANEXO

Celda C4: el nombre del alumno.

Celdas D11 a D18: extraen los dígitos 1º a 8º del NI.

Celda G22: diámetro nominal del cable.

Celda G27: carga de rotura del cable, según ficha técnica (columna 5, fila según diámetro nominal del cable, celda G22).

CABLE 6 x 37
Composición del cordón : 18 + 12 + 6 + 1




Fig. 5 – Cable 6 x 37 + T (alma textil)

1	2	3	4	4'	5	5'
Diámetro nominal del cable		Masa aproximada	Carga de rotura mínima del cable para una resistencia nominal			
		Alma textil	Ro de los alambres de:			
			1670 MPa (160 kgf/mm ²)		1770 MPa (180 kgf/mm ²)	
Clase de superficie de los alambres: GRIS o GALVANIZADO G1 ó G2						
d	Tolerancia	m ₁	F _{0,1}		F _{0,1}	
mm	S	kg/100m	kN	kgf	kN	kgf
6	+ 5 - 1	12'5	16'7	1 700	18'8	1 920
8		22'1	29'6	3 020	33'4	3 410
9		28'0	37'5	3 820	42'3	4 310
10		34'8	46'3	4 720	52'3	5 320
11		41'9	56'0	5 710	63'1	6 440
12		49'8	66'6	6 790	75'1	7 670
13		58'5	78'2	7 970	88'2	9 000
14		67'8	90'7	9 250	102	10 400
16		88'6	118	12 100	134	13 600
18		112	150	15 300	169	17 300
20	+ 4 - 1	138	185	18 900	209	21 300
22		167	224	22 800	253	25 800
24		199	257	27 200	301	30 700
26		234	313	31 900	353	36 000
28		271	363	37 000	409	41 700
32		354	474	48 300	534	54 000
36		448	600	61 100	678	69 000
40		554	741	75 500	835	85 200
44		670	896	91 300	1 010	103 000
48		797	1 070	109 000	1 200	123 000
52		936	1 250	128 000	1 410	144 000
56		1 090	1 450	148 000	1 640	167 000

Celda F44: rendimiento del tambor. Se refiere a las pérdidas en los apoyos del tambor. Según [1], página 187, son:

- $k_t = 0,96$ para tambor apoyado en cojinetes de deslizamiento (bujes de bronce o similar).
- $k_t = 0,98$ para tambor sobre rodamientos.

Celda F45: rendimiento de cada polea. Se consideran valores iguales a los del tambor, según esté apoyada sobre buje o sobre rodamiento. Debe tenerse en cuenta que estos rendimientos se refieren a poleas donde se reenvíe el cable a 180° , con el cable en movimiento.

Si el reenvío es sólo de 90° , es más correcto estimar los rendimientos en 0,98 para el buje y 0,99 para la polea con rodamientos.

Si se trata de una polea de compensación, sobre la que el cable apenas se mueve, no ha lugar a considerar rendimientos. En la práctica es como si fuera un punto de anclaje del cable.

Celda F46: rendimiento del aparejo (sin tambor). El conjunto es equivalente al tercer caso mostrado en el anexo sobre rendimiento de polipastos.

$$k_p = (1 + k_f + k_f^2) / 3$$

Nota: en [1], pág. 187, se da una expresión para el cálculo del rendimiento de polipastos. Dicha expresión, en general, no es correcta. En particular, no es correcta para este caso.

Celda F49: en la figura de la ficha técnica del cable, se observa que el alma tiene un diámetro mínimo igual al diámetro del cordón. En consecuencia, el diámetro nominal del cable es tres veces el diámetro del cordón.

Celda F52: en la figura de la ficha técnica del cable, se observa que en el diámetro del cordón entran exactamente siete cables.

Celda F57: en la solución, se ha optado por el método exacto. Calcular el número de alambres y multiplicar por sus áreas (la misma en este caso para todos los alambres). Otros autores prefieren tomar métodos aproximados, lo cual falsea el resultado notablemente.

Celda G59: número de ramales de cable que sostienen la carga.

Celda H60: carga máxima que sufre el cable. Se refiere a los ramales que sufren más al elevar la carga, los que se enrollan en el tambor.

Celda G61: tensión de extensión estática. Es la tensión por tracción del cable, por mero sostenimiento de la carga, sin tener en cuenta aceleraciones ni tensiones por flexión en las poleas. Se desprecia la fuerza que ejerza el alma textil.

$$\sigma_e = S / Am$$

Celda H63: tensión de extensión dinámica. Tracción provocada por la aceleración de elevación.

Celda C65: E_a , módulo de elasticidad aparente del cable (en realidad, módulo de rigidez).

El cable no es una varilla de acero. Si ese fuera el caso, le correspondería el módulo de Young del acero, de 207 MPa. La disposición helicoidal de los alambres hace el conjunto más elástico.

Se ha escogido el valor $E_a = 46 \text{ GPa}$ de la tabla de [1] pág. 177. Sin embargo, los valores recogidos en la tabla B2.5 de [2] pág. 104 difieren notablemente.

Celda H67: tensión de encurvación, provocada por la flexión del cable en la polea. Según ecuación [1] pág. 178, o ec. B2.10 [2] pág. 101.

$$\sigma_f = 0,8 E_a (d_a/D)$$

Celda G68: presión de aplastamiento admisible, según tabla B2.4 [2]

Tabla B 2.4. Valores de presión superficial máxima

Composición del cable	MPa		
	Fundición	Acero moldeado	Acero al manganeso
6 x 7 + 1 cruzado	2,1	3,9	10,5
6 x 7 + 1 Lang	2,5	4,8	13,0
6 x 19 + 1 cruzado	3,5	6,3	17,5
6 x 19 + 1 Lang	4,0	7,3	17,0
6 x 37 + 1 cruzado	4,3	7,6	21,0
6 x 37 + 1 Lang	4,9	8,7	24,0
6 x 19 + 1 cruzado	4,3	7,6	21,0
6 x 19 + 1 Lang	4,9	8,7	24,0

Para trabajo muy intenso, se recomienda no pasar de 10 MPa.

Celda G69: tiro máximo del cable, se corresponde con la sollicitación estática más la dinámica.

$$T = S (1 + \gamma/g)$$

Celda F71: coeficiente de contacto transversal entre el cable y la polea. Se obtiene de la tabla B2.3 [2]

Tabla B 2.3. Valores del coeficiente N.

CABLES	N
Cerrados	0,90
8 x 19 + 1	0,50
6 x 37 + 1	0,50
6 x 19 + 1	0,40
6 x 12 + 1	0,35
6 x 7 + 1	0,25

Celda G72: presión de aplastamiento, según ecuación Ec. B2.14 [2]

Celda E73: altura de caída, según enunciado.

Celda F76: trabajo de estrepada. La estrepada es el esfuerzo producido en el cable por un tirón violento. En nuestro caso, por una caída de la carga de 0,4 m

Los cálculos de estrepada se realizan por energías.

Celda E78: valor del coeficiente de carga para el cálculo del límite de elasticidad, según tabla B2.6 [2]

Tabla B 2.6. Valores del coeficiente de carga límite de elasticidad.

Cable de acero (MPa)	1400/1600	1600/1800	1800/2000	2000/2200
Galvanizado	0,60	0,65	0,70	0,75
Claro	0,65	0,70	0,75	0,80

Celda G77: C_e , carga límite elástico. Es una fracción de su carga de rotura, F_0

[2] aplica $C_e = k F_0$

[1] simplifica a $C_e = 0,8 \times F_0$

Celda G79: máximo trabajo de deformación elástico que admite el cable. Ecuación Ec.B2.15 [2]

$$(C_e^2 L A_m) / (2 E_a)$$

Celda G80: tensión de trabajo, es la suma de la tensión estática, la dinámica y la de encurvación. Debe ser menor que la tensión de rotura del cable.

TAREA 5 CÁLCULO DE POTENCIA DE ELEVACIÓN

versión 30-03-2022

El NI de cada alumno es del tipo AB.CDE.FGH-L

El aparejo de elevación corresponde a una grúa portuaria STS. Es clase M7 y los cables son antigiratorios. Se trata de obtener la potencia necesaria para la elevación de la carga total, Q_t .

Ambos tambores comparten eje, siendo accionados por dos motores eléctricos mediante un reductor de tres etapas, similar al mostrado.

La velocidad del motor a plena carga es n_{mot} . La velocidad de elevación correspondiente es V_L . El rendimiento de cada etapa de engranajes se estima en un 99%

Calcule la relación de transmisión que debe tener el reductor, el rendimiento del aparejo de elevación, la potencia mecánica que debe entregar cada motor, el par motor y el par de accionamiento de cada tambor.

Diámetro de paso del tambor, D_{tb} (usar valor normalizado).

Tambores y poleas montados con rodamientos.

Datos:

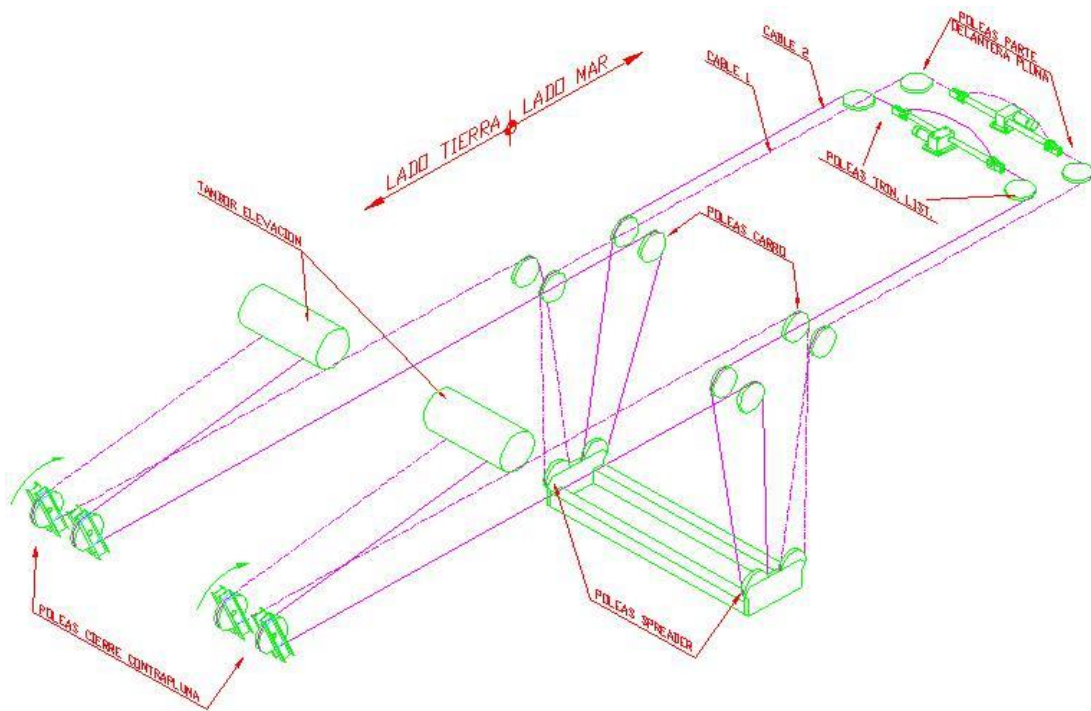
$$Q_t = 46 + (3 \times B) t$$

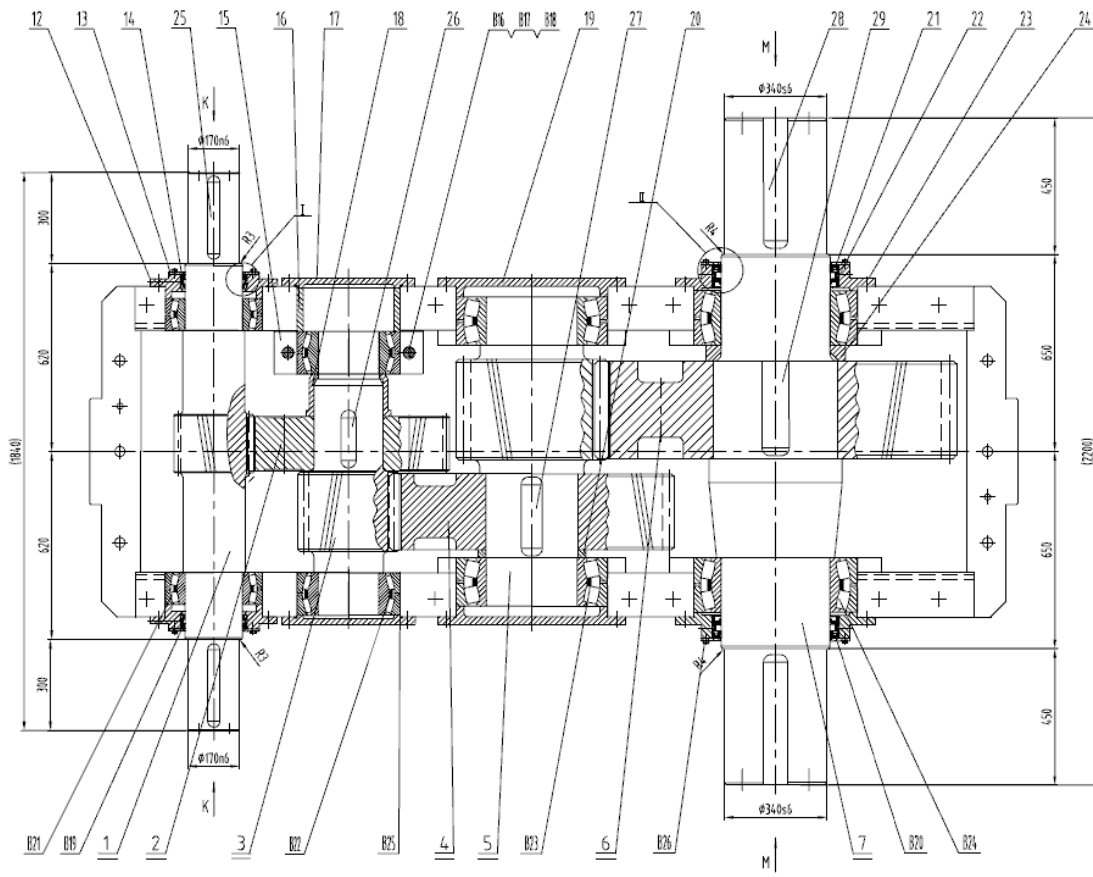
$$n_{mot} = 500 + (25 \times A) \text{ rpm}$$

$$V_L = 1,5 + (0,10 \times F) \text{ m/s (a plena carga)}$$

$$D_{tb} \geq 800 + [120 \times \text{int}(H/3)] \text{ mm}$$

Diámetros de tambores normalizados s/DIN 22101												
200	250	320	400	500	630	800	1.000	1.250	1.400	1.600	1.800	2.000





TAREA 5. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	TAREA 5 CÁLCULO DE POTENCIA DE ELEVACIÓN													
3														
4	Alumno:	=BUSCARV(C6;Listado!B3:C22;2;FALS	Fecha:					Nota:						
5														
6	DNI =													
7	A =	=EXTRAE(\$C\$6;1;1)	Carga total		Qt =	= 46+(3*\$C\$8)	t		=	=9,81*\$H\$7	kN			
8	B =	=EXTRAE(\$C\$6;2;1)	Velocidad motor		n_mot =	= 500+(25*\$C\$7)	rpm		Wmot =	= \$H\$8*2*PI()/60	rad/s			
9	F =	=EXTRAE(\$C\$6;6;1)	Veloc. Elevación		VL =	=1,5+(0,1*\$C\$9)	m/s							
10	H =	=EXTRAE(\$C\$6;8;1)												
11														
12	Rendimiento etapa engranajes:		roe =		0,99									
13	Nº etapas engranajes:		NE =		3									
14	Rendimiento reductor:		ror =		= \$G\$12^\$G\$13									
15	Diámetro de paso del tambor		Dtb =		=800+(120*ENTERO(\$C\$10/3))	mm								
16	Normalizado		Dtb =		1250	mm								
17														
18	Nº puntas a tambores		Npunt =		4	puntas								
19	Nº ramales a carga		Nram =		8	ramales								
20	El cable que se eleva es el cable que se enrolla						Npunt x Vcab = Nram x VL			Vcab =	=(\$G\$19/\$G\$18)*\$H\$9	m/s		
21														
22	Velocidad angular de tambor correspondiente a Vcab						Wtb =	= \$L\$20/((\$G\$16/1000)/2)	rad/s	ntb =	= \$I\$22*60/(2*PI())	rpm		
23	Relación de transmisión del reductor				i_red =	Wtb/Wmot =		= \$I\$22/\$K\$8		= 1/	=1/\$J\$23			
24														
25	Rendimiento aparejo		0,98 x 0,98 x 0,99 x 0,99				K =	= 0,98 * 0,98 * 0,99 * 0,99						
26														
27	Potencia útil elevación		He =	Qt x VL =		= \$K\$7 * \$H\$9	kW							
28	Potencia motora total		Hm =	He/(K x ror) =		= \$H\$27/(\$I\$25*\$G\$14)	kW		Un motor, Hmu =	= \$H\$28/2	kW			
29														
30	Par motor (cada motor)		Mmu =	Hmu/Wmot =		= \$L\$28/\$K\$8	kN·m							
31														
32	Par tambor (cada tambor)		Mtbu =	(Hmu x ror)/Wtb =		= (\$L\$28*\$G\$14)/\$I\$22	kN·m							

TAREA 5. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	TAREA 5 CÁLCULO DE POTENCIA DE ELEVACIÓN													
3														
4	Alumno:	Indiano Blanco, Jesús			Fecha:		Nota:							
5														
6	DNI =	35428197f												
7	A =	3		Carga total	Qt =	61 t		=	598,41 kN					
8	B =	5		Velocidad motor	n_mot =	575 rpm		Wmot =	60,2 rad/s					
9	F =	1		Veloc. Elevación	VL =	1,6 m/s								
10	H =	7												
11														
12	Rendimiento etapa engranajes:			roe =	0,99									
13	Nº etapas engranajes:			NE =	3									
14	Rendimiento reductor:			ror =	0,97									
15	Diámetro de paso del tambor			Dtb =	1040 mm									
16	Normalizado			Dtb =	1250 mm									
17														
18	Nº puntas a tambores			Npunt =	4 puntas									
19	Nº ramales a carga			Nram =	8 ramales									
20	El cable que se eleva es el cable que se enrolla													
21														
22	Velocidad angular de tambor correspondiente a Vcab							Wtb =	5,12 rad/s		ntb =	48,9 rpm		
23	Relación de transmisión del reductor			i_red =				Wtb/Wmot =	0,08503		= 1/	11,76		
24														
25	Rendimiento aparejo			0,98 x 0,98 x 0,99 x 0,99				K =	0,941					
26														
27	Potencia útil elevación			He = Qt x VL =	957 kW									
28	Potencia motora total			Hm = He/(K x ror) =	1048 kW						Un motor, Hmu =	524 kW		
29														
30	Par motor (cada motor)			Mmu = Hmu/Wmot =	8,70 kN·m									
31														
32	Par tambor (cada tambor)			Mtbu = (Hmu x ror)/Wtb =	99,33 kN·m									

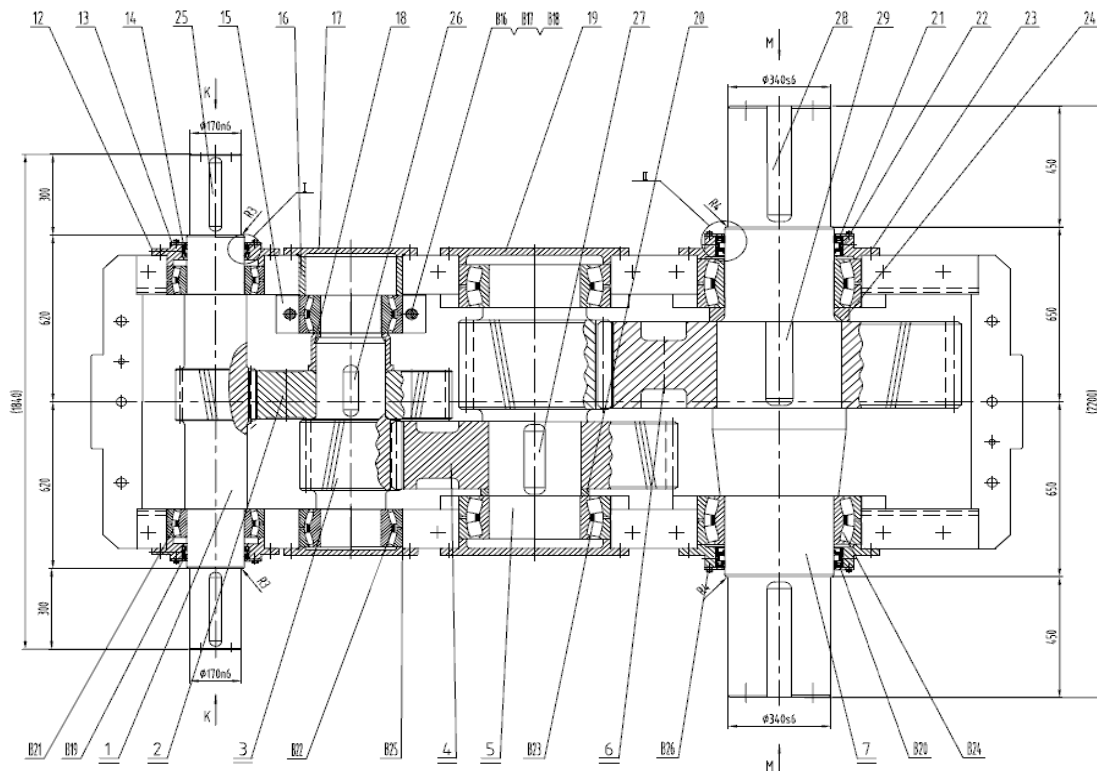
TAREA 5. ANEXO

Celda C4: el nombre del alumno.

Celdas C7 a C10: extraen los dígitos 1º, 2º, 6º y 8º del NI.

Celda G12: rendimiento de cada etapa de engranes. 0,99, según enunciado.

Celda G13: número de etapas de engranes. El enunciado incluye plano seccionado del reductor, donde se observa que tiene seis engranes, combinados en tres etapas.



Celda G14: rendimiento del reductor.

$$\rho_r = \rho_e \times \rho_e \times \rho_e$$

Celda G15: mínimo valor para el diámetro de paso del tambor, según enunciado. Normalmente saldrá un valor no normalizado.

Celda G16: valor normalizado para el diámetro de paso del tambor. Debe ser superior al obtenido en la celda G15, según la tabla adjunta. El enunciado no obliga a seleccionar el inmediato superior. El alumno puede elegir un tamaño superior.

Celdas G18 y G19: nos dan la relación del aparejo. Es decir, la relación entre la velocidad a la que se enrolla el cable en el tambor y la velocidad de elevación de la carga.

Celdas J23 y L23: relación de transmisión del reductor, en la forma canónica y en la habitual en catálogos.

Celda I25: El rendimiento del aparejo puede estudiarse por separado para cada uno de los cuatro ramales que van al tambor; son cuatro cables actuando en paralelo y subiendo cada uno la cuarta parte de la carga. Los ramales que van a los puntos fijos no se mueven con la elevación.

Rendimiento del tambor: 0,98

Rendimiento primera polea (reenvío cercano a 180°): 0,98

Rendimiento segunda polea (reenvío a 90°): 0,99

Rendimiento polipasto de una polea (caso 2 del anexo sobre polipastos): 0,99

Celda H27: Potencia útil de elevación = fuerza x velocidad. La fuerza es la carga levantada, incluido el peso del spreader. La velocidad es la velocidad de elevación.

Celda H28: Potencia motora. El motor debe suministrar, además de la potencia útil, energía para vencer los rendimientos del reductor, y el aparejo. El valor obtenido es una buena referencia, pero es un valor mínimo. Si se desea garantizar una cierta aceleración de elevación, habrá que tener en cuenta una potencia de arranque adicional.

TAREA 6 CÁLCULO DE RUEDAS

NI alumno AB.CDE.FGH – L

La grúa pórtico sobre carriles metálicos de la figura tiene un carretón con dos ruedas por cada pata. Las ruedas tienen diámetro d_1 y se mueven sobre carril Burbach AX5. El gancho es simple, según DIN 15401. El gancho puede aproximarse a los laterales hasta una distancia a del eje del carril. La grúa se traslada a velocidad V .

Datos:

$$d_1 = 400 + (100 \times \text{int}(F/5)) \text{ mm}$$

$$X = 5 + \text{int}(F/4)$$

$$a = 1 + (0,1 \times F) \text{ m}$$

$$V = 10 + (2 \times A) \text{ m/min}$$

$$\text{Luz (distancia entre carriles)} L = 8 + C \text{ m}$$

$$\text{Carga útil } Q_u = 16 + (2 \times E) \text{ t}$$

$$\text{Peso del carro } Q_c = 1,6 + (0,1 \times G) \text{ t} \quad \text{Centro de gravedad sobre el gancho.}$$

$$\text{Peso de la grúa } Q_g = 20 + (1,5 \times E) \text{ t} \quad \text{Centro de gravedad a la mitad de la luz.}$$

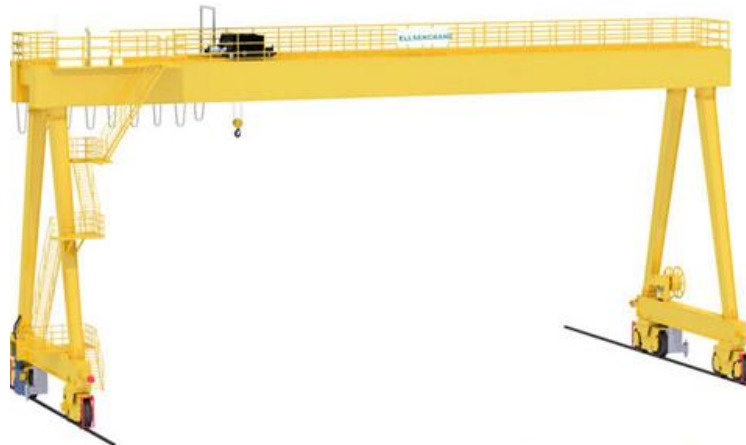
$$\text{Resistencia del material de la rueda } \sigma_{\text{rueda}} = 500 + (20 \times E) \text{ (en MPa)}$$

$$\text{Resistencia del carril } \sigma_{\text{carril}} = 600 + (20 \times E) \text{ (en MPa)}$$

$$\text{Duración de funcionamiento de la traslación de la grúa } 20 + (6 \times H) \text{ (en porcentaje)}$$

Calcule la carga sobre cada rueda, R , la carga admisible R_{adm} , e indique si la rueda instalada es aceptable.

Se desea aumentar las prestaciones de la grúa, subiendo la carga útil 15 toneladas y pasando la velocidad de traslación a 160 m/min. Suponiendo que no haya que realizar reformas que supongan más carga sobre las ruedas, ¿podrán las ruedas actuales con las nuevas prestaciones? En caso contrario, ¿qué cambios haría?



Ejemplo DNI 43.821.369-K

$$X = 5 + \text{int}(3/4) = 5 \rightarrow \text{Carril Burbach A55}$$

$$d_1 = 400 + (100 \times \text{int}(3/5)) = 400 \text{ mm}$$

$$a = 1 + (0,1 \times 3) = 1,3 \text{ m}$$

$$V = 10 + (2 \times 4) = 18 \text{ m/min}$$

$$\text{Luz } L = 8 + 8 = 16 \text{ m}$$

$$\text{Carga útil } Q_u = 16 + (2 \times 1) = 18 \text{ t}$$

$$\text{Peso del carro } Q_c = 1,6 + (0,1 \times 6) = 2,2 \text{ t}$$

$$\text{Peso de la grúa } Q_g = 20 + (1,5 \times 1) = 21,5 \text{ t}$$

$$\sigma_{\text{rueda}} = 500 + (20 \times 1) = 520 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{carril}} = 600 + (20 \times 1) = 620 \text{ MPa}$$

$$\text{Duración de funcionamiento de la traslación de la grúa } 20 + (6 \times 9) = 74 \%$$

TAREA 6. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	TAREA 6		CÁLCULO DE RUEDAS											
3														
4	Alumno:	=BUSCARV(\$C\$25;Listado!B3:C22;2;FALSO)					Fecha:		Nota:					
5														
6	La grúa pórtico sobre carriles metálicos de la figura tiene un carretón con dos ruedas por cada pata.													
7	Las ruedas tienen diámetro d1 y se mueven sobre carril Burbach AX5.							d1 = 400 + [100 x int(F/5)] =		= 400 + (100 * ENTERO(\$D\$29/5))		mm		
8	El gancho es simple, según DIN 15401.							X = 5 + int(F/4) =		=5+ENTERO(\$D\$29/4)				
9	El gancho puede aproximarse a los laterales hasta una distancia a del eje del carril.							a = 1 + (0,1 x F) =		=1+(0,1*\$D\$29)		m		
10	La grúa se traslada a velocidad V				Velocidad de marcha				V = 10 + (2 x A) =		=10+(2*\$D\$26)		m/min	
11	Otros datos:													
12	Luz	L = 8 + C		m										
13	Carga útil	Qu = 16 + (2 x E)		t										
14	Peso carro	Qc = 1,6 + (0,1 x G)		t										
15	Peso grúa	Qg = 20 + (1,5 x E)		t										
16	Resistencia material rueda			σrueda = 500 + (20 x E)			Mpa							
17	Resistencia carril			σcarril = 600 + (20 x E)			Mpa							
18	Duración funcionamiento traslación			20 + (6 x H)			%							
19	Se pide:													
20	Calcule la carga sobre cada rueda, R, la carga admisible Radm, e indique si la rueda instalada es aceptable.													
21	Se desea aumentar las prestaciones de la grúa, subiendo la carga útil 15 toneladas y pasando la velocidad de traslación a 160 m/min.													
22	Suponiendo que no haya que realizar reformas que supongan más carga sobre las ruedas,													
23	¿podrán las ruedas actuales con las nuevas prestaciones? En caso contrario, ¿qué cambios haría?													
24														
25	NI =		Luz	L =	= 8 + D27	m								
26	A =	=EXTRAE(\$D\$25;1;1)	Carga útil	Qu =	=16+(2*\$D\$28)	t								
27	C =	=EXTRAE(\$D\$25;3;1)	Peso carro	Qc =	=1,6+(0,1*\$D\$30)	t								
28	E =	=EXTRAE(\$D\$25;5;1)	Peso grúa	Qg =	=20+(1,5*\$D\$28)	t								
29	F =	=EXTRAE(\$D\$25;6;1)	Resist. Rueda	σrueda =	=500 + (20 * \$D\$28)	Mpa								
30	G =	=EXTRAE(\$D\$25;7;1)	Resist. Carril	σcarril =	=600 + (20 * \$D\$28)	Mpa								
31	H =	=EXTRAE(\$D\$25;8;1)	Duración func.		=20+(6*\$D\$31)	%								

32	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
33													
34		Selección gancho:		Nº	20		Qes =	158,5	kg				
35													
36		Las ruedas cargan a tope cuando el carro está descentrado al máximo.											
37		Fuerza lateral:			Flat = $Qg/2 + (Qc + Qes + Qu) \times (L-a)/L =$				$= (128/2) + (127 + 134/1000 + 126) \times (125 - M9)/125$	t			
38		Carga máxima sobre cada rueda:			Rmax =		Flat / 4 =		=J37/4	t	=	=J38 * 9806	N
39													
40		="Carril A "&M8&"5"		k =	=M8&5	mm	r1 =	5	mm	k - 2r1 =	=G40 - 2*J40	mm	
41		Carga característica de la rueda:		Ro =	5,6 x d1 x (k - 2r1) =			= 5,6*M7*M40	N				
42		Coeficiente del material, c1		σrueda =	=I29	< 590			Padm =	5,6	Mpa		
43				σcarril =	=I30	< 690			c1 =	1,0			
44		Coef. Velocidad, c2		d1 =	=M7	mm			c2 =	1,1			
45				V =	=M10	m/min			c3 =	0,8			
46		Coef. Vida, c3		=I31	>	63%							
47													
48		Carga admisible		Radm = Ro c1 c2 c3 =		=I41*L43*L45*L46	N						
49													
50		¿Rmax < Radm? =SI(M38<H48;"Sí, ADMISIBLE";"No, NO ADM n = Radm/Rmax =										=H48/M38	
51													
52		INCREMENTO PRESTACIONES		+ 15 t en Qu	V a 160 m/min		Despreciamos cambio de gancho						
53													
54		Nueva fuerza lat.:			F'lat = $Qg/2 + (Qc + Qes + (Qu+15)) \times (L-a)/L =$				$= (128/2) + (127 + 134/1000 + (126+15)) \times (125 - M9)/125$	t			
55		Nueva carga máx. sobre cada rueda:			R'max =		F'lat / 4 =		=J54/4	t	=	=J55 * 9806	N
56													
57		Nuevo coef. Vel., c'2		d1 =	=M7	mm							
58				V' =	160	m/min			c'2 =	0,77			
59		Nueva carga adm.		R'adm : Ro c1 c'2 c3 =		=I41*L43*L58*L46	N						
60		¿Rmax < Radm? =SI(M55<H59;"Sí, ADMISIBLE";"No, NO ADM n' = R'adm/R'max =										=H59/M55	

TAREA 6. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	TAREA 6		CÁLCULO DE RUEDAS											
3														
4	Alumno:	#N/D						Fecha:		Nota:				
5														
6	La grúa pórtico sobre carriles metálicos de la figura tiene un carretón con dos ruedas por cada pata.													
7	Las ruedas tienen diámetro d1 y se mueven sobre carril Burbach AX5.								$d1 = 400 + [100 \times \text{int}(F/5)] =$		400	mm		
8	El gancho es simple, según DIN 15401.								$X = 5 + \text{int}(F/4) =$		5			
9	El gancho puede aproximarse a los laterales hasta una distancia a del eje del carril.								$a = 1 + (0,1 \times F) =$		1,3	m		
10	La grúa se traslada a velocidad V				Velocidad de marcha				$V = 10 + (2 \times A) =$		18	m/min		
11	Otros datos:													
12	Luz	$L = 8 + C$											m	
13	Carga útil	$Qu = 16 + (2 \times E)$											t	
14	Peso carro	$Qc = 1,6 + (0,1 \times G)$											t	
15	Peso grúa	$Qg = 20 + (1,5 \times E)$											t	
16	Resistencia material rueda			$\sigma_{rueda} = 500 + (20 \times E)$									Mpa	
17	Resistencia carril			$\sigma_{carril} = 600 + (20 \times E)$									Mpa	
18	Duración funcionamiento traslació			$20 + (6 \times H)$									%	
19	Se pide:													
20	Calcule la carga sobre cada rueda, R, la carga admisible Radm, e indique si la rueda instalada es aceptable.													
21	Se desea aumentar las prestaciones de la grúa, subiendo la carga útil 15 toneladas y pasando la velocidad de traslación a 160 m/min.													
22	Suponiendo que no haya que realizar reformas que supongan más carga sobre las ruedas,													
23	¿podrán las ruedas actuales con las nuevas prestaciones? En caso contrario, ¿qué cambios haría?													
24														
25	NI =	43821369v		Luz		L =		16					m	
26	A =	4		Carga útil		Qu =		18					t	
27	C =	8		Peso carro		Qc =		2,2					t	
28	E =	1		Peso grúa		Qg =		21,5					t	
29	F =	3		Resist. Rueda		$\sigma_{rueda} =$		520					Mpa	
30	G =	6		Resist. Carril		$\sigma_{carril} =$		620					Mpa	
31	H =	9		Duración func.				74					%	

32	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
33														
34		Selección gancho:	Nº	20	Qes =		158,5	kg						
35														
36		Las ruedas cargan a tope cuando el carro está descentrado al máximo.												
37		Fuerza lateral:	Flat = $Qg/2 + (Qc + Qes + Qu) \times (L-a)/L =$					29,5	t					
38		Carga máxima sobre cada rueda:			Rmax =		Flat / 4 =	7,4	t	=	7,221E+04	N		
39														
40		Carril A 55	k =	55	mm	r1 =	5	mm	k - 2r1 =	45	mm			
41		Carga característica de la rueda:		Ro = $5,6 \times d1 \times (k - 2r1) =$		1,008E+05	N							
42		Coeficiente del material, c1		σrueda =		520	< 590	Padm =		5,6	Mpa			
43				σcarril =		620	< 690	c1 =		1,0				
44		Coef. Velocidad, c2		d1 =		400	mm	c2 =		1,1				
45				V =		18	m/min	c3 =		0,8				
46		Coef. Vida, c3		74		>	63%	c3 =		0,8				
47														
48		Carga admisible		Radm = Ro c1 c2 c3 =		8,870E+04	N							
49														
50		¿Rmax < Radm? Sí, ADMISIBLE					n = Radm/Rmax =		1,23					
51														
52		INCREMENTO PRESTACIONES + 15 t en Qu		V a 160 m/min		Despreciamos cambio de gancho								
53														
54		Nueva fuerza lat.:		F'lat = $Qg/2 + (Qc + Qes + (Qu+15)) \times (L-a)/L =$					43,2	t				
55		Nueva carga máx. sobre cada rueda:			R'max =		F'lat / 4 =	10,8	t	=	1,060E+05	N		
56														
57		Nuevo coef. Vel., c'2		d1 =		400	mm	c'2 =		0,77				
58				V' =		160	m/min	c'2 =		0,77				
59		Nueva carga adm.		R'adm : Ro c1 c'2 c3 =		6,209E+04	N							
60		¿Rmax < Radm? No, NO ADMISIBLE					n' = R'adm/R'max =		0,59					

TAREA 6. ANEXO

Se realiza el cálculo siguiendo la referencia [12] norma DIN 15070:1977-12 “Cranes; basic calculation of crane rail wheels.”

Es una norma fácil de encontrar y que sigue aplicándose. Los cálculos y tablas necesarios también se pueden encontrar en la referencia [13] o en el apartado B7.2 de [2]

Celda D4: el nombre del alumno.

Celdas D26 a D31: dígitos necesarios del NI.

Celda I25: luz, es decir, distancia entre raíles (o entre patas).

Celda D31: duración de funcionamiento del mecanismo de traslación de la máquina. Es decir, el porcentaje de tiempo que la grúa se está moviendo sobre los raíles, respecto al tiempo total que está funcionando.

Celda F34: Nº de gancho, según norma DIN 15.401. Significa la carga admisible para el gancho, en toneladas. Ver, por ejemplo, en tabla B1.1 [2], o en la tabla a continuación.

SINGLE FORGED HOOKS BASED ON DIN15401 DESIGN MACHINED FITTED WITH NUT, CROSSHEAD and BEARING																		
No	OVERALL DIMENSIONS (mm)												DIN 15412 Crosshead			DIN 15413 Nut		Weight
	a1	a2	a3	b1	b2	d1	e3	h1	h2	d2 _{h1}	d3	l4	b1	b2	d5 _{h2}	d7	h	kg
2,5	63	50	72	53	45	42	132	67	58	36	M36	250	80	125	30	70	44	9,2
4	71	56	80	63	53	48	148	80	67	42	M42	281,5	90	140	35	80	49	13
5	80	63	90	71	60	53	165	90	75	45	M45	314,5	100	155	40	95	56	18,6
6	90	71	101	80	67	60	185	100	85	50	Rd50x6	375	125	185	45	115	60	27,4
8	100	80	113	90	75	67	210	112	95	56	Rd56x6	413	140	210	50	125	67	38
10	112	90	127	100	85	75	221	125	106	64	Rd64x8	446	160	230	55	145	76	54,6
12	125	100	143	112	95	85	252	140	118	72	Rd72x8	504,5	180	265	60	165	87	85,5
16	140	112	160	125	106	95	280	160	132	80	Rd80x10	576	190	275	70	175	91	114,5
20	160	125	180	140	118	106	330	180	150	90	Rd90x10	645	200	295	80	185	102	158,5
25	180	140	202	160	132	118	360	200	170	100	Rd100x12	716	220	318	90	205	113	222,6
32	200	160	225	180	150	132	400	224	190	110	Rd110x12	788	260	378	100	240	131	315
40	224	180	252	200	170	150	447	250	212	125	Rd125x14	885	285	415	110	270	144	443
50	250	200	285	224	190	170	485	280	236	140	Rd140x16	969	335	465	125	320	153	630
63	280	224	320	250	212	190	550	315	265	160	Rd160x18	1100	380	522	140	360	181	885
80	315	250	358	280	236	212	598	355	300	180	Rd180x20	1245	420	565	160	400	198	1254
100	355	280	402	315	265	236	688	400	335	200	Rd200x22	1388	470	645	180	445	228	1768
125	400	315	450	355	300	265	750	450	375	225	Rd225x24	1565	510	685	200	490	246	2491
160	450	355	505	400	335	300	825	500	425	250	Rd250x28	1761	550	750	220	530	274	3483
200	500	400	565	450	375	335	900	560	475	280	Rd280x32	2012	610	810	240	590	343	4791
250	560	450	635	500	425	375	980	630	530	320	Rd320x36	2272	700	920	260	680	383	6793
320	630	500	715	560	475	425	1080	710	580	370	Rd360x36	2565	790	1030	280	760	433	9443
400	710	560	755	630	530	475	1195	800	630	415	Rd400x36	2878	895	1145	300	865	482	13220

Celda H35: peso del gancho, en kg. Se obtiene de la tabla anterior (última columna). En general, es despreciable para este tipo de cálculo.

Celda C36: comentario, para recordar que el caso crítico en las ruedas no es con la carga en el centro (y cargando todas las ruedas pesos similares) sino con la carga descentrada al máximo.

Celda F37: comentario. Es la ecuación de equilibrio para la vista en planta de la grúa, con la carga descentrada al máximo. Se debe tener en cuenta que se obtiene la fuerza lateral, correspondiente a las reacciones de las cuatro ruedas del mismo riel.

Celda M38: carga máxima sobre la rueda. Es la cuarta parte de la fuerza lateral indicada.

Celda D40: celda de texto, para nombrar el tipo de riel (o carril) utilizado.

Celda G40: cabeza del riel, en mm. Es un riel Burbach, el más habitual. Según DIN 536 P1. Las medidas son fáciles de encontrar. Por ejemplo: en tabla B6.2 [2] o en la tabla 2 de [13], a continuación (al ancho del riel, o cabeza, le llaman L).

Tabla 2				
Riel (Símbolo)			r	L-2r
STD	NUEVO	VIEJO		
mm	mm	mm	mm	mm
DIN 536 P1	A 45	KS 22	4	37
	A 55	KS 32	5	45
	A 65	KS 43	6	53
	A 75	KS 56	8	59
	A 100	KS 75	10	80
	A 120	KS 101	10	100
DIN 536 P2	F 100		5	90
	F 120		5	110

Celda J40: radio de cabeza del riel. Disminuye la anchura de contacto con la rueda. Según tabla anterior.

Celda M40: anchura de contacto efectiva rueda-riel. Igual a $k-2r_1$ (L-2r, en la tabla anterior).

Celda I41: carga característica de la rueda, R_0 . Correspondiente a una rueda de resistencia 590 MPa sobre riel de resistencia 590 MPa (presión nominal admisible de 5,6 MPa). Este valor debe modificarse según diversos conceptos.

Celdas I42 e I43: resistencias mínimas de rotura de la rueda y del riel, según la tabla siguiente, de DIN 15070.

Resistencia a la rotura MPa		Padm MPa	c ₁
Riel	Rueda		
590	≤ 330	2,8	0,50
	410	3,6	0,63
	490	4,5	0,80
	590	5,6	1,00
≥ 690	≥ 740	7,0	1,25

Celda L43: coeficiente c_1 para obtener la carga admisible de la rueda, teniendo en cuenta los materiales de rueda y riel. Se obtiene de la tabla anterior. Es la relación entre Padm y el valor característico, 5,6 MPa.

Celdas H44 y H45: valores del diámetro de rodadura de la rueda y de la velocidad de traslación de la grúa. Entre ambos, se obtiene la velocidad angular de la rueda. Cuanto mayor sea la velocidad angular de la rueda, más vueltas da, más sufre y menos resiste.

La siguiente tabla, a partir de los valores de diámetro y V, nos permite obtener directamente el coeficiente de velocidad, c_2

Tabla 5		Coeficiente C^2 Real													
Diámetro de la Rueda (mm)	Velocidad Lineal (m / min)														
	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250
200	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66			
250	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66		
315	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66	
400	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72	0.66
500	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.72
630	1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77
710		1.16	1.14	1.13	1.12	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89	0.84	0.79
800		1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82
900			1.16	1.14	1.13	1.12	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89	0.84
1000			1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87
1120				1.16	1.14	1.13	1.11	1.10	1.07	1.04	1.02	0.99	0.96	0.92	0.89
1250				1.17	1.15	1.14	1.13	1.11	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.91

Celda I46: se coteja el porcentaje de duración de funcionamiento de la traslación con los valores índice de la siguiente tabla de la norma

Tabla 3			
Tiempo de Operación Diario (Horas)			C_2
Grupo DIN	Desde %	incluido %	
M 3	0	16	1,25
M 4	16	25	1,12
M 5	25	40	1,00
M 6	40	63	0,90
M 7	63	100	0,80

Celda L46: valor de c_2 , según la tabla anterior, para la fila que corresponda según celda I46.

Celda H48: carga admisible en la rueda. Es el valor característico obtenido en celda I41, modificado por los parámetros c_1 , c_2 y c_3

Celda G50: comparación entre la carga máxima sufrida en la rueda y la admisible.

Celda L50: coeficiente de seguridad. Si el resultado de G50 es "no admisible", el coeficiente de seguridad será inferior a 1. Es decir, no hay seguridad.

TAREA 7 DISEÑO DE TAMBOR

(versión de 31/03/2022)

NI alumno AB.CDE.FGH – L

El aparejo de elevación corresponde a una grúa portuaria STS. Es clase M8, cables antigiratorios de diámetro $d = 24 - H$ mm.

El recorrido de elevación (cambio en altura del spreader) $h = 32 + (2,5 \times F)$ m

Debe alimentar barcos de manga máxima $m = 40 + (2 \times F)$ m

Longitud contrapluma $cp = 30 + F$ m

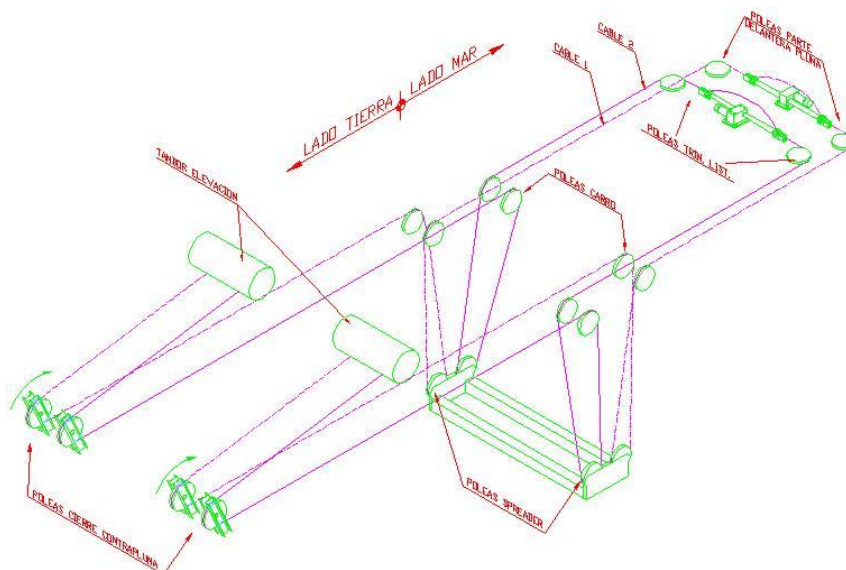
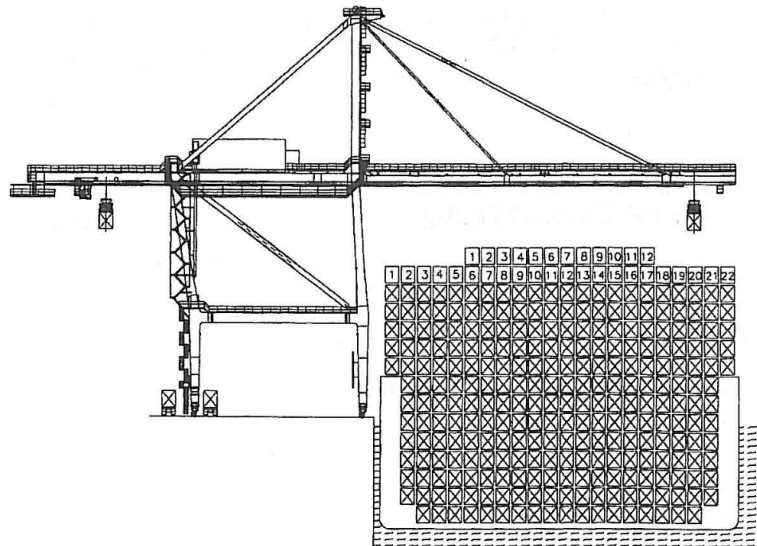
Calcule el diámetro mínimo que deben tener los tambores de elevación, normalizado. Utilice ese valor como diámetro del tambor. Estime la longitud del cable. Calcule la longitud de cable que debe enrollarse en los tambores. Indique la geometría de la canaladura. Calcule el número de espiras necesarias y la longitud del tambor (añada una espira muerta por ramal enrollado).

Calcule los esfuerzos sobre el tambor. Resistencia de la chapa de 240 MPa.

Carga total, $Q_t = 60 + (2 \times G)$ t.

Rendimiento del aparejo 0,95 (sin incluir tambor). Tambor montado con rodamientos.

Seleccione el espesor de chapa necesario y compruebe que aguanta los esfuerzos calculados.



TAREA 7. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
2	TAREA 7 DISEÑO DE TAMBOR										
3											
4	Alumno:	=BUSCARV(C5;Listado!B3:C22;2;FALSC Fecha:							Nota:		
5											
6		NI				manga máxima, m = 40 + (2 x F) =		=40+(2*D12)	m		
7		A=	=EXTRAE(D6;1;1)			contrapluma, cp = 30 + F =		=30+D12	m		
8		B=	=EXTRAE(D6;2;1)								
9		C=	=EXTRAE(D6;3;1)								
10		D=	=EXTRAE(D6;4;1)								
11		E=	=EXTRAE(D6;5;1)								
12		F=	=EXTRAE(D6;6;1)								
13		G=	=EXTRAE(D6;7;1)								
14		H=	=EXTRAE(D6;8;1)								
15											
16		El diámetro del cable es			d = 24 - H =		= 24 - D14	mm			
17		Recorrido de elevación			h = 32 + (2,5xF) =		= 32 + (2,5*D12)	m			
18											
19		La carga total a levantar es			Qt = 60 + (2 X G) =		=60+(2*D13)	t			
20		Resistencia chapa tambor			sigma_t =		240	Mpa			
21											
22	Diámetro mínimo tambor			(Ec. B 3.9 - Miravete)			D > d·h1·h2				
23		Coeficiente h1 (Tb B 3.8)			M8 - Cable antigiratorio - Tambor			h1 =	28		
24		Coeficiente h2	Tambor	-->	h2 =		1				
25		Dmin =	= H16*J23*H24	mm	Normalizando						
26											
27					Dmin =	500	mm				
28											
29	Diámetro de paso del tambor										
30		Elijo D =	=G27	mm							
31											
32	Longitud total de cable (estimación)										
33		(4 x cp) + (4 x m) + (8 x h) + retornos + puntas ...									
34											
35		Aprox. Lt = (8 x cp) + (4 x m) + (8 x h) =					=(8*17)+(4*16)+(8*H17)	m			
36											
37	Longitud de cable a enrollar			(dos tambores - cuatro puntas)							
38		Nº de ramales			i =	8					
39		Recorrido de elevación			H =	=H17	m				
40					lcable = i x H =	= G38 * G39	m				
41											
42											
43	Geometría canaladura (Tb B 5.2)			para diámetro cable, d =			= H16	mm			
44		Radio de garganta, r1 =	8,5	mm							
45		Paso de hélice, p =	18	mm							
46		Radio de enlace, r2 =	0,8	mm		(valor mínimo)					
47		Profundidad de surco =	6	mm		(valor mínimo)					
48											
49											
50											

51	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
52	Nº espiras necesarias									
53	Longitud cable / espira		Lspira = $\pi \times D =$		$= \text{PI}() * \text{E30} / 1000$		m			
54	Nº espiras activas		Na = Lcable / Lspira =		$= \text{G40} / \text{H53}$					
55	Nº espiras activas por punta Na / 4 =		$= \text{H54} / 4$		Redondeando		= REDONDEAR.MAS(G55;0)			
56	Espiras muerta por punta		Nm =		1					
57	Espiras totales por tambor		Nt =		$= 2 * (\text{I55} + \text{G56})$					
58										
59	Longitud del tambor			Lt = p x Nt =		$= \text{F45} * \text{G57} / 1000$		m		
60										
61										
62	Selección espesor chapa									
63	Rendimiento aparejo (sin tambor)					(dato)		Ka =		0,950
64	Solicitud cable					$S = Q / (i \cdot Ka) =$		$= \text{H19} / (\text{G38} * \text{J63})$		t
65	=					$= \text{I64} * 9806$		N =		$= \text{G65} / 10$
66										
67	Según tabla B 5.7 (Miravete) el espesor sería									
68										
69	h =		11		mm		para tambor		de 800 mm	
70										
71	Probaremos con un espesor de chapa					h =		20,0		mm
72										
73	Tensión a compresión (ec. B5.10)									
74										
75	sigmaca = $0,5 S / (h \cdot p) =$					$= 0,5 * \text{I64} * 9,81 * 1000 / (\text{H71} * \text{F45})$		Mpa		
76										
77	Tensión de flexión (ec. B5.11)									
78										
79	sigma_fa = $9,6 \times S \times [1 / (D2 \times h6)]^{(1/4)} =$					$= 9,6 * \text{I65} * (1 / (\text{E30}^2 * \text{H71}^6))^{(1/4)}$		Mpa		(S en daN)
80										
81	Tensión Von Mises (propia)									
82										
83	sigma' = $[2S / (\pi D h)] \times \text{raiz}[(Lt/D)^2 + 3] =$					$= 2 * \text{G65} / (\text{PI}() * \text{E30} * \text{H71}) * \text{RAIZ}((\text{G59} * 1000 / \text{E30})^2 + 3)$		Mpa		
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										

TAREA 7. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	TAREA 7 DISEÑO DE TAMBOR									
3										
4	Alumno: #N/D					Fecha:		Nota:		
5										
6		NI	12345678a			manga máxima, $m = 40 + (2 \times F) =$		52	m	
7		A=	1			contrapluma, $cp = 30 + F =$		36	m	
8		B=	2							
9		C=	3							
10		D=	4							
11		E=	5							
12		F=	6							
13		G=	7							
14		H=	8							
15										
16		El diámetro del cable es			$d = 24 - H =$		16	mm		
17		Recorrido de elevación			$h = 32 + (2,5 \times F) =$		47	m		
18										
19		La carga total a levantar es			$Qt = 60 + (2 \times G) =$		74	t		
20		Resistencia chapa tambor			$\sigma_t =$		240	Mpa		
21										
22	Diámetro mínimo tambor			(Ec. B 3.9 - Miravete)		$D > d \cdot h_1 \cdot h_2$				
23		Coefficiente h1 (Tb B 3.8)			M8 - Cable antigiratorio - Tambor			h1 =	28	
24		Coefficiente h2		Tambor -->		$h_2 =$	1			
25		Dmin =	448	mm	Normalizando					
26										
27					Dmin =	500	mm			
28										
29	Diámetro de paso del tambor									
30		Elijo D =	500	mm						
31										
32	Longitud total de cable (estimación)									
33		$(4 \times cp) + (4 \times m) + (8 \times h) + \text{retornos} + \text{puntas} \dots$								
34										
35		Aprox. Lt =	$(8 \times cp) + (4 \times m) + (8 \times h) =$				872	m		
36										
37	Longitud de cable a enrollar			(dos tambores - cuatro puntas)						
38		Nº de ramales			$i =$	8				
39		Recorrido de elevación			$H =$	47	m			
40					Lcable = i x H =	376	m			
41										
42										
43	Geometría canaladura (Tb B 5.2)			para diámetro cable, $d =$		16	mm			
44		Radio de garganta, $r_1 =$	8,5	mm						
45		Paso de hélice, $p =$	18	mm						
46		Radio de enlace, $r_2 =$	0,8	mm		(valor mínimo)				
47		Profundidad de surco =	6	mm		(valor mínimo)				
48										
49										
50										

51	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
52	Nº espiras necesarias										
53	Longitud cable / espira			L espira = $\pi \times D =$			1,571	m			
54	Nº espiras activas			N _a = L cable / L espira =			239,4				
55	Nº espiras activas por punta			N _a / 4 =			59,8	Redondeando		60,0	
56	Espiras muerta por punta			N _m =			1				
57	Espiras totales por tambor			N_t =			122				
58											
59	Longitud del tambor			L_t = p x N_t =			2,196	m			
60											
61											
62	Selección espesor chapa										
63	Rendimiento aparejo (sin tambor)						(dato)	K _a =		0,950	
64	Solicitud cable						=	S = Q/(i·K _a) =	9,74	t	
65							=	9,55E+04	N =	9,55E+03	daN
66											
67	Según tabla B 5.7 (Miravete) el espesor sería										
68											
69	h =			11	mm		para tambor de 800 mm				
70											
71	Probaremos con un espesor de chapa						h =	20,0	mm		
72											
73	Tensión a compresión (ec. B5.10)										
74											
75							$\sigma_{ca} = 0,5 S / (h \cdot p) =$	132,7	Mpa		
76											
77	Tensión de flexión (ec. B5.11)										
78											
79							$\sigma_{fa} = 9,6 \times S \times [1 / (D^2 \times h^6)]^{(1/4)} =$	45,8	Mpa	(S en daN)	
80											
81	Tensión Von Mises (propia)										
82											
83							$\sigma' = [2S / (\pi D h)] \times \text{raiz}[(L_t/D)^2 + 3] =$	28,7	Mpa		
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											
91											

TAREA 7. ANEXO

Celda I6: la manga es la anchura del barco. En este ejercicio se usa para aproximar el recorrido del spreader sobre la pluma y obtener la longitud de cable.

Celda I7: la contrapluma se mide, en este ejercicio, desde el bulón de pluma. Algunos autores se refieren a la contrapluma a partir de las patas traseras.

Celda H17: el recorrido de la elevación incluye la altura que se eleva el spreader desde el suelo del muelle, más la profundidad que baja en la bodega del barco.

Celda H19: la carga total incluye el contenedor, el spreader y otros elementos accesorios que deba izar el mecanismo de elevación en su funcionamiento. Si se desea un cálculo fino, debe incluir el peso de los cables suspendidos del carro.

Celda H20: resistencia admisible del acero con el que se ha fabricado el tambor. Implica un coeficiente de seguridad de 2,2 respecto a la resistencia a la rotura del material.

Celda H22: ecuación para determinar el diámetro mínimo que deben tener poleas y tambores. [2] Ec. B3.9. Procede de DIN 15020 (no vigente).

Celda F23: valores para entrar en la tabla B3.8 [2] y obtener el coeficiente h_1 . En nuestro caso, según el enunciado, estamos hablando del tambor de un cable antigiratorio para mecanismo categoría M8.

Tabla B 3.8. Valores del coeficiente h_1

GRUPO		CABLE NORMAL			CABLE ANTIGIRATORIO		
FEM	DIN	POLEA DE CABLE	POLEA COMPENSADORA	TAMBOR	POLEA DE CABLE	POLEA COMPENSADORA	TAMBOR
M3	1 Bm	16	12,5	16	18	14	16
M4	1 Am	18	14	16	20	16	18
M5	2m	20	14	18	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

Celda H24: valor del coeficiente h_2 . Para un tambor, según B3.1.5.1 [2], $h_2 = 1$

Celda D25: Resultado de la ecuación B3.9 para el diámetro mínimo. No está normalizado.

Celda G27: Valor normalizado inmediatamente superior al obtenido en D25.

Celda E30: Diámetro seleccionado para el tambor. En principio, se elige el mismo de la celda G27. Es potestad del solucionista elegir un diámetro normalizado superior, especialmente si la longitud del tambor resulta excesiva.

Fila 35: estimación de la longitud total del cable. Los tambores se encuentran en la sala de máquinas, entre patas de la grúa. Hacia el lado tierra hay ocho ramales, hacia el lado mar sólo cuatro. La longitud del recorrido al extremo de la pluma es aproximadamente igual a la manga del barco. Las espiras muertas y cocas de cable en los puntos muertos se ven más que compensados al considerar el tambor sobre el bulón de pluma.

Celda G40: longitud de cable a enrollar. Se corresponde con el número de ramales que llegan al spreader, multiplicado por el recorrido de elevación de la carga.

Fila 43: geometría de la canaladura. Se obtiene de la tabla B5.2 [2]. Tiene especial importancia la celda F45, que da el paso de hélice y hará falta para calcular la longitud del tambor.

Radio de garganta r_1 dif. adm.	p	h 1) mín	r_2 2) mín	Diámetro nominal del cable d_1
1,6	4	1,2	0,5	3
2,2	5	1,5	0,5	4
2,7	6	1,9	0,5	5
3,2	7	2,3	0,5	6
3,7	8	2,7	0,5	7
4,2	9,5	3,0	0,5	8
4,8	10,5	3,5	0,5	9
5,3	11,5	4	0,8	10
6	13	4,5	0,8	11
6,5	14	4,5	0,8	12
7	15	5	0,8	13
7,5	16	5,5	0,8	14
8	17	6	0,8	15
8,5	18	6	0,8	16
9	19	6,5	0,8	17
9,5	20	7	0,8	18
10	21	7,5	0,8	19
10,5	22	7,5	0,8	20
11	24	8	0,8	21
12	25	8,5	0,8	22
12,5	26	9	0,8	23
13	27	9	0,8	24
13,5	28	9,5	0,8	25
14	29	10	0,8	26
15	30	10,5	0,8	27
16	31	10,5	0,8	28
	33	11	1,3	29
	34	11,5	1,3	30
17	35	12	1,3	31
	36	12	1,3	32
18	37	12,5	1,3	33
	38	13	1,3	34
19	39	13,5	1,3	35
	40	13,5	1,3	36
20	41	14	1,3	37
	42	14,5	1,6	38
21	44	15	1,6	39
	44	15	1,6	40
22	45	15,5	1,6	41
	47	16	1,6	42
23	48	16,5	1,6	43
	49	16,5	1,6	44
24	50	17	2	45
	52	17,5	2	46
25	53	18	2	47
	54	18	2	48
26	55	18,5	2	49
	56	19	2	50
27	58	19,5	2	52
28	60	21	2	54
29	63	21	2,5	56
30	65	22	2,5	58
31	67	22,5	3	60
32				

1) $h \geq 0,375 \cdot d_1$ con motivo de la elasticidad del cable.
2) r_2 sirve hasta $h \leq 0,4 \cdot d_1$

Celda H54: número de espiras activas. Es la longitud del cable que se enrolla entre la longitud de cable en cada espira. Hay que dividirlo entre el número de ramales y redondear al entero superior (celda I55).

Celda G56: espiras muertas en cada punta de cable (espiras de amarre). Se ha usado una espira muerta según el enunciado. Es frecuente utilizar dos e incluso más.

Celda G57: para cada punta del cable hay que sumar las espiras muertas y las activas. Además, en este caso a cada tambor llegan dos puntas.

Celda G59: longitud mínima del tambor para enrollar el cable. Es el número de espiras totales de cada tambor multiplicado por el paso (distancia entre espiras).

Celda I54: rendimiento del aparejo (excluido tambor). El enunciado fija el valor de 0,95.

Filas 64 y 65: sollicitación del cable, es decir, el tiro que hace del tambor. Sólo se ha tenido en cuenta la carga estática, aunque parece más razonable incluir el efecto dinámico, presente en cada ciclo de elevación.

Fila 69: espesor del tambor recomendado según tabla B5.7 [2]

Tabla B 5.7. Espesores de pared para $\sigma = 240$ MPa.

S (daN)	DIAMETROS (mm)							
	250	300	400	500	600	700	800	1000
500	3	3						
1000	4	4						
1500		4	4					
2000		5	5					
2500			6	6				
3000			6	6				
4000				7				
5000				8	8			
6000					9	8		
7000					9	9		
8000						10		
9000							11	10
10000							11	11

En nuestro caso, con un tiro de 10 t (última fila de la tabla), se recomienda un tambor de diámetro 800 mm con espesor de 11 mm. En nuestro criterio, este espesor es un valor muy bajo que provoca valores de tensión inadmisibles según las ecuaciones de tensiones dadas en la misma referencia [2].

El resto de la bibliografía utilizada evita calcular los espesores de los tambores, limitando los problemas de diseño al cálculo de la longitud necesaria para el enrollado.

Celda H75: tensión por compresión, en el extremo del arrollamiento, según Ec. B5.10 [2]

$$\sigma_{ca} = 0,5 S / h p \text{ (S en N)}$$

Es la tensión dominante. Se recomienda que no exceda de 50 MPa para acero S355.

Celda H79: tensión de flexión en el extremo del arrollamiento, según Ec. B5.11 [2] (S en kg o daN). Recomendación similar a la anterior.

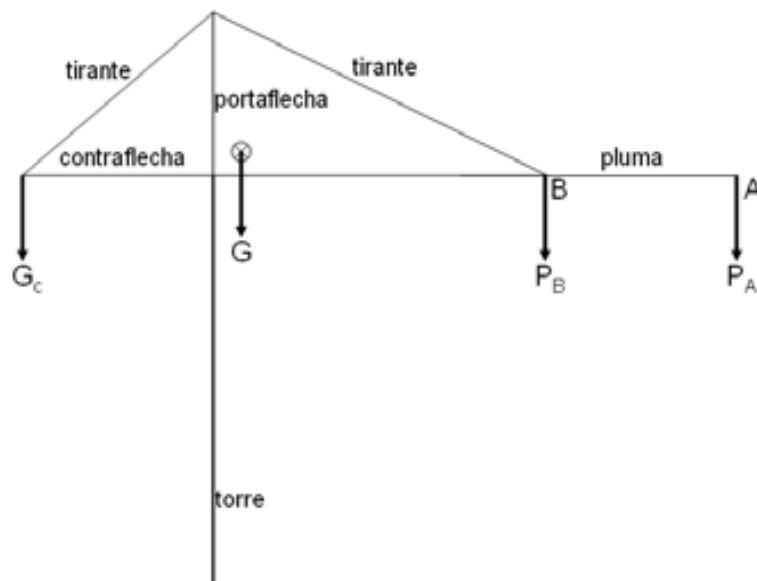
Celda H83: tensión de Von Mises, para un tambor simplemente apoyado con dos ramales convergentes. La situación crítica se da para ambos ramales totalmente enrollados, tirando casi desde el centro del tambor. Esta ecuación incluye los esfuerzos de torsión del cable y la flexión provocada por las reacciones en los apoyos. Elaboración propia. Se observa que da valores menores que las tensiones por compresión, salvo que el tambor sea muy alargado.

TAREA 8 CÁLCULO GRÚA TORRE

NI alumno AB.CDE.FGH-X

Tratándose de una grúa torre, con carro tirado por cables y gancho como elemento de elevación, estime unas velocidades de giro, traslación y elevación adecuadas, si se deben manejar N cargas al día, con un alcance máximo L , alcance mínimo L_{min} y elevación máxima, h . El tiempo de enganche de la carga se estima en 15 s, y en 10 s el de desenganche. Las zonas de carga y descarga preferentes se encuentran a unos 180° respecto al eje de la grúa. Vida útil de la grúa: Vida.

El esquema de la grúa torre muestra la carga máxima admisible en dos posiciones distintas, A y B. El tirante delantero tiene una tracción admisible T_{adm} , la portaflecha es PF, la contraflecha CF, la distancia entre la torre y B, LB ; y entre la torre y el centro de gravedad de la máquina, LG . La pluma está articulada en la torre.



El peso de la grúa (sin contar contrapeso y carga) es Q_g , con centro de gravedad en el punto G de la figura.

Obtenga el coeficiente de mayoración de cargas, γ_c , según UNE 58132, y el coeficiente dinámico.

Calcule la máxima carga que se puede levantar en B, considerando el coeficiente dinámico y de mayoración de cargas que correspondan. (Nota: la carga está limitada por la tracción admisible en el tirante delantero).

Calcule el contrapeso a situar en Gc (los momentos respecto de la torre deben ser del mismo valor, con carga máxima y sin carga).

Calcule la fuerza de compresión y el momento flector que sufre la torre.

En base a ellos, exprese matemáticamente las tensiones sufridas en el punto crítico de la torre.

Datos:

$N = 60 + (8 \times H)$ cargas al día Jornada de 12 h

$L = 10 + A$ m $L_{min} = 2$ m $h = 16 + B$ m Vida: $16 + D$ años

$T_{adm} = 100 \times (10 + G)$ kN $PF = 4 + (0,1 \times D)$ m $CF = 6 + (0,1 \times G)$

$LB = 0,75 \times L$ $LG = 0,1 \times F$ m

$Q_g = 120 + [10 \times (A + G)]$ t

Ejemplo 25.031.992

$N = 60 + (8 \times 2) = 76$ cargas/día

$L = 10 + 2 = 12$ m $h = 16 + 5 = 21$ m Vida: $20 + 3$ años

Tracción admisible tirante delantero: 1900 kN

Portaflecha: 4,3 m Contraflecha: 6,9 m

Distancia torre-punto B, $0,75 \times 16 = 12$ m

Distancia torre-punto G, 0,9 m $Q_g = 120 + [10 \times (2 + 9)] = 230$ t

TAREA 8. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	TAREA 8	CÁLCULO GRÚA TORRE										
3												
4	Alumno:	=BUSCARV(M4;Listado!B3:C22;2;FALSO)		Fecha:				Nota:			NI	
5											A =	=EXTRAE(M4;1;1)
6											B =	=EXTRAE(M4;2;1)
7											C =	=EXTRAE(M4;3;1)
8	Cargas / día:	N = 60 + (8xH) =			=60+(8*(M\$12))			(hipótesis)			D =	=EXTRAE(M4;4;1)
9	Horas por jornada:	J =			12	h		días/sem =	5		E =	=EXTRAE(M4;5;1)
10	Alcance máximo:	L = 10 + A =			=10+M\$5	m		sem/año =	45		F =	=EXTRAE(M4;6;1)
11	Alcance mínimo:	Lmin =			2	m					G =	=EXTRAE(M4;7;1)
12	Elevación máxima:	h = 16 + B			= 16 + M\$6	m					H =	=EXTRAE(M4;8;1)
13	Tiempo de enganche:				15	s						
14	Tiempo desenganche:				10	s						
15	Zonas de carga y descarga diametralmente opuestas.											
16	Vida útil de la grúa:	Vida = 16 + D =			=16+M\$8	años						
17	Tracción admisible tirante delantero:	Tadm = 1000 x (10 + G) =			=1000+(100*M\$11)			kN				
18	Portaflecha:	PF = 4,D =			=4+(0,1*M\$8)	m						
19	Contraflecha, L2:	CF = 6,G =			=6+(0,1*M\$11)	m						
20	Distancia torre-B:	LB = 0,75 L =			=0,75*F\$10	m		Beta = atan(PF/LB) =		=ATAN(F\$18/F\$20)	rad	
21	Distancia torre-G:	LG = 0,F =			=0,1*M\$10	m				=GRADOS(K\$20)	grados	
22	Peso grúa:	Qg = 120 + [10 x (A+G)] =			=120+(10*(M5+M11))		t					
23												
24	La máquina hace pocos ciclos por hora. Supondré velocidades lentas y haré la comprobación.									(Ver página 231 - [1])		
25	Velocidad elevación:	VL =	0,4	m/s								
26	Velocidad traslación:	VT =	0,4	m/s								
27	Velocidad rotación:	nR =	1	rpm								
28												
29	Secuencia y tiempos. Posición inicial, gancho abajo en zona de carga.											
30		Enganche:			=F\$13	s		El tiempo de rotación se incluye en el de traslación.				
31		Tiempo de subida, ts = h/VL =			=F\$12/E\$25	s		No cuento tiempo de bajada por hacer movimientos				
32		Traslación, L - Lmin; tt = (L-Lmin)/VT =			=(F\$10-F\$11)/E\$26	s		sucesivos los de subida y traslación.				

33	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
34		Desenganche:				=F\$1410	s					
35		Traslación de vuelta:				=G\$32	s					
36		Bajada:				=G\$31	s					
37				Tot ciclo tc =		=SUMA(G30:G36)	s					
38												
39		Tiempo disponible td = J x 3600 / N =				=F\$9*3600/F\$8	s		¿ td > tc ?	=SI(G39>G37; "Acept"; "Tiempo insuf.")		
40												
41	Clasificación UNE aparato											
42		Años: =16+M\$8		Días útiles / año:		=J\$9*J\$10	días/año				(45 sem x 5 dia/sem)	
43		Horas/día =F\$9		Movimientos/día:		=F\$8	ciclos/día					
44		Total ciclos:	años x días/año x ciclos/día =			=D\$41*M\$8*F\$9	ciclos			Clase ut.	U5	
45		Estado de carga aparato:	Q 3			(hipótesis)						
46		Grupo del aparato:	=L44	=Q"&G45		-->	A6					
47												
48	Clasificación UNE mecanismo de elevación											
49		Mecanismo elevación:	Estimamos en un 50% el tiempo de funcionamiento							f =	0,5	
50		Horas de vida del aparato:	años x días/año x h/día =			=D42*H42*D43	h					
51		Horas de funcionamiento mecanismo:				=M49*J50	h			Clase utilización	T8	
52		Estado de carga mec. elev:	L 3			(hipótesis)						
53		Grupo del mecanismo:	=M51	=L"&G52		-->	M8					
54												
55	Coeficiente de mayoración de cargas											
56						=I46	-->	gamma_c	=	1,14		
57	Factor epsilon:	VL =	=E\$25	m/s								
58		Grúa pluma					epsilon	=	0,3			
59												
60	Coeficiente dinámico:											
61		1 + (epsilon x VL) =				=1+J58*F57		psi =	=MAX(G60;1,15)			
62	Máxima carga en B:	T1 sen beta = psi PB	-->	PB = Tadm x sen(beta) / (gamma_c x psi) =		=H\$17*SENO(\$K\$20)/(\$K\$55*J\$60)					kN	
63											=K62/9,806	t
64												
65												

66	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
67												
68	Cálculo contrapeso:		(Mirar problema 6.4 - Julio)		Debe compensar el momento de la grúa y la mitad del momento máximo de la carga.							
69			$G_c \times L_2 = (Q_g \times e) + (P_B \times L_1)/2$		-->	G_c =	$\frac{(((F_{22} \times F_{21}) + ((K_{63} \times F_{20})/2)))}{F_{19}}$		t			
70								=169*9,806	kN			
71												
72	Fuerza de compresión:		S_c =	$\gamma_c \times [G_c + Q_g + (\psi \times P_B)] =$		= K55*(169+F22+(J60*K63		t				
73	Flector sobre torre:		M =	$\gamma_c \times [- (G_c \times L_2) + (Q_g \times e) + \psi \times (P_B \times L_1)] =$					=K55*((-169*F19)+(F22*F21)+(J60*(K63*F20)))	t · m		
74									=J73*9,806	kN · m		
75												
76	La torre presentará un punto crítico a tracción, por la flexión M (sin contar compresión de carga).											
77	Y otro punto crítico a compresión, por flexión más compresión.											
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												

TAREA 8. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	TAREA 8	CÁLCULO GRÚA TORRE										
3												
4	Alumno:	García Ramírez, Fernando				Fecha:		Nota:			NI	25031992k
5											A =	2
6											B =	5
7											C =	0
8	Cargas / día:	$N = 60 + (8 \times H) =$			76			(hipótesis)			D =	3
9	Horas por jornada:	$J =$			12	h		días/sem =	5		E =	1
10	Alcance máximo:	$L = 10 + A =$			12	m		sem/año =	45		F =	9
11	Alcance mínimo:	$L_{min} =$			2	m					G =	9
12	Elevación máxima:	$h = 16 + B$			21	m					H =	2
13	Tiempo de enganche:				15	s						
14	Tiempo desenganche:				10	s						
15	Zonas de carga y descarga diametralmente opuestas.											
16	Vida útil de la grúa:	$Vida = 16 + D =$			19	años						
17	Tracción admisible tirante delantero:				$T_{adm} = 1000 \times (10 + G) =$		1900	kN				
18	Portaflecha:	$PF = 4, D =$			4,3	m						
19	Contraflecha, L2:	$CF = 6, G =$			6,9	m						
20	Distancia torre-B:	$LB = 0,75 L =$			9	m		$Beta = \text{atan}(PF/LB) =$		0,4457	rad	
21	Distancia torre-G:	$LG = 0, F =$			0,9	m				25,5	grados	
22	Peso grúa:	$Og = 120 + [10 \times (A+G)] =$			230	t						
23												
24	La máquina hace pocos ciclos por hora. Supondré velocidades lentas y haré la comprobación.										(Ver página 231 - [1])	
25	Velocidad elevación:	$VL =$		0,4	m/s							
26	Velocidad traslación:	$VT =$		0,4	m/s							
27	Velocidad rotación:	$nR =$		1	rpm							
28												
29	Secuencia y tiempos. Posición inicial, gancho abajo en zona de carga.											
30	Enganche:				15,0	s		El tiempo de rotación se incluye en el de traslación.				
31	Tiempo de subida,	$t_s = h/VL =$			52,5	s		No cuento tiempo de bajada por hacer movimientos				
32	Traslación, L - L _{min}	$t_t = (L - L_{min})/VT =$			25,0	s		sucesivos los de subida y traslación.				

33	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
34		Desenganche:				10,0	s					
35		Traslación de vuelta:				25,0	s					
36		Bajada:				52,5	s					
37				Total ciclo: tc =		180,0	s					
38												
39		Tiempo disponible		$td = J \times 3600 / N =$		568,4	s		¿ td > tc ?	Aceptable		
40												
41	Clasificación UNE aparato											
42		Años:	19		Días útiles / año:	225		días/año		(45 sem x 5 dia/sem)		
43		Horas/día	12		Movimientos/día:	76		ciclos/día				
44		Total ciclos:		años x días/año x ciclos/día =		324.900		ciclos		Clase ut.	U5	
45		Estado de carga aparato:		Q	3		(hipótesis)					
46		Grupo del aparato:		U5	Q3		-->	A6				
47												
48	Clasificación UNE mecanismo de elevación											
49		Mecanismo elevación:		Estimamos en un 50% el tiempo de funcionamiento							f =	0,5
50		Horas de vida del aparato:		años x días/año x h/día =				51300	h			
51		Horas de funcionamiento mecanismo:				25650		h		Clase utilización	T8	
52		Estado de carga mec. elev:		L	3		(hipótesis)					
53		Grupo del mecanismo:		T8	L3		-->	M8				
54												
55	Coefficiente de mayoración de cargas					A6	-->	gamma_c	=	1,14		
56												
57	Factor epsilon:	VL	=	0,4	m/s							
58		Grúa pluma					epsilon	=	0,3			
59												
60	Coefficiente dinámico:		1 + (epsilon x VL) =			1,12		psi =	1,15			
61												
62	Máxima carga en B:	T1 sen beta = psi x P	-->	PB = Tadm x sen(beta) / (gamma_c x psi) =						624,8	kN	
63										63,7	t	
64												
65												

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
66												
67												
68	Cálculo contrapeso:		(Mirar problema 6.4 - Julio)		Debe compensar el momento de la grúa y la mitad del momento máximo de la carga.							
69			$G_c \times L_2 = (Q_g \times e) + (PB \times L_1) / 2$				Gc =	71,6	t			
70								701,6	kN			
71												
72	Fuerza de compresión:		Sc =		$\gamma_c \times [G_c + Q_g + (\psi \times PB)] =$		427,3	t				
73	Flector sobre torre:		M =		$\gamma_c \times [- (G_c \times L_2) + (Q_g \times e) + \psi \times (PB \times L_1)] =$				424,9	t · m		
74									4166,7	kN · m		
75												
76	La torre presentará un punto crítico a tracción, por la flexión M (sin contar compresión de carga).											
77	Y otro punto crítico a compresión, por flexión más compresión.											
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												

TAREA 8. ANEXO

Celda M4: número de identificación del alumno. Introducido manualmente.

Celdas J9 y J10: hipótesis para estimar los días trabajados al año. A criterio del solucionista.

Fila 15, situación de las zonas de carga y descarga, a criterio del solucionista. Necesario para estimar el tiempo que necesita la grúa para hacer el giro correspondiente.

Fila 24, se supondrán velocidades lentas, ya que la máquina es de producción baja. Así los motores necesarios serán menos potentes y más económicos. Se utiliza el valor recomendado en FEM 1001, tabla de [1], pág. 231.

Valores del tiempo de aceleración y aceleración [FEM 100.1]

Velocidad a obtener (m/s)	(a) Velocidad baja-moderada con largo recorrido		(b) Velocidad moderada-alta (aplicaciones habituales)		(c) Velocidad alta con grandes aceleraciones	
	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s ²)	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s ²)	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s ²)
4			8,0	0,5	6	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,5			6,3	0,39	4,8	0,52
2	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,6	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,43
1	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,4	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

Celda I30: aclaración. No se computa el tiempo de rotación de la grúa, ya que es un movimiento que se hace simultáneamente mientras se traslada el carro (movimiento más lento).

Celdas G30 a G36: tiempos estimados en cada fase del ciclo de movimiento de la carga. Algunos vienen por el enunciado, otros se estiman a partir de la velocidad propuesta para el mecanismo. Algunos movimientos se omiten al ser realizados de forma simultánea con otros más lentos.

Celda K39: ecuación de tipo lógico, para comprobar que el tiempo de ciclo sea aceptable. Es decir, menor que el tiempo disponible para hacerlo. Se podría añadir alguna condición adicional para evitar que el tiempo de ciclo sea innecesariamente corto.

Celda L44: clase de utilización del aparato, según UNE 58112 [15]. Es una tabla fácil de encontrar. También está en [1], pág. 226.

Clase de utilización	Número máximo de ciclos de maniobra	Observaciones
U ₀	1,6 × 10 ⁴	Utilización ocasional
U ₁	3,2 × 10 ⁴	
U ₂	6,3 × 10 ⁴	
U ₃	1,25 × 10 ⁵	
U ₄	2,5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio ligero
U ₅	5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio intermitente
U ₆	1 × 10 ⁶	Utilización regular en servicio intensivo
U ₇	2 × 10 ⁶	Utilización intensiva
U ₈	4 × 10 ⁶	
U ₉	Más de 4 × 10 ⁶	

Celda G45: estado de carga del aparato. A juicio del solucionista. Los valores más razonables para una grúa torre son Q2 y Q3. Tabla de [15]. [1], pág. 227.

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas K _p	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga máxima de servicio y corrientemente cargas muy pequeñas
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga máxima de servicio

Celda I46: grupo de clasificación del aparato completo. [15]. [1], pág 225.

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas K _p	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del aparato									
		U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q1 – Ligero	0,125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – Moderado	0,25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3 – Pesado	0,5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4 – Muy pesado	1,0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

Fila 49: estimación de la proporción de tiempo que está funcionando el mecanismo de elevación respecto al tiempo total de la grúa. A juicio del solucionista.

Celda M51: clase de utilización del mecanismo. Tabla en función del número de horas, [15] o [1], pág. 244.

Clase de utilización	Duración total de servicio h	Observaciones
T ₀	200	Utilización ocasional
T ₁	400	
T ₂	800	
T ₃	1600	
T ₄	3200	Utilización regular en servicio ligero
T ₅	6 300	Utilización regular en servicio intermitente
T ₆	12 000	Utilización regular en servicio intensivo
T ₇	25 000	Utilización intensiva
T ₈	50 000	
T ₉	100 000	

Celda G52: Estado de carga del mecanismo de elevación. Coincide con el del aparato. Tabla [15] o [1], pág. 245.

Coefficientes nominales del espectro de carga para los mecanismos, k_m [UNE 58-112-91]

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de cargas, km	Observaciones
L1-Ligero	0,125	Mecanismo sometido excepcionalmente a la carga máxima de servicio y normalmente a cargas muy pequeñas
L2-Moderado	0,25	Mecanismo sometido con bastante frecuencia a la carga máxima de servicio y corrientemente a cargas pequeñas
L3-Pesado	0,50	Mecanismo sometido con bastante frecuencia a la carga máxima de servicio y corrientemente a cargas medias
L4-Muy pesado	1,00	Mecanismo corrientemente sometido a su carga máxima de servicio

Celda I53: grupo de clasificación del mecanismo de elevación. Tabla [15] o [1] pág. 244.

Grupo de clasificación de mecanismos completos [UNE 58-112-91]

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro en cargas km	Clases de utilización del mecanismo									
		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
L1-Ligero	0,125	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2-Moderado	0,25	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
L3-Pesado	0,50	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4-Muy pesado	1,00	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

Celda K55: coeficiente de mayoración de cargas, para el cálculo estructural. Depende del grupo de clasificación del aparato, según tabla UNE 58132 [7] o [1] pág. 225.

Coeficiente de mayoración [UNE 58132-2]

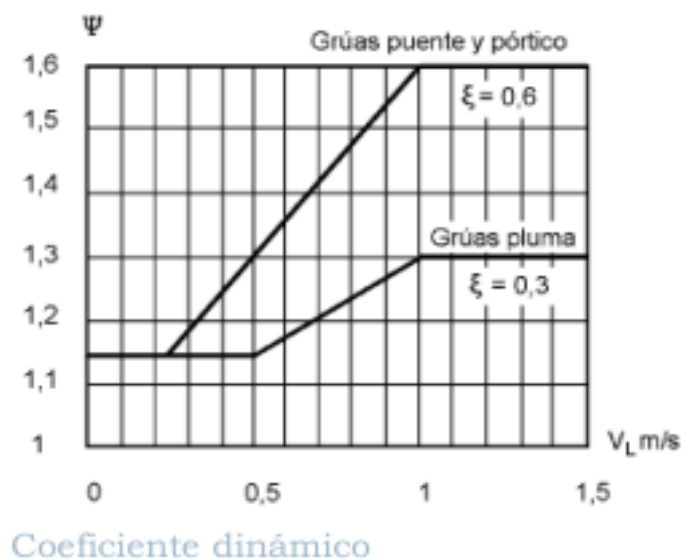
Grupo del aparato	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
γ_c	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

Celda J58: factor ε para el cálculo del coeficiente dinámico. Ver [7] o [1] pág. 229. Es de 0,6 para grúas puente y pórtico (estructura rígida) y de 0,3 para grúas pluma (estructura más flexible).

Celda G60: ecuación de la norma UNE 58132 para el cálculo del coeficiente dinámico.

$$1 + \varepsilon V_L$$

Celda J60: la ecuación anterior sólo es válida para un rango de velocidades de V_L . En particular, se debe aplicar un valor mínimo de 1,15 como expresa el siguiente diagrama de [7] o [1] pág. 229.



Celda K62: máxima carga que puede elevar la grúa con el carro situado en el punto B (punto de anclaje del tirante delantero). Se debe tener en cuenta el coeficiente de mayoración de cargas y el coeficiente dinámico.

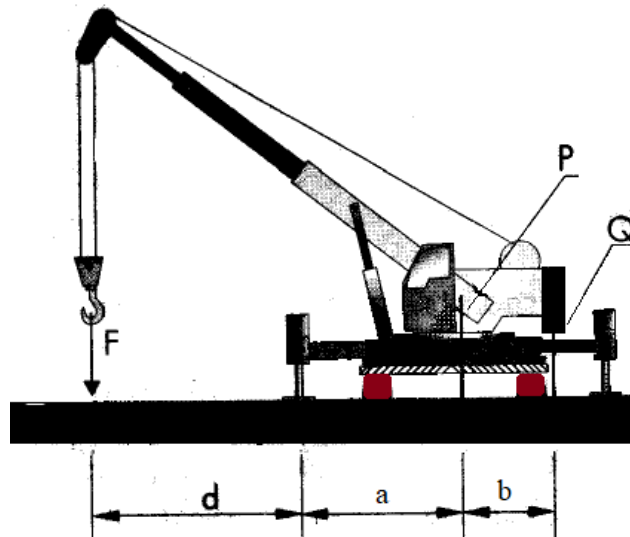
Celda I69: cálculo del contrapeso adecuado. Se puede consultar el problema 6.4 de [1]. Es una ecuación de igualdad de momentos respecto a la torre.

La clave está en que el contrapeso compense sólo la mitad del momento de vuelco que provoca la carga en el extremo de pluma y el peso propio de la grúa por la excentricidad de la posición de su centro de gravedad respecto a la torre. Así se consigue que el momento de vuelco en dirección contraria, provocado por el contrapeso cuando no hay carga, sea del mismo valor.

TAREA 9 GRÚA MÓVIL

NI alumno es del tipo AB.CDE.FGH

La grúa tiene un peso propio P , con CdG en el eje de la torreta, más Q de contrapeso a b m del eje.



Se pide:

- Tipo de aparato de elevación, según normativa.
- Alcance máximo d , para la carga F , antes de vuelco.
- Carga máxima que puede levantar la grúa cuando el alcance $d = 2$ m (por estabilidad).
- Fuerza máxima que deben soportar los estabilizadores.
- Tensión máxima que sufre el cable. El gancho va sobre un aparejo de dos poleas (cuatro ramales). Dibuje un boceto del aparejo, donde se aprecien las poleas del sistema, arriba y abajo.
- Clasificación UNE del aparato y del mecanismo de elevación. Vida útil prevista: 12 años, a 8 horas de servicio diarias y un izado cada X minutos. Estados de carga Q3 y L3.
- Estime la longitud del cable.

Datos: $P = 6 + (2 \times B) \text{ t}$ $Q = 2 + B \text{ t}$ $a = 2 + (0,2 \times D) \text{ m}$ $b = 1,6 + (0,1 \times D) \text{ m}$
 $F = 7 + E \text{ t}$ (valor para alcance máximo) $X = 6 + A \text{ min}$
 $V_L = 1,0 \text{ m/s}$ (velocidad de elevación)

TAREA 9. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	TAREA 9	GRÚA MOVIL											
3													
4	Alumno:	=BUSCARV(D6;Listado!B3:C22;2;FALSO)			Fecha:			Nota:					
5													
6		NI											
7		A =	=EXTRAE(\$D\$6;1;1)		Años de servicio	A =	12	años					
8		B =	=EXTRAE(\$D\$6;2;1)		Horas diarias de servicio	J =	8	h/día					
9		C =	=EXTRAE(\$D\$6;3;1)		Tiempo de ciclo	X = 6 + A =	=6+D7	min					
10		D =	=EXTRAE(\$D\$6;4;1)										
11		E =	=EXTRAE(\$D\$6;5;1)										
12		F =	=EXTRAE(\$D\$6;6;1)										
13		G =	=EXTRAE(\$D\$6;7;1)										
14		H =	=EXTRAE(\$D\$6;8;1)										
15													
16	Tipo de aparato de elevación, según normativa:												
17		Grúa móvil, automotriz, sobre orugas, con pluma inclinable y orientable,											
18		telescópica, con gancho y estabilizadores.											
19	Alcance máximo d, para carga F, antes de vuelco.							F =	7 + E =	=7+\$D\$11	t		
20	Incluyendo efectos dinámicos, por equilibrio de momentos en estabilizador							psi =	1,3				
21	(psi x F) x d = [P x a + Q x (a + b)]					Peso grúa	P =	6 + (2xB) =	= 6 + (2*\$D\$8)	t			
22						Contrapeso	Q =	2 + B =	= 2 + \$D\$8	t			
23							a =	2 + (0,2xD) =	=2+(0,2*\$D\$10)	m			
24							b =	1,6+(0,1xD) =	=1,6+(0,1*\$D\$10)	m			
25	(psi x F) x d =		=((J21*J23)+ (J22*(J23+J24)))	t·m									
26	d =		(psi F) d / (psi F) =	=E25/(J20*J19)	m								
27	Carga máxima con alcance, d = 2 m (por estabilidad)												
28	Incluyendo efectos dinámicos, por equilibrio de momentos en estabilizador							d =	2	m			
29	(psi x F) x d = [P x a + Q x (a + b)]					Peso grúa	P =	6 + (2xB) =	= 6 + (2*\$D\$8)	t			
30						Contrapeso	Q =	2 + B =	= 2 + \$D\$8	t			
31							a =	2 + (0,2xD) =	=2+(0,2*\$D\$10)	m			
32							b =	1,6+(0,1xD) =	=1,6+(0,1*\$D\$10)	m			

33	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
34			(psi Fmax) d =	$=((J29*J31)+(J30*(J31+J32)))$	t·m								
35			Fmax = (psi Fmax) d / (psi d) =	$=E34/(J20*J28)$	t								
36													
37	Fuerza máxima sobre estabilizadores												
38	Con la carga máxima, a punto de vuelco, por equilibrio de fuerzas												
39			Fes =	(psi Fmax) + P + Q =	$=(J20*F35)+J29+J30$	t							
40	Carga total sobre los estabilizadores de un lateral												
41	Suponiendo dos estabilizadores por lateral:												
42			Carga máxima sobre cada estabilizador:		Fes / 2 =	$=G39/2$	t						
43													
44	Tensión máxima sobre el cable												
45		Nº ramales,	i =	4									
46		Rendimiento aparejo,	Kap =	0,96	(supuesto poleas sobre rodamientos y contando polea superior)								
47		S =	(psi Fmax) / (i Kap) =	$=(J20*F35)/(F45*F46)$	t								
48													
49	Clasificación UNE aparato y mecanismo de elevación												
50		Años:	$=I7$		Días útiles / año:	260	(5 de cada 7, aprox)						
51		Horas día:	$=I8$		Tiempo ciclo, X =	$=I9$	min						
52		Ciclos/hora = 60/X =	$=60/H51$										
53		Total ciclos:	12 años x 260 días/año x 8 h/día x 60/X ciclos/h =					$=D50*H50*D51*E52$	ciclos	Clase ut.	U3		
54		Estado de carga aparato:	Q3										
55		Grupo del aparato:	$=M53$	$=F55$	-->	A4							
56		Mecanismo elevación:	Estimamos en un 50% el tiempo de funcionamiento							f =	0,5		
57		Horas de vida del aparato:	12 años x 260 días/año x 8 h/día =					$=D50*H50*D51$	h				
58		Horas de funcionamiento mecanismo:	$=M56*J57$					h	Clase utilización	T7			
59		Estado de carga mec. elev:	L3										
60		Grupo del mecanismo:	$=M58$	$=F59$	-->	M8							
61	Estimación longitud de cable:												
62		La longitud de la pluma viene dada por el alcance máximo.							Lp =	a + d =	$=J23+F26$	m	
63		La longitud de cada ramal es, aproximadamente, la longitud de la pluma.											
64		Hay cinco ramales.	Por tanto,	Lcable =	5 x Lp =	$=5*K62$	m						

TAREA 9. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	TAREA 9		GRÚA MOVIL											
3														
4	Alumno:	Bringas Temido, Ramón			Fecha:			Nota:						
5														
6		NI	75896342d											
7		A =	7		Años de servicio	A =	12		años					
8		B =	5		Horas diarias de servicio	J =	8		h/dia					
9		C =	8		Tiempo de ciclo	X = 6 + A =	13		min					
10		D =	9											
11		E =	6											
12		F =	3											
13		G =	4											
14		H =	2											
15														
16	Tipo de aparato de elevación, según normativa:													
17		Grúa móvil, automotriz, sobre orugas, con pluma inclinable y orientable,												
18		telescópica, con gancho y estabilizadores.												
19	Alcance máximo d, para carga F, antes de vuelco.								F =	7 + E =	13		t	
20	Incluyendo efectos dinámicos, por equilibrio de momentos en estabilizador								psi =	1,3				
21	(psi x F) x d = [P x a + Q x (a + b)]								Peso grúa	P =	6 + (2xB) =	16		t
22									Contrapeso	Q =	2 + B =	7		t
23									a =	2+ (0,2xD)=	3,8		m	
24									b =	1,6+(0,1xD)=	2,5		m	
25	(psi x F) x d =								104,9		t·m			
26	d =								(psi F) d/(psi F) =	6,207		m		
27	Carga máxima con alcance, d = 2 m (por estabilidad)													
28	Incluyendo efectos dinámicos, por equilibrio de momentos en estabilizador								d =	2		m		
29	(psi x F) x d = [P x a + Q x (a + b)]								Peso grúa	P =	6 + (2xB) =	16		t
30									Contrapeso	Q =	2 + B =	7		t
31									a =	2+ (0,2xD)=	3,8		m	
32									b =	1,6+(0,1xD)=	2,5		m	

33	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
34			(psi Fmax) d =	104,9	t·m							
35			Fmax = (psi Fmax) d / (psi d) =	40,35	t							
36												
37	Fuerza máxima sobre estabilizadores											
38	Con la carga máxima, a punto de vuelco, por equilibrio de fuerzas											
39			Fes =	(psi Fmax) + P + Q =	75,45	t						
40	Carga total sobre los estabilizadores de un lateral											
41	Suponiendo dos estabilizadores por lateral:											
42			Carga máxima sobre cada estabilizador:		Fes / 2 =	37,73	t					
43												
44	Tensión máxima sobre el cable											
45			Nº ramales,	i =	4							
46			Rendimiento aparejo,	Kap =	0,96	(supuesto poleas sobre rodamientos y contando polea superior)						
47			S =	(psi Fmax) / (i Kap) =	13,66	t						
48												
49	Clasificación UNE aparato y mecanismo de elevación											
50			Años:	12	Días útiles / año:	260	(5 de cada 7, aprox)					
51			Horas día:	8	Tiempo ciclo, X =	13	min					
52			Ciclos/hora = 60/X =	4,62								
53			Total ciclos:	12 años x 260 días/año x 8 h/día x 60/X ciclos/h =				115200	ciclos	Clase ut.	U3	
54			Estado de carga aparato:	Q3								
55			Grupo del aparato:	U3		Q3	-->	A4				
56			Mecanismo elevación:	Estimamos en un 50% el tiempo de funcionamiento					f =	0,5		
57			Horas de vida del aparato:	12 años x 260 días/año x 8 h/día =				24960	h			
58			Horas de funcionamiento mecanismo:	12480				h	Clase utilización	T7		
59			Estado de carga mec. elev:	L3								
60			Grupo del mecanismo:	T7		L3	-->	M8				
61	Estimación longitud de cable:											
62			La longitud de la pluma viene dada por el alcance máximo.					Lp =	a + d =	10,01	m	
63			La longitud de cada ramal es, aproximadamente, la longitud de la pluma.									
64			Hay cinco ramales.	Por tanto,	Lcable =	5 x Lp =	50,04	m				

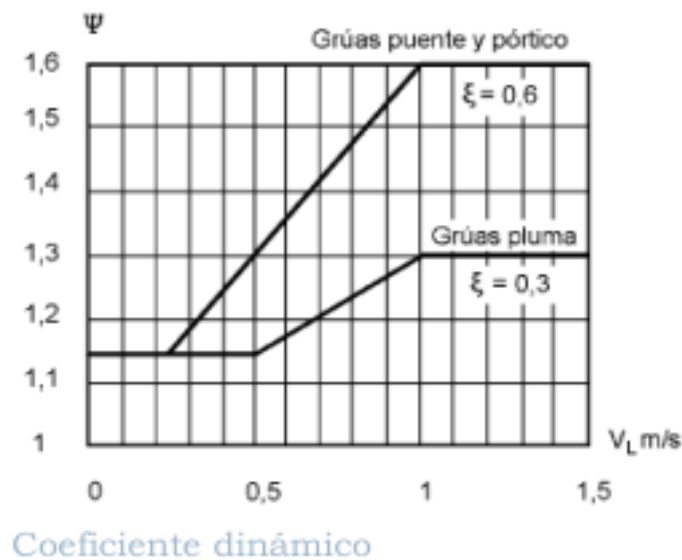
TAREA 9. ANEXO

Celda I9: tiempo de ciclo completo. Desde que se engancha una carga hasta que se engancha la siguiente carga. En minutos. Valor según enunciado.

Celdas C17 y D18: según [14], "Ejemplos de grúas móviles". Anexo del Reglamento de Aparatos de Elevación, Transporte y Manutención. También viene, parcialmente, en [1] y [2].

Celda J19: carga máxima, F, que puede levantar la grúa con la pluma horizontal, totalmente extendida. Valor según enunciado.

Celda J20: coeficiente dinámico a aplicar. Según el diagrama adjunto, debe estar entre 1,15 y 1,3 (grúa pluma), dependiendo de la velocidad de elevación.



Celda D21: comentario. Es la ecuación de momentos respecto al punto de asiento de los estabilizadores internos.

$$(\psi \times F) \times d = [P \times a + Q \times (a + b)]$$

Como es el momento crítico, a punto de vuelco, los estabilizadores externos no realizan fuerza. La carga se ve afectada por el coeficiente dinámico.

Celda F26: distancia límite d, en metros, a la que se puede colocar la carga F del enunciado. En la práctica, debería dejarse un margen de seguridad.

Celda J28: alcance d menor, de 2 metros según enunciado, a la que corresponderá la carga máxima que podrá elevar la grúa.

Celda F35: carga máxima que podrá elevar la grúa (con alcances pequeños, de 2 m).

Fila 39: fuerza máxima que deberán soportar los estabilizadores. En la condición de vuelco, esta fuerza se corresponde con todas las cargas sobre la grúa. Peso propio, contrapeso y carga a izar (afectada de coeficiente dinámico).

Celda C41: hipótesis de que haya dos estabilizadores por lateral, trabajando de la misma forma. Estas dos suposiciones no están en el enunciado. El solucionista podría considerar otros casos.

Celda I42: carga máxima sobre cada estabilizador, según hipótesis de C41.

Celda F46: rendimiento del aparejo (sin incluir tambor). Es el caso 4 del anexo sobre rendimiento de polipastos. Su obtención es en sí misma un pequeño ejercicio.

Celda F47: sollicitación máxima que sufre el cable. Se tiene en cuenta el coeficiente dinámico. Se está dando en el ramal que va de la polea superior al tambor.

Celda H50: días útiles de servicio al año. A juicio del solucionista.

Celda J53: Total de ciclos esperados para toda la vida de la grúa.

Celda M53: clase de utilización de la grúa, según norma UNE 58112 [15], o [1], pág. 226. Depende del número de ciclos de J53. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda F54: estado de carga del aparato, según enunciado.

Fila 55: grupo de clasificación de la grúa completa. [15]. [1], pág. 255. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Fila 56: estimación de la proporción de tiempo que está funcionando el mecanismo de elevación respecto al tiempo total de la grúa. A juicio del solucionista.

Celda J57: horas de utilización del aparato. Suele medirse a partir de las horas que está arrancado el motor principal.

Celda H58: horas de utilización del mecanismo de elevación.

Celda M58: clase de utilización del mecanismo. Tabla en función del número de horas, [15] o [1], pág. 244. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda F59: Estado de carga del mecanismo de elevación, según enunciado. Tabla [15] o [1], pág. 245. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Fila 60: grupo de clasificación del mecanismo de elevación. Tabla [15] o [1] pág. 244. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda C64: aclaración sobre la longitud del cable. Aunque la carga está suspendida por cuatro ramales (dos poleas), se debe incluir el ramal que va de la polea superior al tambor, de longitud similar a los anteriores cuando la pluma está totalmente extendida.

TAREA 10 CÁLCULO VIGA PRINCIPAL, PUENTE GRÚA

(revisión 15/08/2023)

Tenemos un puente grúa, similar al de la figura.



Datos:

Luz, $L = 5 + (2 \times F)$ m Distancia entre ruedas del carro: despreciable.

Peso carro: $Q_c = 1000 + (200 \times F)$ N (incluye gancho y aparejo)

Viga principal del tipo perfil laminado IPN, de canto $h = 300 + [20 \times \text{int}(F/2)]$ mm

Material: acero S275 J0

Estado de carga: Q_2 Movimientos/hora $3 + (B/2)$ mov/h

Vida del aparato: $(10 + B)$ años, 40 semanas/año, 5 días/semana, 8 h/día

Velocidad elevación, $V_L = 0,5$ m/s Tiempo de aceleración, $t_a = 2$ s

Desprecie las fuerzas horizontales.

Flecha admisible en la viga principal: $4 \text{ mm/m} = L/250$

Fracción de tiempo que está funcionando el mecanismo de elevación: $f = 0,35$

Se pide:

- Coeficiente de mayoración de cargas, γ_c , según UNE 58132, y coeficiente dinámico.
- Carga útil que puede soportar el puente grúa, atendiendo a la resistencia del material. Sólo caso I. Coeficiente de seguridad a aplicar, 2,2. (UNE 58132)
- Carga útil que puede manejar el puente grúa, atendiendo a la deformación. Considérelo como viga simplemente apoyada.

TAREA 10. FÓRMULAS

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	TAREA 1 CÁLCULO VIGA PRINCIPAL, PUENTE GRÚA												
3													
4	Alumno:	=BUSCARV(M7;Listado!B3:C22;2;FALSO)			Fecha:			Nota:					
5													
6													
7	Luz:	L =	5 + (2 x F) =		=5+(2*\$M\$13)	m					NI =		
8	Distancia entre ruedas:		DR =		0	m					A =	=EXTRAE(M7;1;1)	
9	Peso carro:		Qc = 1000 + (200 x F) =		1000 + (200*\$M\$13)	N					B =	=EXTRAE(M7;2;1)	
10	IPN de canto, h =		300 + [20 x int(F/2)] =		300+(20*ENTERO(M13/2))	mm					C =	=EXTRAE(M7;3;1)	
11		Area	A =		1,070E+04	mm ²		h1 =	306	mm	D =	=EXTRAE(M7;4;1)	
12		Mdl	I =		2,401E+08	mm ⁴		e =	13,7	mm	E =	=EXTRAE(M7;5;1)	
13		Módulo resistente, W =			1,260E+06	mm ³		Av = h1 x e =	=111*112	mm ²	F =	=EXTRAE(M7;6;1)	
14	Material:	Acero			S275 J0						G =	=EXTRAE(M7;7;1)	
15			Sut =		410	MPa					H =	=EXTRAE(M7;8;1)	
16			Sy =		275	MPa							
17	Estado de carga:	Q =			2	(moderado)							
18	Movim./hora:	3 + (B/2) =			=3+(\$M\$9/2)	mov/h							
19	Vida del aparato:	10 + B	años =		=10+\$M\$9	años							
20					40	sem/año							
21					5	dia/sem							
22					8	h/dia							
23	Velocidad elevación		VL =		0,5	m/s							
24	Tiempo aceleración:		ta =		2	s							
25	Flecha admisible:	4 mm/m =	L/250 =		=(\$F\$7*100/25)	mm							
26	Mecanismo elevación:		Fracción de tiempo que funciona					f =	0,35				
27													
28	Coefficiente seguridad		Cs =		2,2	(Caso I, UNE 58132)							
29													
30	Clasificación UNE aparato												
31	Años:	=F\$19			Días útiles / año:	=F\$20*F\$21	días/año				(40 sem x 5 dia/sem)		
32	Hora/día:	=F\$22			Movimientos/día:	=F\$18*F\$23	ciclos/día				(mov/h x h/dia)		
33	Total ciclos:		años x días/año x ciclos/día =		=F\$31*F\$32*F\$33	ciclos				Clase ut.	U4		

34	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
35		Estado de carga aparato:			Q 2								
36		Grupo del aparato:			=L33	= "Q" & G35	-->	A4					
37													
38	Clasificación UNE mecanismo de elevación												
39		Horas de vida del aparato:			años x días/año x h/día =				=D31*H31*D32	h			
40		Horas de funcionamiento mecanismo:				=J26*J39		h	Clase utilización		T6		
41		Estado de carga mec. elev:			L = \$E\$17								
42		Grupo del mecanismo:			=L40	= "L" & G41	-->	M6					
43													
44	Coefficiente de mayoración de cargas				=I36	-->	gamma_c	=	1,08				
45													
46	Factor epsilon:	VL	=	= \$F\$23	m/s								
47		Grúa puente					epsilon	=	0,6				
48													
49	Coefficiente dinámico:		psi =	1 + (epsilon x VL) =		=1+J47*F46		(controlar límites 1,15 < epsilon < 1,6)					
50													
51	Tensión admisible:		sigma_adm = Sy / Cs =		= \$F\$16 / \$F\$28	MPa							
52													
53	Geometría sección:												
54		Área sección:	A =	=E11	mm ²								
55		Mdl:	I =	=E12	mm ⁴								
56		Área de cortante:	Av =	=I13	mm ²								
57													
58	La tensión máxima es la provocada por flexión, supuesto el carro en el centro.												
59	Hay tres conceptos de carga: peso propio de la viga, peso del carro y carga útil.												
60	Los dos primeros son fijos. El tercero depende de P y le afecta el coeficiente dinámico.												
61	Calculamos los flectores de cada sumando.												
62													
63		Peso específico acero:			ro =	7850	kg/m ³	=G63*9,806/1000	kN/m ³				
64	Peso propio de una viga:		Pp =	A x L x ro =		= \$F\$54 * \$F\$7 * \$I\$63 / 10 ⁶	kN		w = Pp/L =	=I64/F7	kN/m		
65		Reacción en apoyo por peso propio:			Rpp =	Pp/2 =	=I64/2	kN					
66		Flector por peso propio:			Mpp =	(w x L ²) / 8 =	=(M64*(F7^2)/8)	kN·m					

67	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
68	Peso del carro:				Pc =	Qc =	=F9/1000	kN					
69	Reacción en apoyo por peso carro:					Rpc =	Pc/2 =	=H66/2	kN				
70	Flector por peso carro:				Mpc =	Rpc x [(L-DR)/2] =	=I69*((F7-F8)/2)	kN·m					
71	Carga útil:				Pu =	psi x Qu							
72	Reacción en apoyo por carga útil:					Rpu = Pu/2							
73	Flector por carga útil:				Mpu =	Rpu x [(L-DR)/2]							
74													
75	Flector total:				Mp =	gamma_c x (Mpp + Mpc + Mpu) (función de Qu)							
76													
77	Flector admisible (por resistencia):				sigma_adm = Madm / \		-->	Madm = sigma_adm x W					
78	Madm =				=H51*E13/10^6	kN·m							
79													
80	Igualando Mp con Madm, despejando Mpu				Mpu =	(Madm / gamma_c) - Mpp - Mpc							
81	Mpu =				=(D78/K44)-I66-I70	kN·m							
82	Rpu =				Mpu / [(L-DR)/2] =	=D81/((F7-F8)/2)	kN	Pu = 2 x Rpu =	=2*F82	kN			
83	Qur =				Pu / psi =	=K82/H49	kN	CARGA ÚTIL, ATENDIENDO A RESISTENCIA					
84													
85	Para el cálculo de la deflexión, no tendremos en cuenta el coeficiente dinámico ni el de mayoración de cargas.												
86	La flecha admisible es				y_adm =	=F\$25	mm	Módulo Young (MPa)	E =	210.000	MPa		
87	Flecha provocada por el peso propio.				y_pp =	(5 w L4)/(384 E I) =	(5 Pp L3) / (384 E I) =	=5*(I\$64*1000)*((F\$7*1000)^3)/(384*I\$86*F\$55)		mm			
88	Flecha por el peso del carro.				y_pc =	(Pc L3)/(48 E I) =	=(H\$68*1000)*((F\$7*1000)^3)/(48*I\$86*F\$55)		mm				
89	Flecha por carga				y_pu =	y_adm - (y_pp + y_pc) =	=G86-(L87+L88)	mm					
90	Carga que provoca esa flecha:				Pu =	(48 E I y_pu) / L3 =	=48*M86*F55*J89/((F7*1000)^3*1000)	kN					
91	Qud =				Pu =	=J90	kN	CARGA ÚTIL, ATENDIENDO A DEFORMACIÓN					
92													

93	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
94	Comprobación por cortante											
95		Área resistente a cortante			Av =		=F56	mm ²				
96		Reacción máxima en los apoyos (carro a DR/2 del apoyo)										
97			R =	gamma_c x [Pp + [(psi x Qu)+Pc] x [L-(DR/2)]]/L =						=K44*(I64+((H49*F83)+H68)*(F7-(F8/2))/F7)	kN	
98		tau =	R/Av =	=k97*1000/H95	MPa		=SI(E98 < (0,577*H51); "ADMISIBLE"; "NO ADMISIBLE")					
99												
100												
101												
102												
103												

TAREA 10. EJEMPLO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	TAREA 10 CÁLCULO VIGA PRINCIPAL, PUENTE GRÚA												
3													
4	Alumno:	Gutiérrez Alba, Manuela			Fecha:			Nota:					
5													
6													
7	Luz:	$L = 5 + (2 \times F) =$			23	m					NI =	25031992x	
8	Distancia entre ruedas:			DR =	0	m					A =	2	
9	Peso carro:		$Q_c = 1000 + (200 \times F) =$		2800	N					B =	5	
10	IPN de canto, $h = 300 + [20 \times \text{int}(F/2)] =$				380	mm					C =	0	
11	Area	A =	1,070E+04		mm ²		$h_1 =$	306	mm		D =	3	
12	Mdl	I =	2,401E+08		mm ⁴		e =	13,7	mm		E =	1	
13	Módulo resistente, W =			1,260E+06	mm ³		$Av = h_1 \times e =$	4192,2	mm ²		F =	9	
14	Material:	Acero		S275 J0							G =	9	
15			Sut =	410	MPa						H =	2	
16			Sy =	275	MPa								
17	Estado de carga:	Q =	2		(moderado)								
18	Movimientos/hora:	$3 + (B/2) =$		5,5	mov/h								
19	Vida del aparato:	10 + B	años =	15	años								
20				40	sem/año								
21				5	dia/sem								
22				8	h/día								
23	Velocidad elevación		VL =	0,5	m/s								
24	Tiempo aceleración:		ta =	2	s								
25	Flecha admisible:	4 mm/m =	L/250 =	92,00	mm								
26	Mecanismo elevación:		Fracción de tiempo que funciona					f =	0,35				
27													
28	Coeficiente seguridad		Cs =	2,2	(Caso I, UNE 58132)								
29													
30	Clasificación UNE aparato												
31	Años:	15		Días útiles / año:	200	días/año			(40 sem x 5 dia/sem)				
32	Horas/día	8		Movimientos/día:	44	ciclos/día			(mov/h x h/dia)				
33	Total ciclos:		años x días/año x ciclos/día =		132.000	ciclos			Clase ut.	U4			

34	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
35		Estado de carga aparato:				Q 2							
36		Grupo del aparato:			U4	Q2	-->	A4					
37													
38	Clasificación UNE mecanismo de elevación												
39		Horas de vida del aparato:			años x días/año x h/día =				24000	h			
40		Horas de funcionamiento mecanismo:					8400	h	Clase utilización		T6		
41		Estado de carga mec. elev:				L 2							
42		Grupo del mecanismo:			T6	L2	-->	M6					
43													
44	Coefficiente de mayoración de cargas						A4	-->	gamma_c	=	1,08		
45													
46	Factor epsilon:	VL	=	0,5	m/s								
47		Grúa puente				epsilon	=	0,6					
48													
49	Coefficiente dinámico:		psi =	1 + (epsilon x VL) =		1,3			(controlar límites 1,15 < epsilon < 1,6)				
50													
51	Tensión admisible:		sigma_adm = Sy / Cs =			125,0	MPa						
52													
53	Geometría sección:												
54		Área sección:	A =	1,070E+04	mm ²								
55		Mdl:	I =	2,401E+08	mm ⁴								
56		Área de cortante:	Av =	4192,2	mm ²								
57													
58	La tensión máxima es la provocada por flexión, supuesto el carro en el centro.												
59	Hay tres conceptos de carga: peso propio de la viga, peso del carro y carga útil.												
60	Los dos primeros son fijos. El tercero depende de P y le afecta el coeficiente dinámico.												
61	Calculamos los flectores de cada sumando.												
62													
63		Peso específico acero:		ro =	7850	kg/m ³	=	76,98	kN/m ³				
64	Peso propio de una viga:		Pp =	A x L x ro =		18,94	kN		w = Pp/L =	0,824	kN/m		
65	Reacción en apoyo por peso propio:		Rpp =	Pp/2 =		9,47	kN						
66	Flector por peso propio:		Mpp =	(w x L ²) / 8 =		54,46	kN·m						

67	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
68	Peso del carro:				$P_c =$	$Q_c =$	2,80	kN					
69	Reacción en apoyo por peso carro:					$R_{pc} =$	$P_c/2 =$	1,40	kN				
70	Flector por peso carro:				$M_{pc} =$	$R_{pc} \times [(L-DR)/2] =$	16,10	kN·m					
71	Carga útil:				$P_u =$	$\psi \times Q_u$							
72	Reacción en apoyo por carga útil:					$R_{pu} = P_u/2$							
73	Flector por carga útil:				$M_{pu} =$	$R_{pu} \times [(L-DR)/2]$							
74													
75	Flector total:				$M_p =$	$\gamma_{c \times} (M_{pp} + M_{pc} + M_{pu})$	(función de Q_u)						
76													
77	Flector admisible (por resistencia):				$\sigma_{adm} = M_{adm} / W$	-->	$M_{adm} = \sigma_{adm} \times W$						
78	$M_{adm} =$				157,50	kN·m							
79													
80	Igualando M_p con M_{adm} , despejando M_{pu}					$M_{pu} =$	$(M_{adm} / \gamma_{c \times}) - M_{pp} - M_{pc}$						
81	$M_{pu} =$				75,27	kN·m							
82	$R_{pu} =$				$M_{pu} / [(L-DR)/2] =$	6,55	kN	$P_u = 2 \times R_{pu} =$	13,09	kN			
83	Q_{ur} =				$P_u / \psi =$	10,07	kN	CARGA ÚTIL, ATENDIENDO A RESISTENCIA					
84													
85	Para el cálculo de la deflexión, no tendremos en cuenta el coeficiente dinámico ni el de mayoración de cargas.												
86	La flecha admisible es				$y_{adm} =$	92,00	mm	Módulo Young (MPa)	$E =$	210.000	MPa		
87	Flecha provocada por el peso propio.				$y_{pp} =$	$(5 w L^4)/(384 E I) =$	$(5 P_p L^3) / (384 E I) =$	59,52	mm				
88	Flecha por el peso del carro.				$y_{pc} =$	$(P_c L^3)/(48 E I) =$		14,08	mm				
89	Flecha por carga				$y_{pu} =$	$y_{adm} - (y_{pp} + y_{pc}) =$	18,40	mm					
90	Carga que provoca esa flecha:				$P_u =$	$(48 E I y_{pu})/ L^3 =$	3,66	kN					
91	Q_{ud} =				$P_u =$	3,66	kN	CARGA ÚTIL, ATENDIENDO A DEFORMACIÓN					
92													

93	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
94	Comprobación por cortante											
95	Área resistente a cortante			Av =		4192		mm ²				
96	Reacción máxima en los apoyos (carro a DR/2 del apoyo)											
97	R =		gamma_c x [Pp + [(psi x Qu)+Pc] x [L-(DR/2)]]/L =					37,62		kN		
98	tau = R/Av =		8,97		MPa		ADMISIBLE					
99												
100												
101												
102												
103												

Celda I13: área del perfil que ofrece resistencia al cortante. Se utiliza la simplificación habitual de usar sólo el área del alma del perfil.

Celdas F15 y F16: resistencias de rotura y fluencia del acero utilizado en el perfil laminado. Fáciles de encontrar.

Celda D25: deformación admisible. 4 mm por cada metro de longitud de la viga. O lo que es igual, la longitud de la viga (en mm) dividida entre 250.

Celda F28: coeficiente de seguridad a aplicar, según UNE 58132 [7] para el Caso I (sin viento). El caso II contempla la presencia de viento máximo de operaciones y el caso III es para solicitaciones excepcionales (grúa fuera de servicio). Los coeficientes de seguridad son de 1,33 para el Caso II y de 1,1 para el Caso III. Siempre referidos a la resistencia de fluencia (cálculo estructural a deformación). Para los cálculos de los elementos mecánicos se utilizan otros coeficientes y se refieren a la resistencia a la rotura.

Celda L33: clase de utilización de la grúa, atendiendo al número de ciclos para toda su vida útil. Según norma UNE 58112 [15], o [1], pág. 226. Depende del número de ciclos de H33. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda I36: grupo de clasificación de la grúa completa. [15]. [1], pág. 255. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda L40: clase de utilización del mecanismo. Tabla en función del número de horas, [15] o [1], pág. 244. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda I42: grupo de clasificación del mecanismo de elevación. Tabla [15] o [1] pág. 244. (Se adjunta tabla en tarea sobre grúa torre).

Celda K44: coeficiente de mayoración de cargas, según grupo de clasificación de la grúa.

Coeficiente de mayoración [UNE 58132-2]

Grupo del aparato	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
γ_c	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

Celda H49: coeficiente dinámico, según fórmula. Los valores deben quedar entre 1,15 y 1,6.

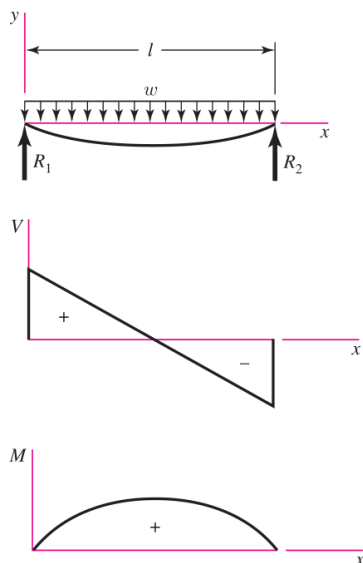
Celda H51: tensión admisible o de trabajo. El punto más crítico en la viga no debe superar dicho valor, que incluye el coeficiente de seguridad de 2,2 antedicho.

Celda I64: peso propio de la viga, en kN. Es el volumen por la densidad del acero.

Celda I65: reacciones en los apoyos laterales de la viga, debidas al peso propio. Cada uno es la mitad del peso propio de la viga.

Celda I66: flector por el peso propio de la viga. Es el caso de una viga simplemente apoyada, sometida a carga uniforme (el peso propio).

Apoyos simples: carga uniforme



$$R_1 = R_2 = \frac{wl}{2} \quad V = \frac{wl}{2} - wx$$

$$M = \frac{wx}{2}(l - x)$$

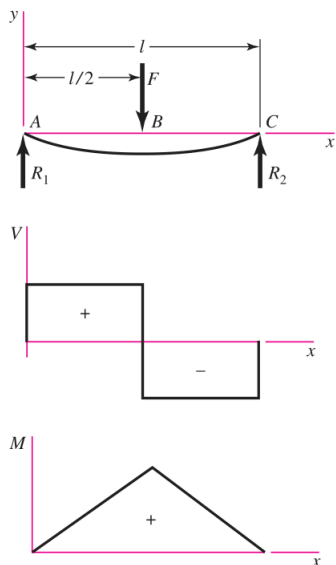
$$y = \frac{wx}{24EI}(2lx^2 - x^3 - l^3)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{5wl^4}{384EI}$$

Celda I69: reacciones en los apoyos por el peso del carro. De cara a la flexión de la viga, la situación crítica es con la carga (y el carro) en medio de la viga. Por tanto, cada reacción por el peso del carro es la mitad de dicho peso.

Celda I70: flector por el peso del carro. Es el caso de viga simplemente apoyada, sometida a carga puntual central.

Apoyos simples: carga central



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$

Celda G73: fórmula del flector provocado por la carga útil. Queda en función de la carga útil, que es la incógnita del problema.

Celda F75: fórmula del flector total. Procede del peso propio de la viga, del peso del carro y de la carga a izar. Mayorado por el coeficiente γ_c (celda K44).

Celda D78: flector admisible, obtenido a partir de la tensión admisible de la viga (celda H51) y su módulo resistente (celda E13).

Celda F83: carga útil admisible, atendiendo a que no se sobrepase la tensión admisible del material.

Celdas L87, L88 y L89: deformaciones provocadas por el peso propio, el peso del carro y la carga útil, según ecuaciones de resistencia mostradas en página anterior.

Celda F91: carga útil admisible, atendiendo a que no se sobrepase la deformación admisible de la viga principal.

La carga útil admisible de la grúa será la menor de las obtenidas en F91 y F83.

Celda K97: Esfuerzo cortante máximo. De cara a los cortantes, la situación crítica se da cuando la carga (y el carro) se encuentran en el extremo de la viga principal.

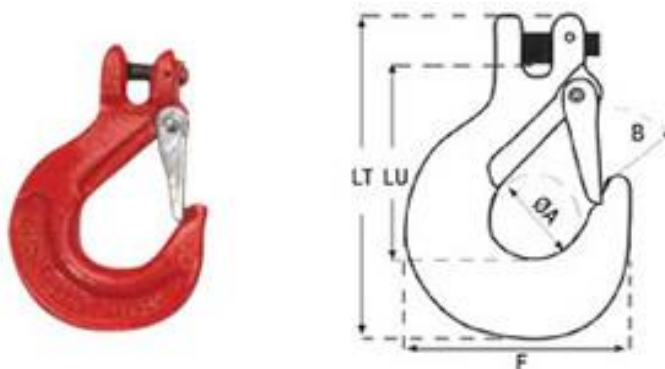
5. PREGUNTAS DE EXAMEN

Este apartado incluye ejercicios de examen clásicos, sean problemas, cuestiones prácticas o teóricas. Todos ellos se han preguntado en la E.T.S. de Ingeniería de Algeciras. No se garantiza la corrección de los resultados indicados como soluciones.

Se han separado en tres temas: componentes comunes, equipamiento y tipos de grúas. Debe tenerse en cuenta que muchas preguntas tocan aspectos de varios temas. Por ejemplo, la clasificación de aparatos y mecanismos pertenece al tercer tema pero se utiliza a menudo en los cálculos de cables o equipamiento.

TEMA1. COMPONENTES COMUNES DE APARATOS DE ELEVACIÓN: ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN. CABLES. POLEAS.

1. Muestre las secciones y puntos críticos del gancho, indicando qué solicitaciones sufre.



(Sol. Punto interior derecho. Tensiones normales por tracción y flexión. Se puede ver [2] pg. 65.)

2. Se busca evaluar la importancia del peso de los elementos de suspensión sobre el peso de la carga útil a elevar, y en el caso de contenedores el peso de estos, ya que NO se puede considerar carga útil.

Carga útil a elevar 12500 kg. La grúa dispone de aparejo para usar cualquier tipo de elemento de suspensión.

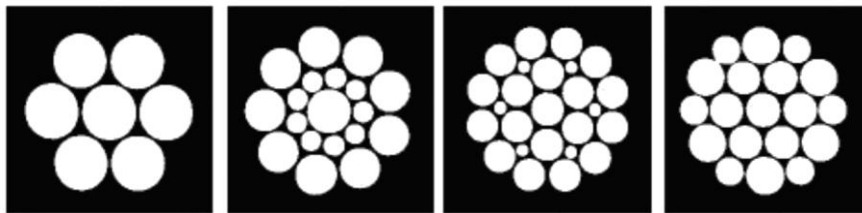
Evalúe la carga total a elevar y la relación del peso de los elementos de suspensión respecto a la carga total en los tres elementos de suspensión más comunes.

(Sol. 1% gancho, 43% cuchara, 20% spreader. Ejercicio basado en [4] pg 11 y ss.)

3. Desarrolle los siguientes apartados sobre cables: generalidades, estructura transversal de los cordones, estructura transversal de los cables y sistemas de trenzado.

(Se puede ver [1] pg. 167-175, [3] pg. 89-93 o [9] pg.3)

4. La figura muestra cuatro estructuras usuales de cordones de cables metálicos. Nómbrelas, indique sus características y que ventajas e inconvenientes presentan comparativamente.



(Se puede ver [1] pg. 169-172, [3] tabla B2.1 pg 99)

5. ¿Cuál es el efecto del tamaño de las poleas en los esfuerzos de abrasión y encurvación (flexión) de un cable? Justifíquelo.

(Sol. Para encurvación ver [1] pg. 178 $\sigma_{cable_f} = 0,8 E_a (d_h/D)$ o [3] pg 101, Ec. B2.10. Para abrasión ver [3], punto B2.14.2)

6. Un puente grúa debe elevar carga útil de 12000 kg. Diámetro poleas 1000 mm. Cable resiste 180 kg/mm² Vida útil 25000 horas. Frecuencia aproximada igual en cargas pequeñas, medianas y máximas. Se pide dimensionar el cable y calcular la vida del cable.

(Sol. Ver [4] ejercicio B2.1. $d = 30 \text{ mm}$, caso de dos ramales. Vida, 690 mil flexiones de cable, no confundir con ciclos de carga).

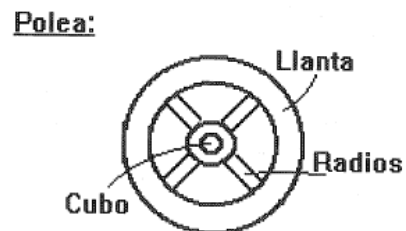
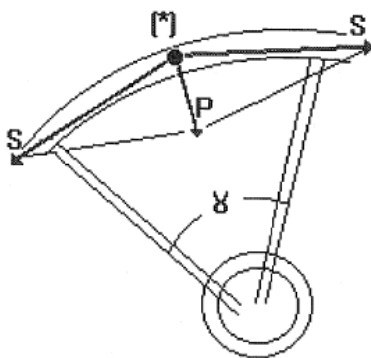
7. Un vehículo grúa tiene que elevar una carga total de 12500 kg (carga útil + elemento de suspensión). El elemento de suspensión es un gancho, y el aparejo es una única polea, dos ramales de 38 mm antigiratorio. Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y grandes y se le estima una duración de 6300 horas. Coeficiente seguridad 2 y Acero A-42 (equivalente S-255).

Se pide dimensionar la polea:

1. Diámetro polea
2. Espesor llanta
3. Espesor radios

(Sol. Ver [4] ejercicio B3.1. $D = 1000 \text{ mm}$, $e = 8 \text{ mm}$ cumple, sección radios 12×50 cumple)

8. Para la polea del ejercicio anterior. Se pide optimizar diseño variando el nº radios y las dimensiones de los radios.



(Ver [4] ejercicio B3.2. No da ninguna solución mejor)

9. Calcular si un cable de acero 6x37 de alma de fibra cruzado de diámetro 13 mm y longitud 30 m se podría instalar en una grúa de carga 30 t. Velocidad de elevación de 2 m/s, a alcanzar en 2 s. El cable atraviesa un polipasto de 5 poleas de diámetro 1 m y garganta en V a 45°.

Datos: Cable de acero al manganeso. Diámetro alambre de 0,7 mm. Resistencia a rotura de 220 kg/mm². Despreciar el peso propio del cable. Estimar el valor de carga de límite elástico en 80% de la resistencia del cable. Coeficiente de seguridad del cable de 2.

(Basado en [1] prob. 5.1. Sol. Cumple, si bien el coeficiente de seguridad prescrito es muy bajo)

Calcular la altura máxima desde la que podría caer la carga sin que el cable llegue a romperse.

(Ver [1] prob. 5.2. Sol. 4,4 m)

Determinar el número de ciclos que aguanta el cable sabiendo que al pasar por el polipasto está sometido a flexiones en sentido contrario.

(Ver [1] prob. 5.3. Sol. 328 mil flexiones de cable)

10. Calcular el alargamiento de un cable 6x19, alma textil, diámetro 23 mm y 150 m de longitud, que tiene que elevar cargas de 10 t en condiciones de carga normales y que experimenta un incremento de temperatura de 25°.

(Ver [1] prob. 5.4. Sol. 1,52 m)

TEMA 2. EQUIPAMIENTO DE GRÚAS: APAREJOS Y TAMBORES. CARRILES Y RUEDAS. MOTORES Y TRANSMISIÓN.

11. Dibuje un boceto de un tambor de diámetro de paso 800 mm, donde debe enrollarse un cable de 32 mm, longitud 500 m y cogido al tambor por dos puntas. Número de espiras y longitud del tambor. Sabiendo que está apoyado en sus extremos, indique el tipo de esfuerzos mecánicos que sufrirá el tambor.

(Sol. 199 espiras activas + 2 a 4 inactivas. Longitud: 7,3 m. Torsión, flexión, compresión.)

12. Se plantea rediseñar el cabestrante de la figura aumentando el diámetro del tambor. Sin realizar ningún otro cambio. ¿Cómo afecta esto a los demás elementos, velocidades, esfuerzos y capacidad de tiro?



(Sol. El motor es el mismo. Intenta dar el mismo par a la misma veloc. ang. → Disminuye la capacidad de tiro y los esfuerzos mecánicos.)

13. Dibuje aproximadamente cómo son los perfiles Burbach y Vignole de raíles de acero, indicando las ventajas e inconvenientes comparativos entre ambos.

(Ver [3] pg. 170-171. Burbach para grandes cargas. Vignole para grandes velocidades y carriles con posibilidad de obstáculos – ej. Ferrocarriles)

14. Un puente grúa debe elevar 6 t de carga útil y tiene un peso propio de 4 t. Peso del carro más elemento de suspensión de 1 t. Calcule el carril de rodadura del puente grúa si la distancia entre postes de apoyo del carril es de 2,5 m. Suponga viga biapoyada y perfil Burbach.

15. Una grúa portacontenedores va sobre carretones de ruedas, de forma que la carga por rueda es de 12 t. Calcule el carril sobre la cimentación de hormigón. Suponga perfil Burbach A-100.

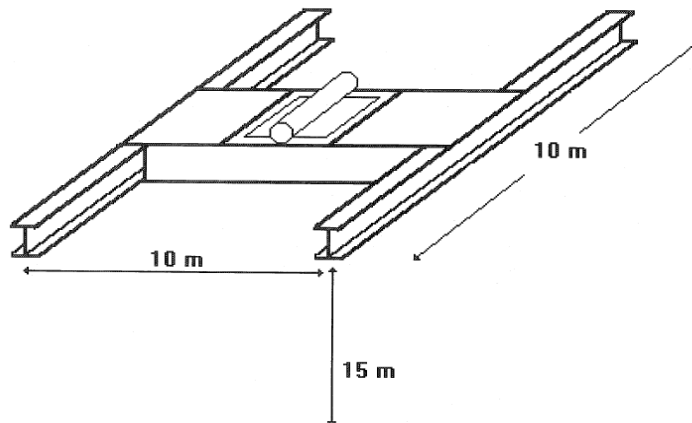
(Ver [4] ejerc. B6.2. Sol. A-100 cumple)

16. Calcule los carriles del puente grúa de la figura que levanta 5 t. El cable tiene una resistencia de 1800 MPa. El aparato carga con una frecuencia aprox. igual de cargas pequeñas, medianas y máximas. Duración estimada del mecanismo 12.500 h.

Suponer: peso del puente de 1 t, peso del carro despreciable, 1 ramal, carga centrada en el tambor, 4 ruedas en el puente, resistencia de 160 MPa para el tambor.

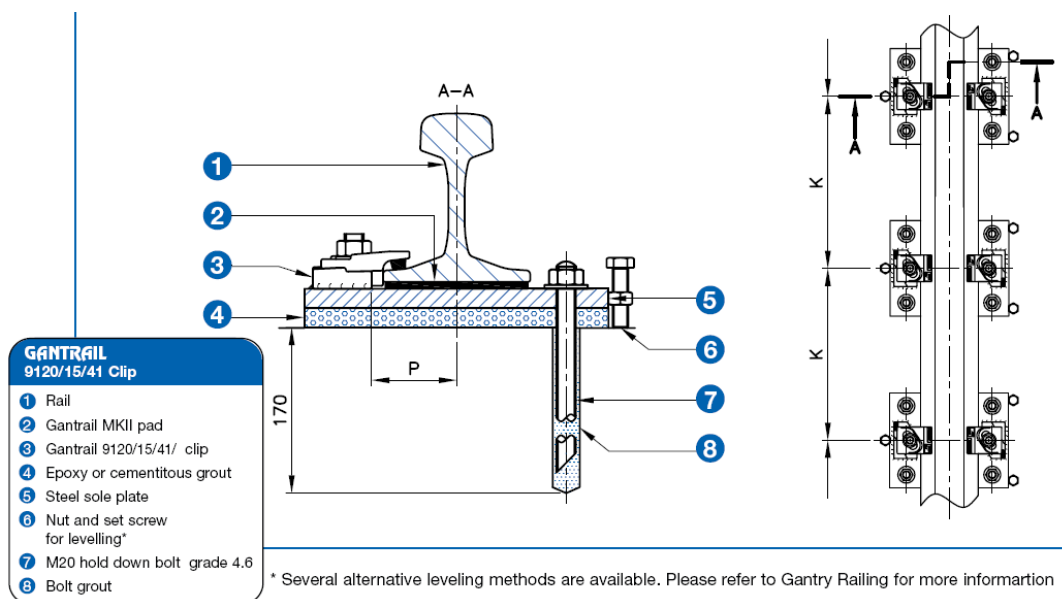
El dibujo no está a escala.

¿Cuál es la carga por rueda? ¿Se puede utilizar un perfil tipo Burbach 120?



(Ver [4] ejercicio B6.3. Sol. 2800 kg. A120 no cumple)

17. Explique lo que se muestra en la imagen. Los distintos elementos, y los motivos de su disposición y forma. ¿Qué ventajas e inconvenientes suponen este tipo de raíles?

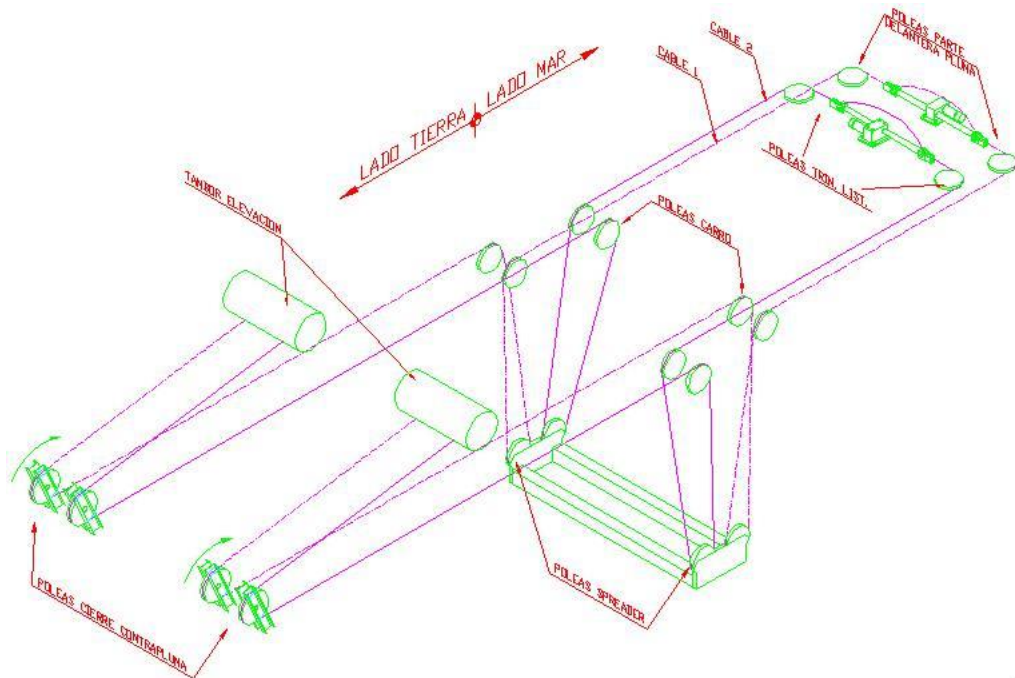


([10].
Raíl
Vignole
con
fijaciones
que
permiten

deslizamiento longitudinal.)

18. El aparejo de elevación de la figura corresponde a una grúa portuaria STS. Es clase M8 y los cables son antigiratorios de 28 mm de diámetro.

Calcule los diámetros mínimos que deben tener los tambores, poleas y poleas fijas.

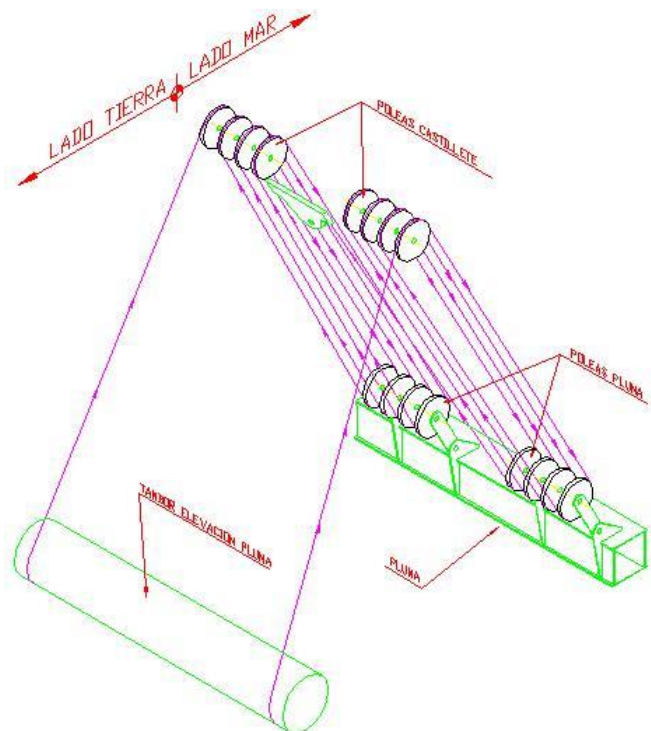


(Ver [3] pg. 131-133. Sol. 980, 1100 y 700 mm)

19. El aparejo de la figura sirve para levantar la pluma de una grúa portuaria STS.

Es clase M3 y los cables son normales, de 35 mm de diámetro.

Calcule los diámetros mínimos que deben tener el tambor y las poleas.



(Ver [3] pg. 131-133)

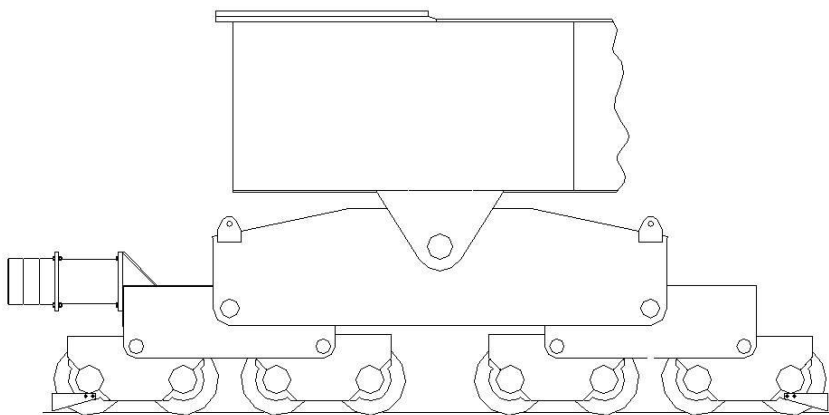
20. La pata de una grúa STS de muelle debe aguantar una carga máxima de 600 ton. El sistema de carretones y ruedas se muestra en la figura. Una rueda por cada carretón está motorizada.

La máquina es de categoría A8, el mecanismo de traslación es clase M4.

La velocidad de traslación, en operaciones normales, debe ser de 1,6 m/s

Se pide:

- Seleccione el tipo y material del raíl a utilizar.
- Cálculo del tamaño y material de las ruedas, según DIN 15.070.
- Potencia que deben tener los motores de traslación.



(Sol. Riel Burbach, ver [3] apart. B7.2 o [13] pag. 2 y 3. Para la potencia puede usar [1], pag. 239, aunque la fórmula esta anticuada)

21. La figura muestra el aparejo de elevación de una grúa de patio para contenedores, RTG. Al tambor llegan cuatro puntas, según se muestra. Las grapas son puntos fijos, anclados a la estructura de la grúa. Los ejes de todas las poleas van montados con rodamientos.

Otros datos:

Peso máx. del contenedor cargado 40 toneladas Peso del spreader 10 t

Altura de elevación 10 m

Velocidad de elevación 2 m/s Rendimientos varios 90%

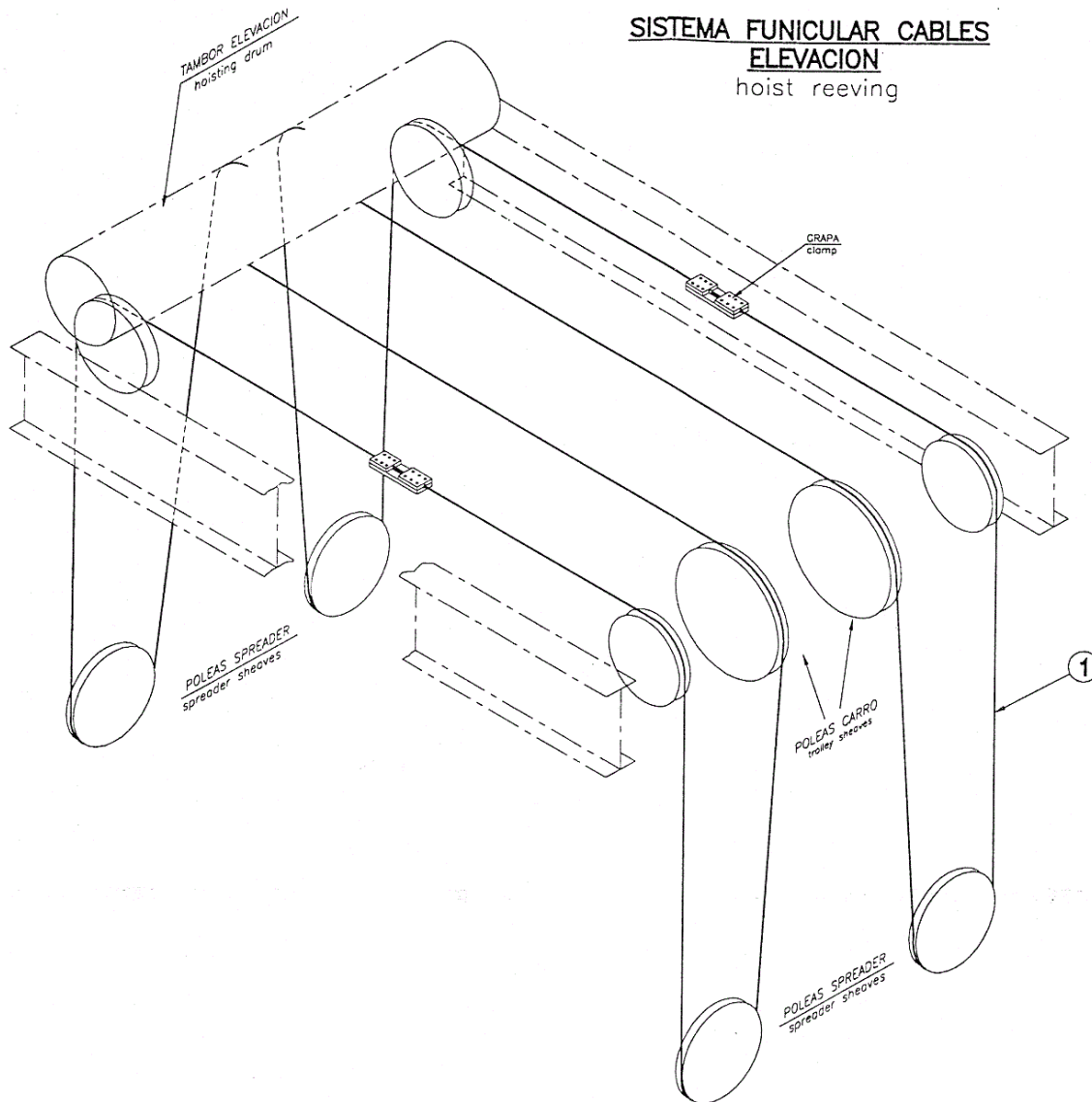
Distancia longitudinal entre poleas del spreader 6 m

Distancia transversal entre ejes de poleas del spreader 1,4 m

Tensión adm. para el tambor 160 MPa Aparato clase A6 Mecanismo clase M5

Indique, en función del diámetro del tambor, la velocidad de giro del tambor y la velocidad de las distintas secciones de los cables. Indique también la potencia de accionamiento.

Seleccione un tipo y diámetro de cable adecuado. Calcule los correspondientes diámetros de las poleas y del tambor. La longitud del tambor no debe superar los 4 m. Calcule el espesor del tambor y los esfuerzos a los que estará sometido.



TEMA 3. TIPOS DE GRÚAS.

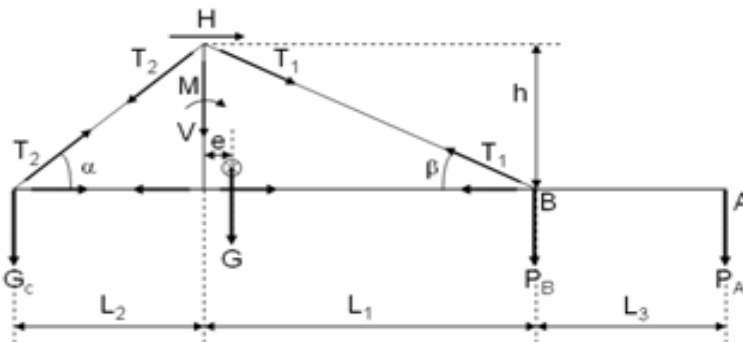
22. ¿Qué significa el coeficiente de espectro de cargas? Calcule el valor que tendrá para una máquina que hace el 50% de sus movimientos en vacío, el 49% a media carga y el 1% a plena carga.

(Sol. $K_p = 0,07125$, ver [1], pag. 226)

23. ¿Qué significa el coeficiente de espectro de cargas? Calcule el valor que tendrá para una máquina que hace el 50% de sus movimientos en vacío, el 40% a media carga y el 10% a plena carga.

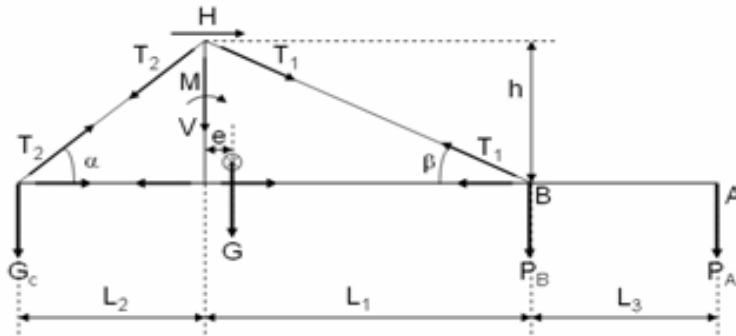
(Sol. $K_p = 0,150$, ver [1], pag. 226)

24. La figura muestra el esquema de la parte superior de una grúa torre. Indique, para carga en el punto A, cuál sería el punto crítico de la pluma y como calcularía las tensiones sufridas. ¿Cómo sería la deformada de la pluma?



(Sol. Sección justo a la derecha del punto B. Sufre flexión. Visto en [1] y [3] pero con errores en el tratamiento de los cortantes.)

25. La figura muestra el esquema de la parte superior de una grúa torre. Indique, para carga en B, cuál sería el punto crítico de la pluma y como calcularía las tensiones sufridas. Expresé matemáticamente la máxima fuerza sufrida por el tirante delantero.



(Sol. Comprobación a pandeo. $T_1 = P_B / \sin \beta$, aparte coeficiente dinámico y coeficiente de mayoración de cargas)

26. La siguiente expresión calcula la sollicitación total a tener en cuenta en el Caso I del cálculo estructural de grúas. ¿Qué significa cada término? Ilústrela con algún boceto de ejemplo. ¿A qué se refiere lo de "Caso I"?

$$\gamma_c (S_G + \psi S_L + S_H)$$

(Sol. Coeficiente de mayoración de cargas según clase del aparato, peso propio, coeficiente dinámico, carga de servicio, fuerzas horizontales. Caso I: servicio normal sin viento. Ver [1] pg 225).

27. Clasificación de las grúas móviles, atendiendo al tipo de elemento de rodadura.

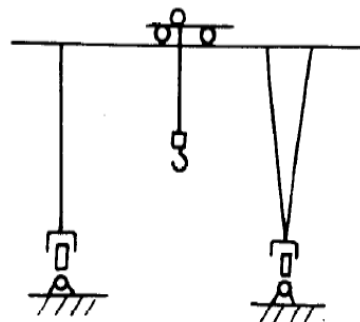
(Sol. Ruedas de acero, de goma, neumáticas. Orugas. Mixtas. Ver [1] pag. 206 o [14])

28. Dibuje el boceto, indicando las partes y dimensiones principales, de una grúa de columna giratoria con carro tirado por cables y gancho como elemento de elevación. Estime unas velocidades de giro, traslación y elevación adecuadas, si se deben manejar 200 cargas al día (jornada de 12 horas), con un alcance máximo de 8 m, mínimo de 2 y elevación máxima de 12 m.

(Sol. Grúa torre)

29. Indique los movimientos principales de esta grúa.

(Sol. Elevación carga, traslación carro, traslación pórtico)



30. Dibuje los bocetos o esquemas simbólicos de una grúa semipórtico orientable, una grúa de consola (o grúa de pared) y una grúa de columna.

(Ver [1], pag. 205-207)

31. Dibuje los bocetos o esquemas simbólicos de una grúa pórtico orientable, una grúa de columna y una grúa móvil sobre ruedas con pluma telescópica.

(Ver [1], pag. 205-207)

32. Dimensione el puente grúa de la figura. El cable tiene una resistencia de 180 kg/mm². El aparato trabaja con cargas pequeñas, medianas y puntualmente máximas. Se le estima una duración de 15 años, a 8 horas diarias de funcionamiento.

Otros datos:

Carga útil 20 t Peso del carro 3 t

Peso de la viga principal 9 t

Luz 14 m Velocidad traslación 3 m/s

Velocidad elevación 1,0 m/s

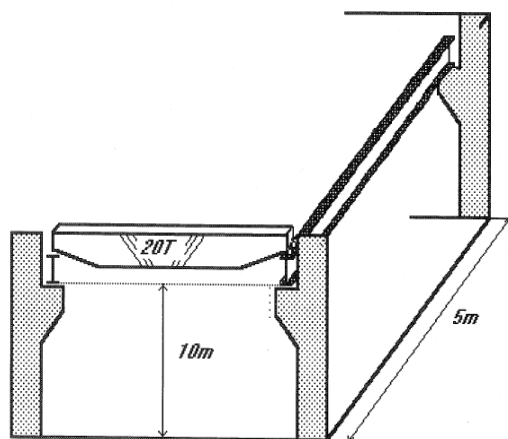
Altura elevación 10 m

Rendimientos varios 90%

Tensión admis. para el tambor 100 MPa

Distancia entre columnas 5 m

Tensión admisible para la viga principal 180 MPa



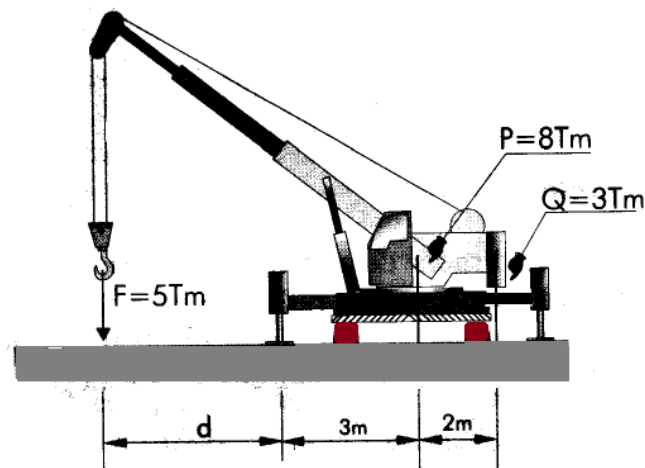
Deberá seleccionar el gancho, el diámetro del cable, dibujar un boceto del aparejo seleccionado, diámetro, espesor y longitud del tambor, potencia del motor de elevación, potencia del motor de traslación, calcular los carriles y las dimensiones básicas de la viga principal (supuesta viga cajón).

(Basado en [4] ejercicio B10.1)

33. La grúa tiene un peso propio de 8 t, con CdG en el eje de la torreta, más 3 t de contrapeso a 2 m.

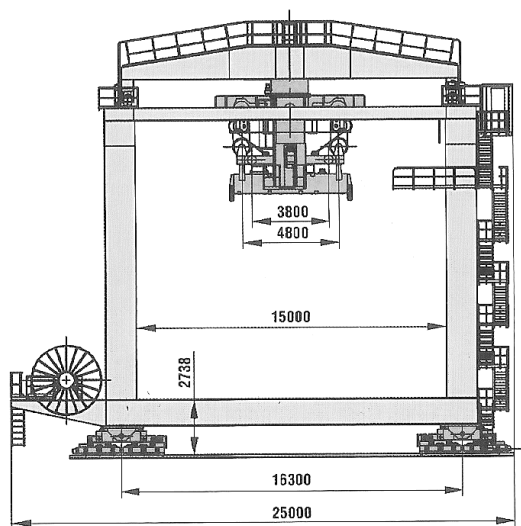
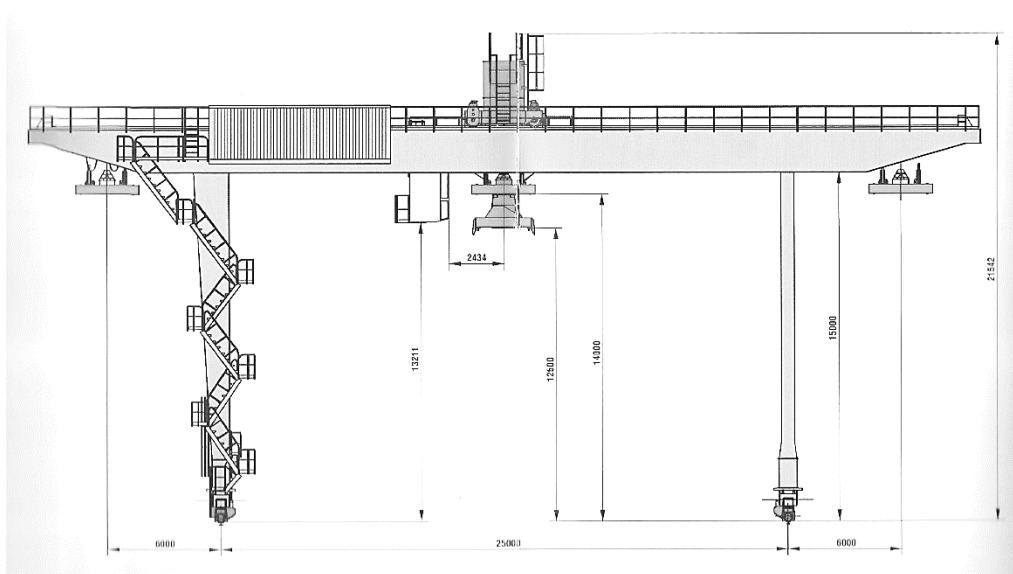
Se pide:

- Tipo de aparato de elevación, según normativa.
- Alcance máximo para la carga de 5 t.
- Fuerza máxima que deben soportar los estabilizadores.
- Carga máxima que puede levantar la grúa a 4 metros del eje de la torreta.
- Tensión máxima que sufre el cable. El gancho va sobre un motón de dos poleas.
- Dibuje un boceto del aparejo, donde se aprecien las poleas del sistema.
- Clasificación FEM del aparato y del mecanismo de elevación. Vida útil prevista: 20 años, a 8 horas de servicio diarias y un izado cada 3 minutos. Carga medias y ligeras normalmente.
- Estime la longitud del cable y dimensione el tambor. Enrollamiento simple.
- Calcule los esfuerzos sobre la pluma telescópica. Dimensionéla aproximadamente. Sección rectangular hueca.



(Sol. 6,78 m. Por estabilidad, con coef. din. 1,15; la carga máx. en estabilizadores, la tensión del cable y los esfuerzos no corresponden a 5 t. La grúa puede levantar mucho más.)

34. Las figuras muestran los datos de catálogo de una grúa sobre raíles.



TECHNICAL SPECIFICATIONS:

Load lifting capacity*	43	Spreader turning angle	270°
Under the spreader (t)	50	Crane operation speeds	
Under the pulley frame		Maximum spreader rotation frequency (rpm)	1
Crane gauge (m)**	25	Maximum load lifting/lowering speed (m/min)	25
Crane wheelbase (m)	16,3	Trolley traveling speed (m/min)	80
Trolley gauge (m)	15,6	Crane traveling speed (m/min)	70
Trolley wheelbase (m)	2,52	Crane operation mode category as per ISO 4301/1 during transshipment of:	
Distance between gantry legs in the load passage zone (m)	15,5	Containers, gross weight 30.5 t	A8
Right and left consoles reach (m)***	6	Containers, gross weight 43 t	A5
Maximum load per wheel (t)	22,5	Breakbulk cargo, gross weight up to 50 t	A5

* possibility of increase up to 50 t ** possibility of increase up to 52 m
*** possibility of increase up to 16 m

Ilustración 1. Datos técnicos cálculo raíles

Se pide:

Indicar el tipo de grúa de que se trata. Capacidad de carga que debe tener el spreader. Peso propio máximo que puede tener el spreader. Fuerza que debe resistir cada twistlock si deben bastar dos twistlocks para aguantar la carga máxima. Tamaño de la pila que puede alimentar la máquina (nº de contenedores en paralelo y en altura, supuestos estándar).

Conociendo la clasificación de la grúa, con un servicio en funcionamiento continuo, 22 h/día, 6 días/semana, 40 semanas/año, calcule la vida en años prevista para contenedores de peso máximo 30,5 t. Para ese caso, clasifique los mecanismos de elevación, traslación del pórtico y del carro de la grúa. Indique también el tiempo previsto para cada ciclo y el número de movimientos por hora.

Calcule el flector máximo que deben aguantar las vigas principales. Calcule la carga máxima que deben soportar las patas.

Calcule la potencia del motor de elevación y del motor de traslación del carro.

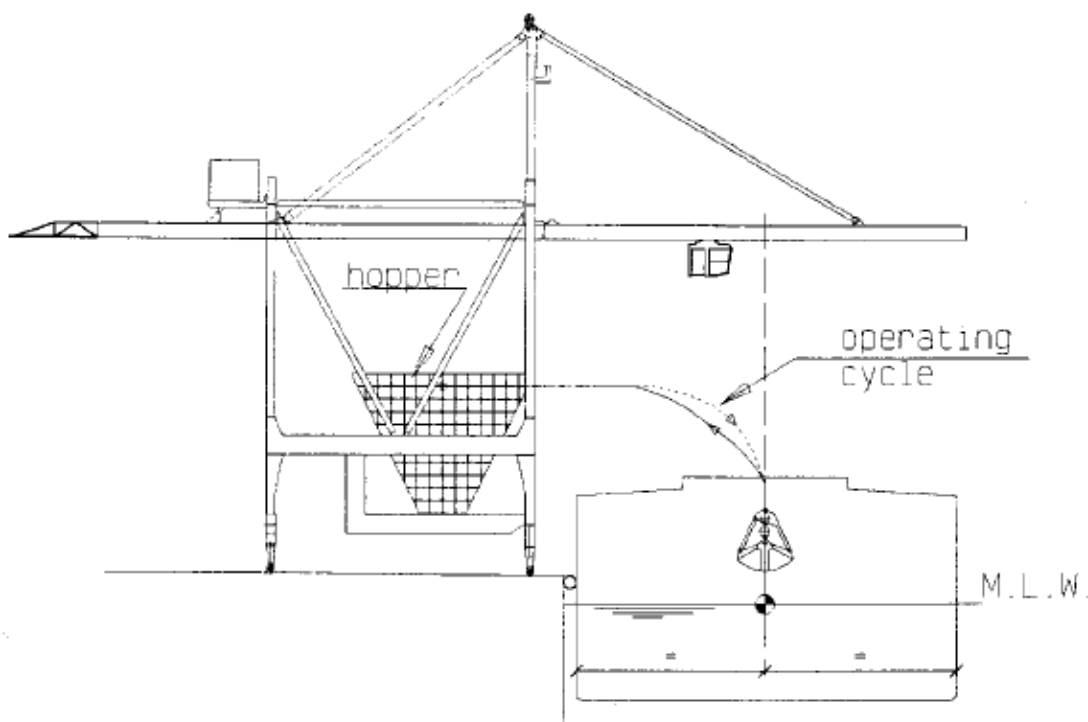
Calcule el mínimo diámetro normalizado admisible que deben tener las ruedas del pórtico y las del carro, suponiendo que están hechas con el material más resistente (según DIN 15070)

Estime cuantos valores, pesos y rendimientos necesite, salvo que estén indicados en la información adjunta.

(Grúa de catálogo Rikon [11])

35. La grúa de muelle de la figura debe descargar cereales a razón de 30 ciclos por hora. La cuchara tiene 3 m³ de capacidad. El alcance máximo del carro es de 40 m. La distancia entre patas es de 24 m. El eje de la tolva se encuentra a 8 m tras las patas delanteras. La amplitud de la elevación máxima es 36 m y el valor medio se estima en 28 m. La profundidad de descenso máxima es de 12 m. El borde de la tolva está a 10 m de altura sobre el muelle.

La máquina debe trabajar durante 15 años, a 8 horas diarias.



Se pide:

- Clasificación de la grúa, del mecanismo de elevación y de traslación del carro.
- Momento de vuelco máximo.
- Velocidades de traslación del carro y de elevación para conseguir el número de ciclos por hora indicado. Estime en diez segundos el tiempo necesario para abrir o cerrar la cuchara. La posición normal de carga es en la mitad del alcance máximo.
- Indique como trabajan los tres miembros estructurales que van al castillete de la grúa.
- Dibuje las deformadas de la pluma cuando el carro está en la posición mostrada y cuando se encuentra en la punta de la pluma.

36. La grúa de muelle de la figura se proyecta para cargar carbón a granel mediante una cuchara de cuatro cables (DIN 69201). Debe cargar barcos carboneros de hasta 36 metros de manga (anchura) a un ritmo mínimo de 4.000 ton/día con funcionamiento continuo y una tasa de 20 movimientos/hora.

La grúa debe tener una profundidad de descenso de 15 m y una altura de elevación de 32 m. La carga de la cuchara se realiza entre patas.

Se calcula para una vida de 20 años, en funcionamiento continuo, 24 h/día, 6 días/semana, 50 semanas/año.

El cable de elevación será de resistencia de 1800 MPa. El tambor se hará con acero de tensión admisible de trabajo 240 MPa. Las ruedas se harán con el material más resistente (según DIN 15070), tanto las del carro como las del pórtico.

Otros datos:

Long. contrapluma, tras patas traseras:

Distancia entre raíles pórtico: 32 m.

Rendimiento Transm. elevación: 90%

Carro estándar.

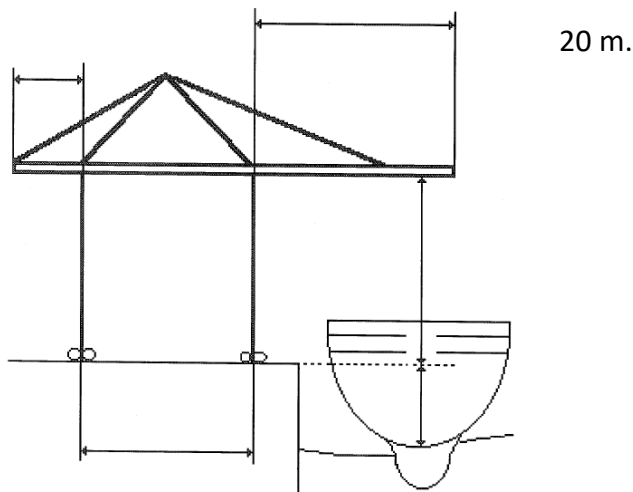
Peso (sin cuchara): 2 ton

Raíles carro tipo A-100

Peso de la grúa:

400 ton Raíles A-120

CdG de la grúa en mitad de raíles.



Densidad aparente del carbón: 1300 kg/m³

Deberá estimar la longitud de la pluma, indicar la amplitud de elevación y la altura mínima necesaria entre la pluma y la solera del muelle.

Justifique numéricamente la capacidad de la cuchara y las velocidades necesarias del carro y la elevación para conseguir la capacidad de carga solicitada.

Clasifique la grúa y sus mecanismos de elevación y traslación.

Seleccione el tipo de cable y calcule su diámetro. Dibuje un boceto del aparejo seleccionado.

Calcule los diámetros mínimos de las poleas. Dimensione el tambor de elevación (longitud, diámetro, espesor de la pared, número de espiras).

Potencia del motor de elevación y del motor de traslación del carro.

Dimensione las ruedas del carro y del pórtico, indicando su número y comprobando que la carga sea admisible.

6. ANEXOS TEÓRICOS

ANEXO I: GRUPO DE CLASIFICACIÓN DE LOS APARATOS DE ELEVACIÓN

- En los cálculos estructurales de la grúa, las normas europeas prescriben un coeficiente de mayoración de carga”.
- El número de ciclos de maniobra. El número de veces que carga la grúa (sea mucho o poco). O “clase de utilización”.

Según el número de ciclos, clasificamos los aparatos desde U_0 hasta U_9 . U_0 para los que trabajan menos de 16 mil ciclos. U_9 para los que trabajan más de 4 millones de ciclos.

El estado de carga se define matemáticamente a partir del “coeficiente de espectro de carga, K_p ”. Un sumatorio que pueden ver en [15], [1] pág. 226 o en la hoja de cálculo de la tarea 2.

$$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \right]$$

A efectos de diseño, no suele conocerse cargas, cuyo valor depende del grupo en que esté clasificada la grúa.

Las normas indicadas, de amplio uso mundial, son las FEM 1001. En España bajo la denominación UNE 58112 (en buena medida, traducción homologada de las FEM 1001), ref. [15].

Los grupos van desde A1 hasta A8. A1 se corresponde con las máquinas que apenas trabajan a máxima carga. Al grupo A8 pertenecen las máquinas que trabajan millones de ciclos a máxima carga.

Vemos que hay dos conceptos distintos:

- La fracción de veces que se trabaja a gran carga, o “estado de

bien cuantas veces se cargará cada valor de carga y no tiene sentido hacer cuentas complejas sobre valores inventados. Así que nos solemos conformar con aproximaciones del tipo: aparato que levanta raramente la carga máxima y normalmente cargas muy pequeñas $\rightarrow K_p = 0,125 \rightarrow$ Estado de carga Q1, “ligero”.

Combinando los valores del estado de carga y la clase de utilización obtenemos una matriz que nos da la clase de utilización del aparato.

--

Documentación:

[1] pág. 225 a 227

[15]

[2] trata el tema en el punto B 9.2.2.3, pero en una versión obsoleta. Mejor ni lo miren.

ANEXO II: GRUPO DE CLASIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS

Cada aparato de elevación presenta unos movimientos determinados:

- Elevación de la carga
- Traslación del aparato (grúas móviles)
- Elevación de la pluma (si la hubiera y fuera móvil)
- Traslación del carro
- Giro de la torre (en grúas giratorias)
- Etc.

Cada uno de esos movimientos lo realiza un mecanismo concreto. Mecanismo de elevación de la carga, mecanismo de traslación del aparato, etc. Cada mecanismo lo clasificamos en grupos, desde M1 hasta M8. M1 se corresponde con los mecanismos que apenas trabajan a máxima carga. Al grupo M8 pertenecen los mecanismos que trabajan decenas de miles de horas a máxima carga.

La clasificación de la grúa no tiene que coincidir necesariamente con la de sus mecanismos. Una grúa A8, para millones de ciclos, puede tener mecanismos que trabajen unos cientos de horas en toda la vida útil de la grúa, y serán por tanto M2 o M3.

La carga de cada mecanismo suele ser distinta. No nos referimos a la carga útil que mueva la grúa, sino a las cargas que tiene que vencer el mecanismo. Al levantar la pluma, por ejemplo, la resistencia es el peso de la pluma. Al trasladar la grúa, la carga es el peso de la grúa; más exactamente, la resistencia a la rodadura de ese peso. Etc.

El grupo de clasificación de un mecanismo atiende a dos conceptos distintos:

- La fracción de tiempo que trabaja a gran carga, o “estado de carga”.
- El número de horas de utilización de ese mecanismo, o “clase de utilización”.

Según el número de horas, clasificamos los mecanismos desde T0 hasta T9. T0 para los que funcionan menos de 200 horas. T9 para los que funcionan más de cien mil horas.

El estado de carga se define matemáticamente a partir del “coeficiente de espectro de carga, K_m ”. Un sumatorio que pueden ver en en [15] o [1] pág. 243.

$$k_m = \sum \left[\frac{t_i}{T_t} \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \right]$$

No confundir con K_p , utilizado para la clasificación del aparato.

A efectos de diseño, si no podemos estimar bien el sumatorio antedicho, nos conformamos con aproximaciones del tipo: mecanismo corrientemente sometido a su carga máxima de servicio $\rightarrow K_m = 1 \rightarrow$ Estado de carga L4, "muy pesado".

Combinando los valores del estado de carga y la clase de utilización obtenemos una matriz que nos da el grupo de clasificación del mecanismo. Los coeficientes de seguridad u otros coeficientes que deben cumplir los mecanismos, dependen de cuál sea el grupo de clasificación.

Este concepto tiene una gran importancia en la práctica, tanto para diseño como para el usuario. Por ejemplo, es bastante más débil un gancho 20 t – M3 que un gancho 20 t – M8.

--

Documentación:

[1], pág. 243 a 245 (con aplicación específica a cables).

[15]

ANEXO III: RENDIMIENTO POLIPASTOS

El rendimiento de los aparejos y polipastos es cuestión básica en el cálculo de las grúas. Debería ser algo sencillo, evidente y fácil de encontrar. Sin embargo, ni es tan sencillo, ni está claro, ni se encuentran con facilidad los rendimientos de los polipastos. Ni siquiera de los más corrientes. Peor aún, es fácil encontrar soluciones erróneas.

Por eso, incluimos un pequeño anexo de los casos más simples de polipastos y cómo calcular aparejos.

Rendimiento de una polea: K_f

Polea montada sobre rodamientos: $K_f = 0,98$

Polea montada sobre buje: $K_f = 0,96$

Estos son valores estadísticos, para reenvíos de 180° y poleas en buen estado, bien engrasadas.

En poleas que desvían el cable 90° , las pérdidas serán aproximadamente la mitad. Por tanto, en el caso de polea sobre rodamientos, se tomaría $K_f = 0,99$.

Rendimiento del polipasto: K_p

Nuestro objetivo es obtener la expresión de K_p en función de los rendimientos de las poleas que forman el polipasto. En los ejemplos siguientes se supone que los ramales son prácticamente verticales y que todas las poleas tienen el mismo rendimiento. Se supone cable inextensible y que los movimientos son uniformes, sin aceleración.

Tenga siempre presente el lector que no dejan de ser casos teóricos. Si es imprescindible tener un valor de gran precisión, lo correcto es realizar ensayos con modelos y medidas reales.

Obtendremos el valor del rendimiento K_p por su definición energética:

$$K_p = \text{Trabajo útil} / \text{trabajo motor}$$

El trabajo útil se ve en el izado de la carga, Q en los diagramas. Siendo L_q la longitud subida por la carga Q , el trabajo útil será siempre:

$$\text{Trabajo útil} = Q \times L_q$$

El trabajo motor, algo mayor, lo realiza la fuerza de tiro, F_1 en los diagramas. Siendo L_f la longitud recorrida por F_1 , el trabajo motor será siempre:

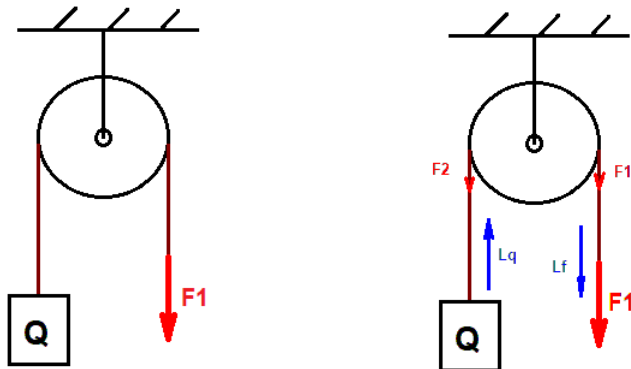
$$\text{Trabajo motor} = F_1 \times L_f$$

Por tanto:

$$K_p = (Q \times L_q) / (F_1 \times L_f) \quad \text{o bien} \quad K_p (F_1 L_f) = Q L_q$$

Primer caso, polea fija:

Es un caso trivial. K_p debe ser igual a K_f .



Es evidente que $L_f = L_q$ (la carga sube lo que baja la fuerza F_1)

La tensión en el segundo ramal es el valor de la carga Q $F_2 = Q$

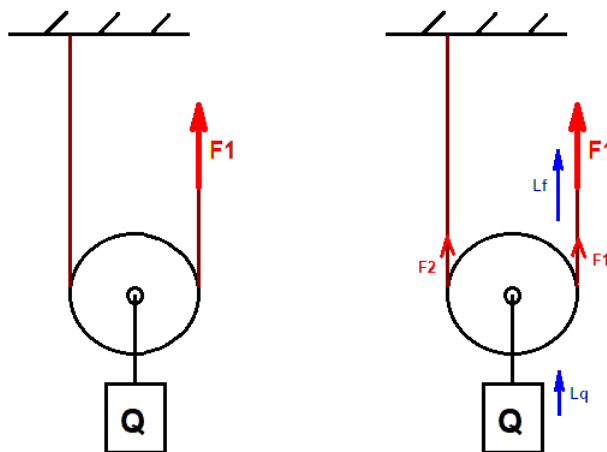
Por rendimiento de la polea: $F_2 = K_f \times F_1 \rightarrow Q = K_f F_1$

Aplicando la ecuación de trabajos:

$$K_p (F_1 L_f) = Q L_q \rightarrow K_p (F_1 L_f) = (K_f F_1) L_f \rightarrow K_p = K_f$$

Segundo caso, polea móvil:

Aunque sólo haya una polea, ya no es un caso trivial. El rendimiento del “polipasto” es mejor que el de la única polea que lo forma.



$L_f = 2 L_q \rightarrow L_q = L_f / 2$ (para subir un metro la carga, hay que recoger dos metros de cable)

Por rendimiento de la polea: $F_2 = K_f \times F_1 \rightarrow Q = K_f F_1$

Por equilibrio de fuerzas en la polea

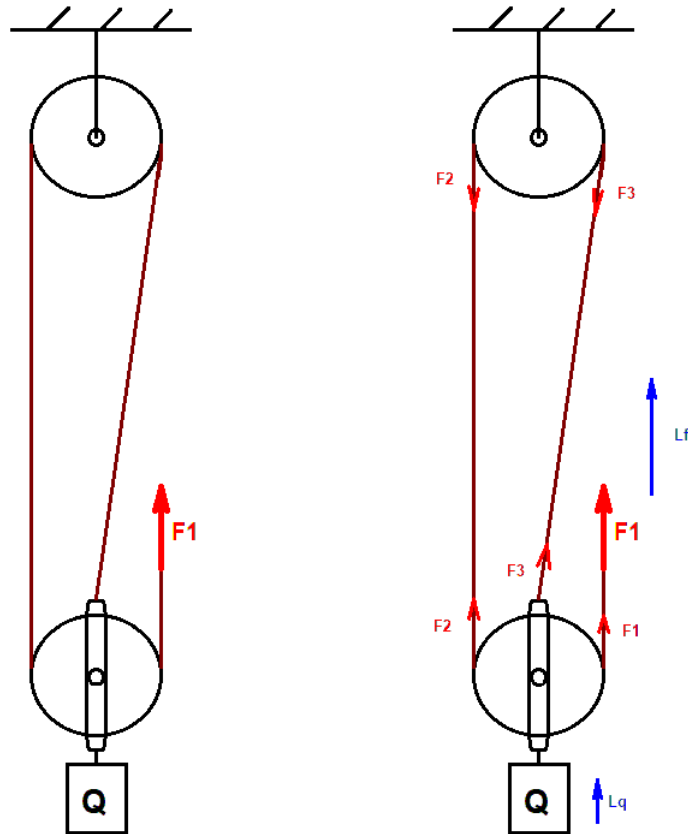
$$Q = F_1 + F_2 \rightarrow Q = F_1 + (K_f F_1) = (1 + K_f) F_1$$

Aplicando la ecuación de trabajos:

$$K_p (F_1 L_f) = Q L_q \rightarrow K_p (F_1 L_f) = [(1 + K_f) F_1] \times (L_f/2) \rightarrow K_p = (1 + K_f) / 2$$

Tercer caso, dos poleas, una fija y otra móvil:

Conforme aumenta el número de ramales que sostienen la carga, vamos multiplicando el efecto de la fuerza de tiro, F_1 , a cambio de desmultiplicar la longitud (y velocidad) de elevación respecto a la de tiro.



$L_f = 3 L_q \rightarrow L_q = L_f / 3$ (para subir un metro la carga, hay que recoger tres metros de cable, uno por cada ramal que sostiene la polea inferior que sube con la carga)

Por rendimiento de la polea inferior: $F_2 = K_f \times F_1$

Por rendimiento de la polea superior: $F_3 = K_f \times F_2 = K_f (K_f F_1) = K_f^2 F_1$

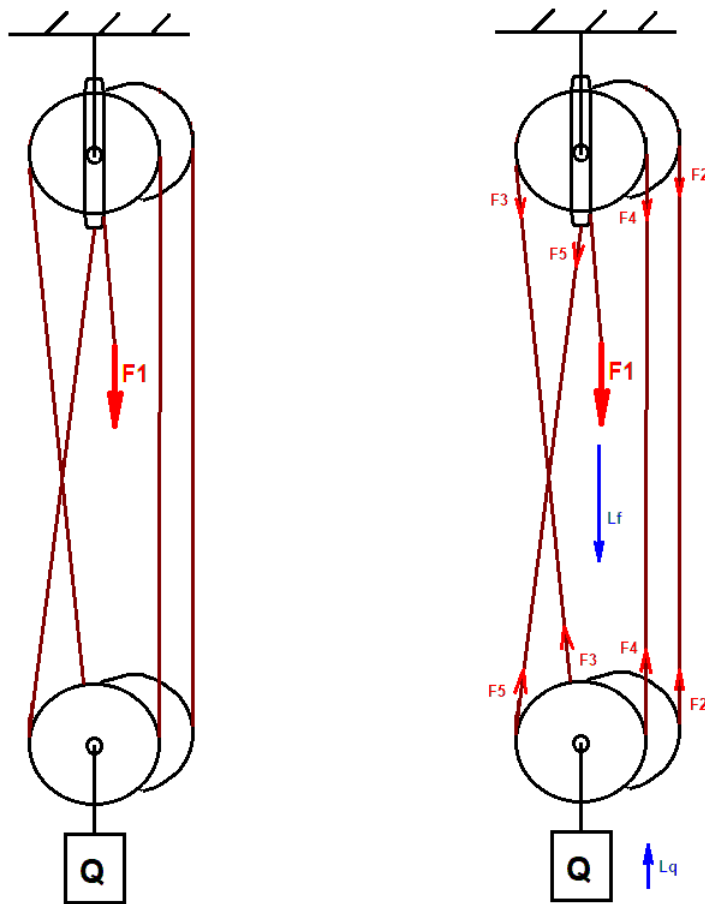
Por equilibrio de fuerzas en la polea

$$Q = F_1 + F_2 + F_3 \quad \rightarrow \quad Q = F_1 + (K_f F_1) + (K_f^2 F_1) = (1 + K_f + K_f^2) F_1$$

Aplicando la ecuación de trabajos:

$$K_p (F_1 L_f) = Q L_q \quad \rightarrow \quad K_p (F_1 L_f) = [(1 + K_f + K_f^2) F_1] \times (L_f/3) \quad \rightarrow \quad K_p = (1 + K_f + K_f^2) / 3$$

Cuarto caso, cuatro poleas, dos fijas y dos móviles, con cuatro ramales sosteniendo la carga.



$L_f = 4 L_q \rightarrow L_q = L_f / 4$ (para subir un metro la carga, hay que recoger cuatro metros de cable, uno por cada ramal que sostienen las poleas móviles que suben con la carga)

Por rendimiento de la polea superior trasera: $F_2 = K_f \times F_1$

Por rendimiento de la polea inferior trasera: $F_3 = K_f \times F_2 = K_f (K_f F_1) = K_f^2 F_1$

Ídem polea superior delantera: $F_4 = K_f \times F_3 = K_f^3 F_1$

Ídem polea inferior delantera: $F_5 = K_f \times F_4 = K_f^4 F_1$

Por equilibrio de fuerzas en el motón de poleas móviles

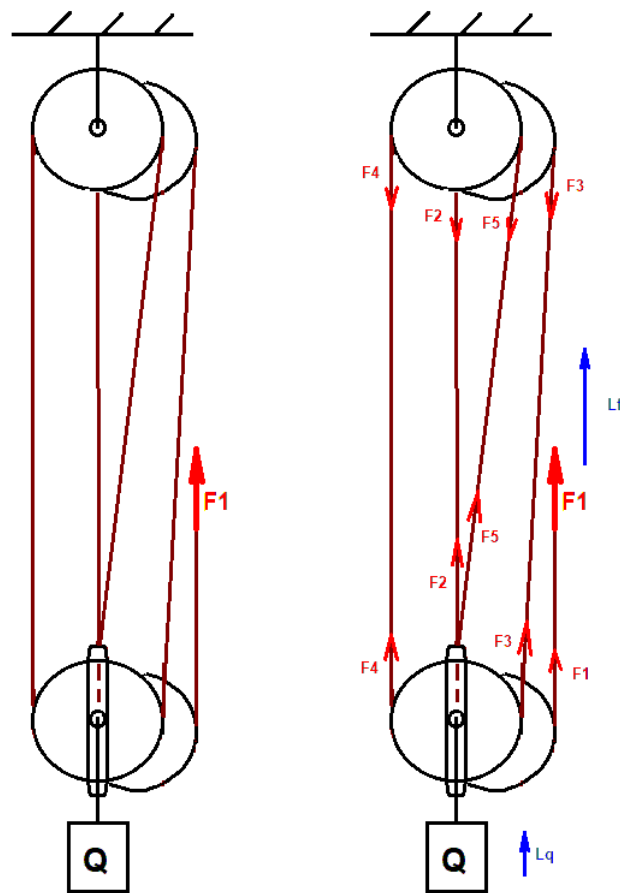
$$Q = F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \rightarrow Q = (K_f F_1) + (K_f^2 F_1) + (K_f^3 F_1) + (K_f^4 F_1) = (K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) F_1$$

Aplicando la ecuación de trabajos:

$$K_p (F_1 L_f) = Q L_q \rightarrow K_p (F_1 L_f) = [(K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) F_1] \times (L_f/4) \rightarrow$$

$$K_p = (K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) / 4$$

Quinto caso, cuatro poleas, dos fijas y dos móviles, con cinco ramales sosteniendo la carga.



$$L_f = 5 L_q \rightarrow L_q = L_f / 5 \text{ (similar razonamiento que en casos anteriores)}$$

Por rendimiento de cada polea se obtiene la relación entre las tensiones de los ramales:

$$F_2 = K_f \times F_1 \quad F_3 = K_f \times F_2 = K_f^2 F_1 \quad F_4 = K_f \times F_3 = K_f^3 F_1 \quad F_5 = K_f \times F_4 = K_f^4 F_1$$

Por equilibrio de fuerzas en el motón de poleas móviles

$$Q = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \rightarrow$$

$$Q = F_1 + (K_f F_1) + (K_f^2 F_1) + (K_f^3 F_1) + (K_f^4 F_1) = (1 + K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) F_1$$

Aplicando la ecuación de trabajos:

$$K_p (F_1 L_f) = Q L_q \rightarrow K_p (F_1 L_f) = [(1 + K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) F_1] \times (L_f/5) \rightarrow$$

$$K_p = (1 + K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) / 5$$

Aplicando soluciones de series matemáticas, podemos expresar este resultado de la siguiente manera:

$$K_p = (1 + K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4) / 5 = [(1 - K_f^5) / (1 - K_f)] / 5$$

Incluso podemos intentar generalizarlo, como viene en [1] y [2]

$$K_p = \frac{1}{N} \cdot \frac{1 - k_f^N}{1 - k_f}$$

Siendo N el número de ramales que sostienen la carga.

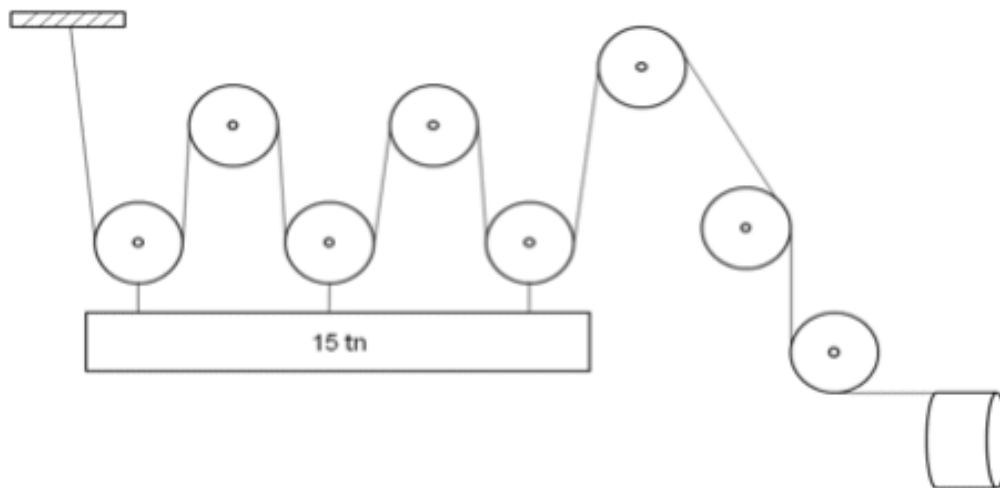
El problema de esta expresión es que se debe distinguir cuando es correcto aplicarla. De los casos mostrados, se aplica al segundo, tercer y quinto caso, pero daría un resultado incorrecto en el primero y el cuarto.

Lamentablemente, es fácil encontrar en la bibliografía sobre aparejos ejemplos con aplicaciones erróneas de esta ecuación.

Ejemplo: dibujo de problema 5.6 [1]

La carga pende de un polipasto con tres poleas móviles y dos fijas (las superiores). En realidad, las tres poleas móviles irán montadas sobre el mismo eje y el plano real tendrá un aspecto bastante diferente de este esquema.

Las otras tres poleas a la derecha son fijas. No hay ninguna polea de compensación, todas giran libres al accionar el tambor.



Datos:

- Polipasto: cojinetes de deslizamiento $K_f = 0,96$
- Poleas independientes: rodamientos $K_{s1} = 0,98$ (para 180°)
 $K_{s2} = 0,99$ (para 90°)
 $K_{s3} = 0,995$ (para 45°)
- Tambor: cojinetes de deslizamiento $K_t = 0,96$

Rendimiento polipasto

$$K_p = (1 + K_f + K_f^2 + K_f^3 + K_f^4 + K_f^5) / 6 = 0,905$$

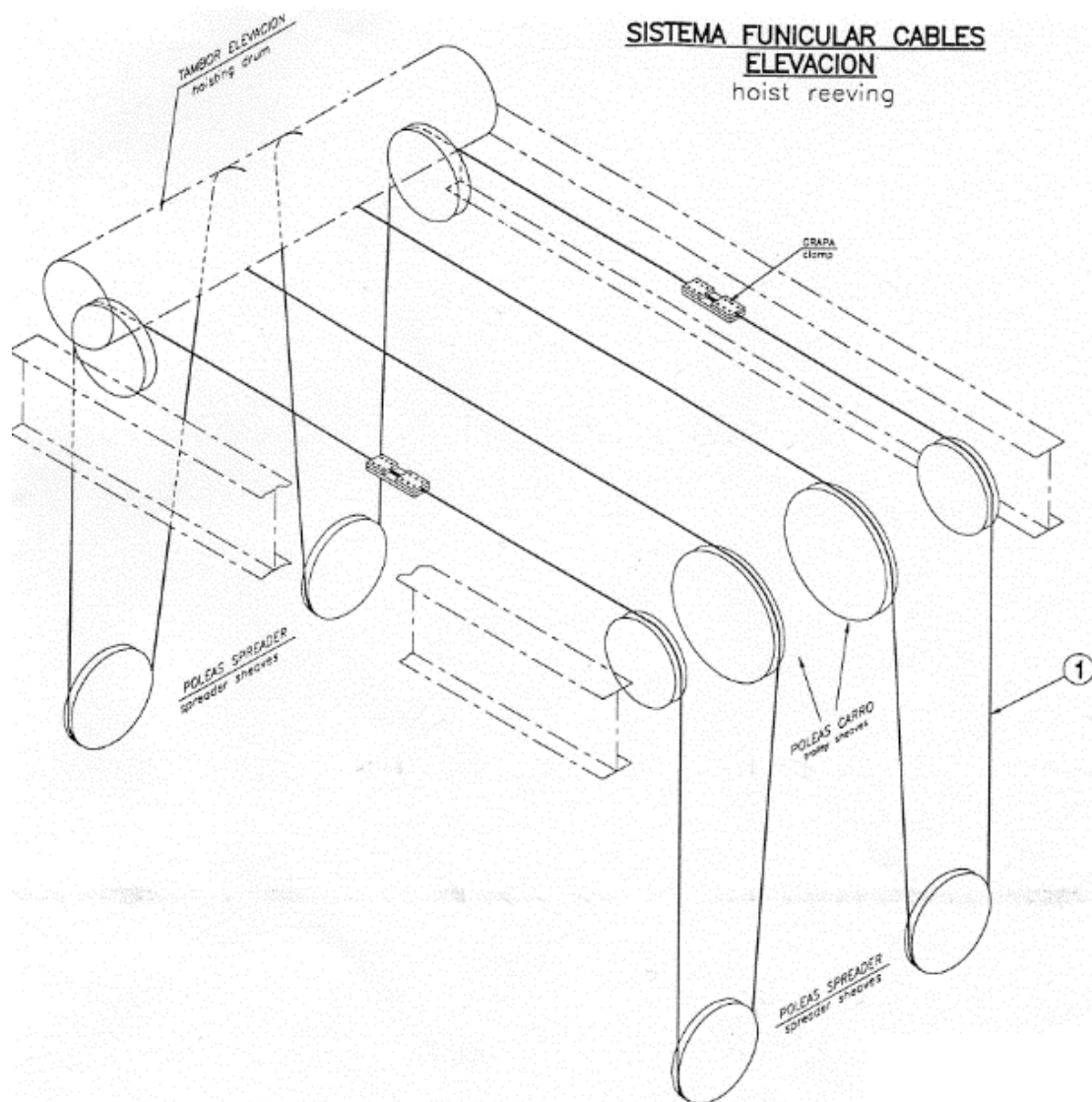
Rendimiento poleas independientes

$$K_s = K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s1} = 0,965$$

Rendimiento aparejo (incluido tambor)

$$K = K_t \times K_s \times K_p = 0,838$$

Ejemplo: aparejo elevación grúa RTG



Datos: $K_t = 0,98$ $K_f = 0,98$ $K_s = 0,99$

Los dos ramales cercanos al tambor se enrollan con un polipasto de una sola p Polea.

Rendimiento polipasto (ver caso 2): $K_p = (1+K_f) / 2 = 0,99$

Valor igual al rendimiento del ramal, $K_a = K_p = 0,99$

Los dos ramales lejanos, además del polipasto, pasan por una polea cada uno.

Rendimiento ramal (sin tambor): $K_b = K_p \times K_s = 0,98$

Como la mitad de la carga la llevan los ramales cercanos y la otra mitad los lejanos, el rendimiento conjunto es $K_c = (K_a + K_b) / 2 = 0,985$

Incluyendo el tambor: $K = K_c \times K_t = 0,965$

Se llega a la misma solución a partir de la definición de rendimiento, trabajo útil y motor.