

Proyecto de fin de carrera.

Simulador de grúa hidráulica para aplicaciones marinas.

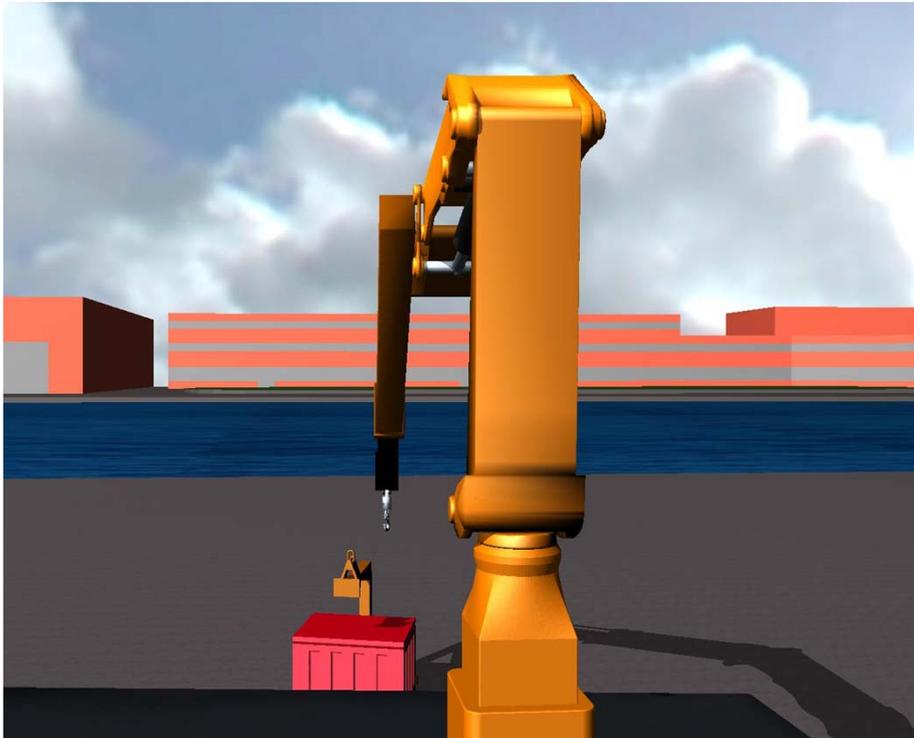


Ingeniería Industrial.

- Autor:
 - Pedro Cobo Beltrán
- Tutor:
 - Daniel Dopico Dopico
- Enero, 2011



Índice



- Grúa real
- Dinámica de sólidos multicuerpo
- Software utilizado
 - MBSLIMf90: Dinámica
 - SDL: Inputs de usuario
 - OSG: Salida gráfica
- Conclusiones
- Simulación

Grúa real

Introducción

Descripción

Grúa real

- Motivación.
 - Propuesta de la empresa *Industrias Guerra*.
- Objetivos.
 - Simulador de grúa basado en cálculo dinámico en tiempo real.
 - Entrenamiento.
 - Diseño.
- Antecedentes.
 - Software de simulación dinámica en tiempo real.

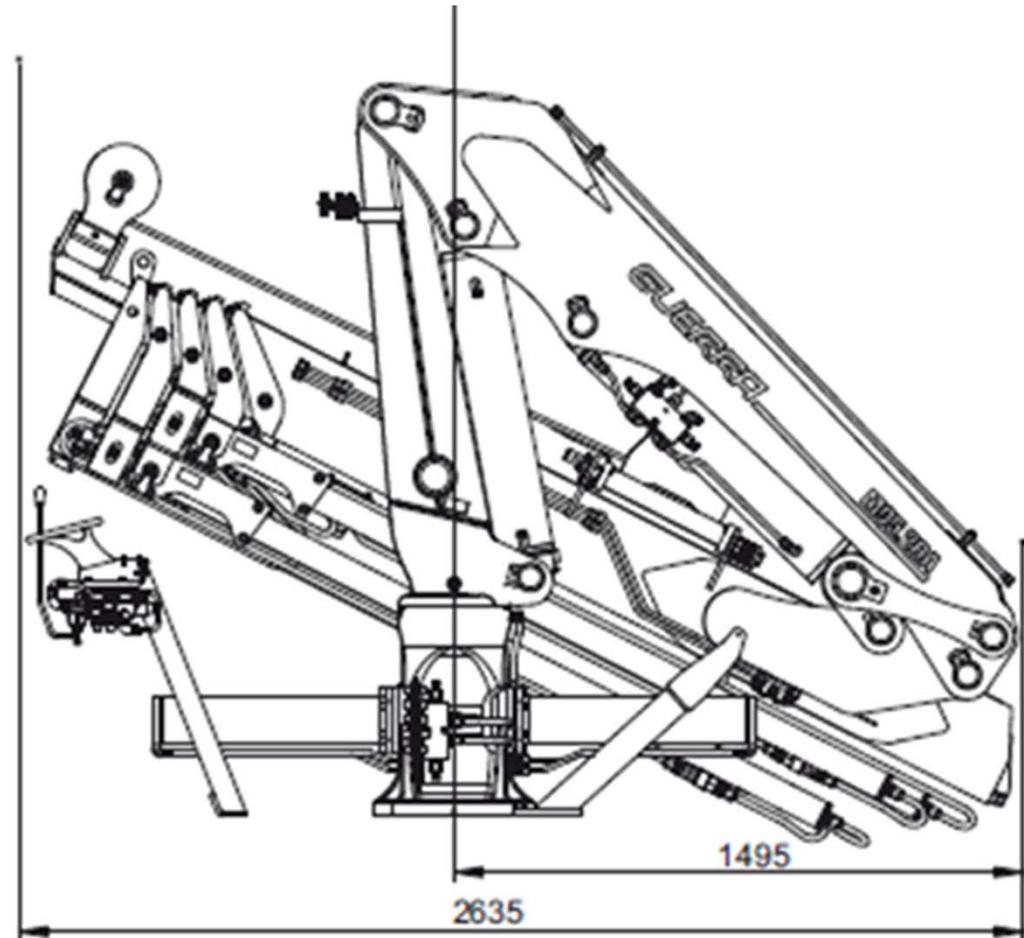
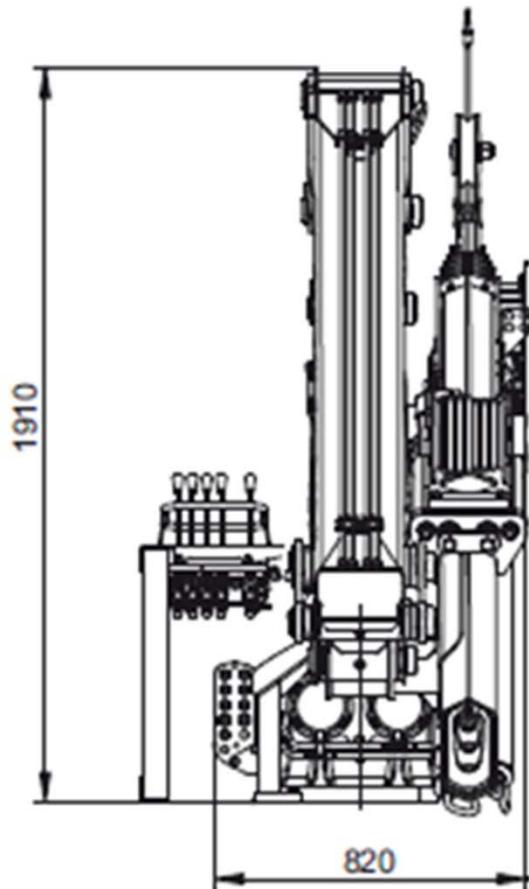
Grúa real



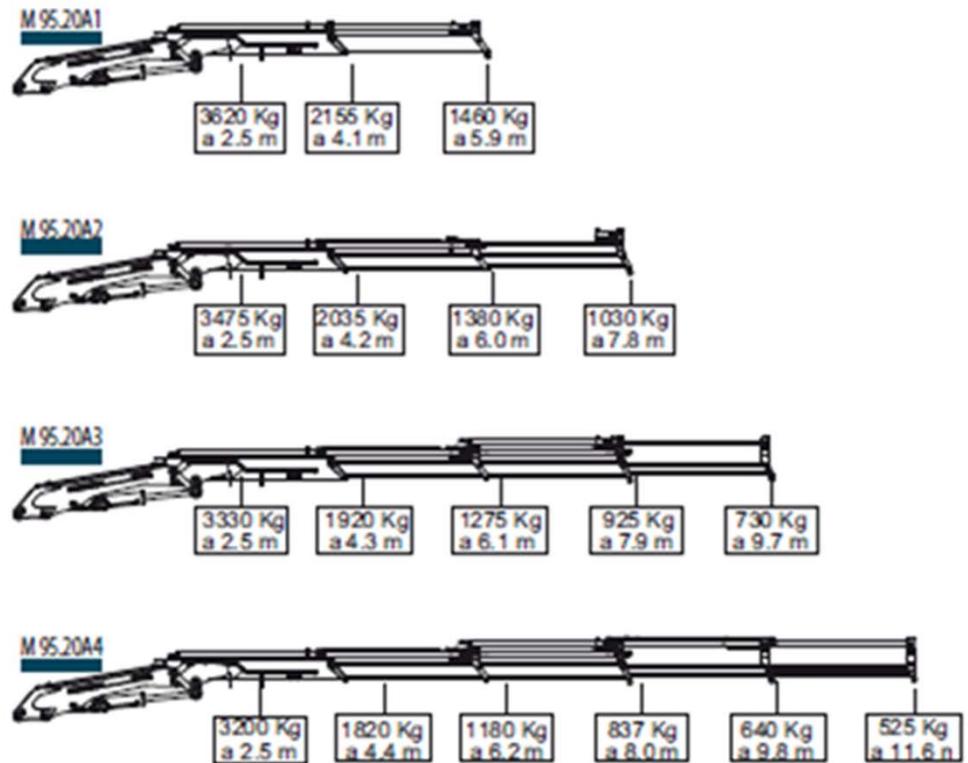
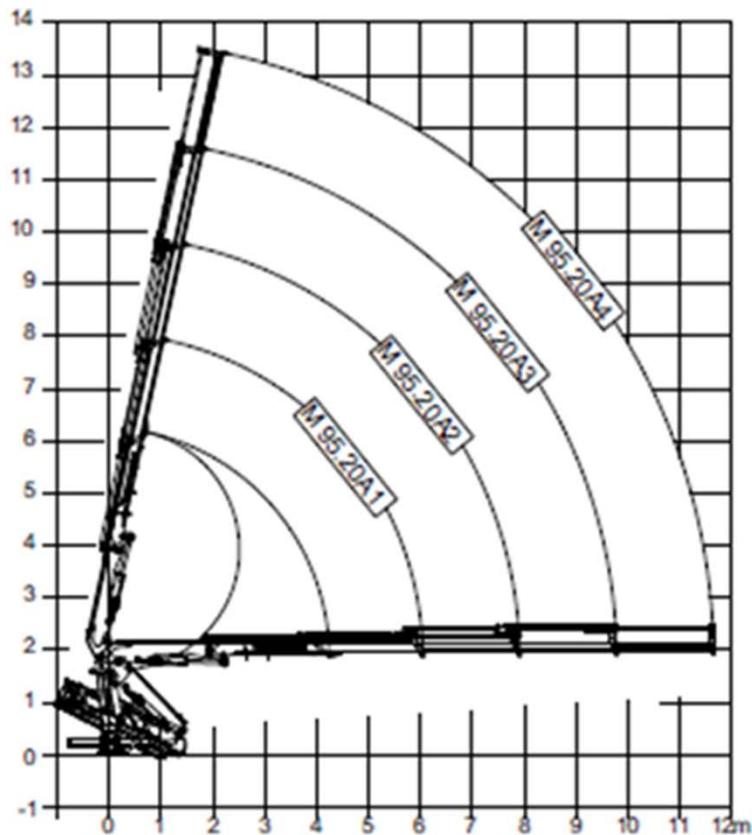
- Grúa M95.20 A
 - *Industrias Guerra*



Grúa real



Grúa real



Grúa real

Datos técnicos

Capacidad de elevación	[kNm]	88,7
Momento máximo de elevación dinámico	[kNm]	124,2
Alcance hidráulico máximo de la grúa std	[m]	6
Ángulo de giro	[°]	415
Momento máximo de giro	[kNm]	22,4
Cantidad recomendada de aceite en el depósito	[l]	60
Presión máxima de trabajo	[bar]	240
Caudal recomendado de la bomba	[l/min]	35
Potencia máxima demandada	[kW/CV]	14,0/19,0
Peso de la grúa standard	[Kg]	1225

Dinámica de Sistemas Multicuerpo

LIM



Laboratorio de Ingeniería Mecánica
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>



Dinámica de Sistemas Multicuerpo

- Sistema multicuerpo:
 - Modelo de un conjunto de sólidos y sus restricciones.
- Dinámica de Sistemas Multicuerpo (*Multibody System Dynamics, MBSD*):
 - Simulación por ordenador de sistemas multicuerpo.
 - *Ventajas:*
 - Repercute directamente en la calidad y en el coste.
 - Conocer el comportamiento del producto antes de la fabricación.
 - Con algoritmos optimizados permite la simulación en tiempo real.

Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Fases

- Fases de la dinámica de sistemas multicuerpo:
 - Modelización:
 - Propiedades físicas.
 - Situación en el espacio de los sólidos.
 - Topología del mecanismo.
 - Planteamiento e integración numérica de las ecuaciones del movimiento: formulación dinámica.

Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

- Propiedades físicas
 - *Masa.*
 - *Cdm.*
 - *Tensor de inercia.*

Brazo2

Masa(kg)

331,33475

Centro de masas(mm)

x

y

z

1032,0300

0,0000

136,4485

Tensor de inercia (kg m²)

xx

yy

zz

10,0551

134,42365

138,1297

xy

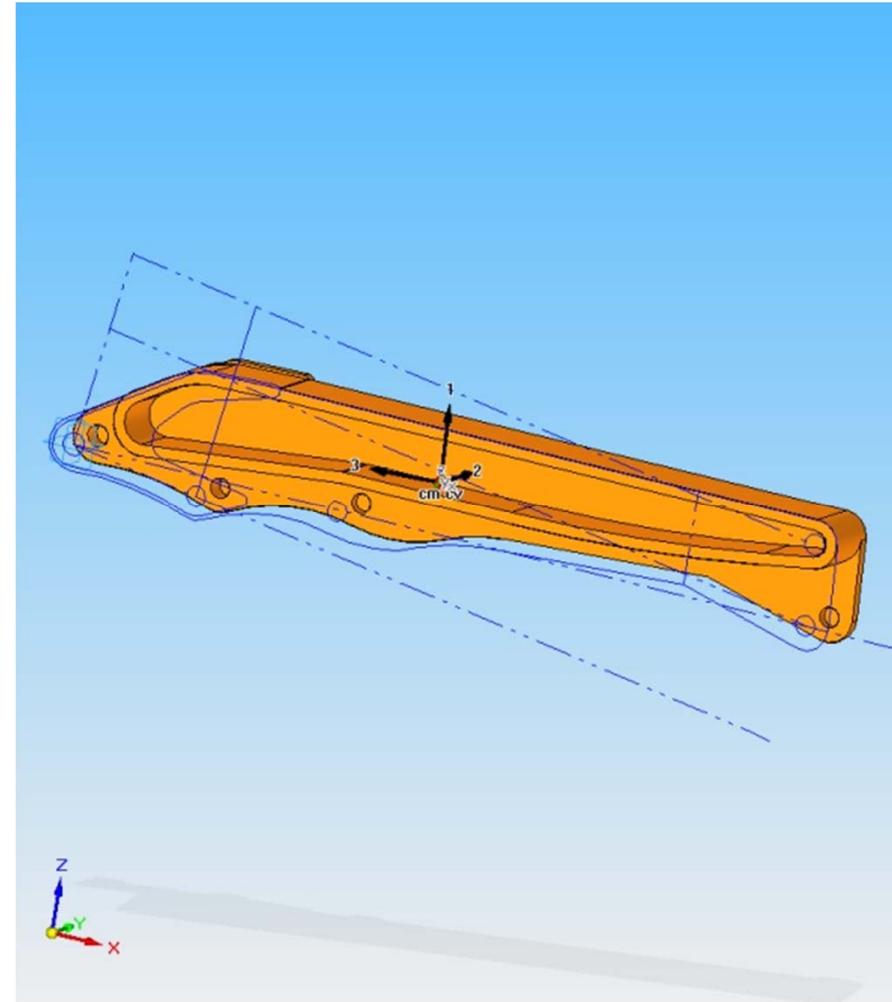
xz

yz

0,0000

6,1097

0,0000



Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

■ Coordenadas:

- Situación del sólido en el espacio y definición de la topología.
- Variables del problema: aspecto fundamental.
- Sistema mixto de coordenadas.
 - *Naturales:*
 - *Coordenadas cartesianas de puntos y vectores unitarios*
 - Definición sencilla y sistemática.
 - Facilidad de definición de ecuaciones de restricción.
 - Reducido número de ecuaciones sencillas.
 - *Relativas:*
 - *Ángulos y distancias*
 - Consideración de fuerzas y momentos en los pares.

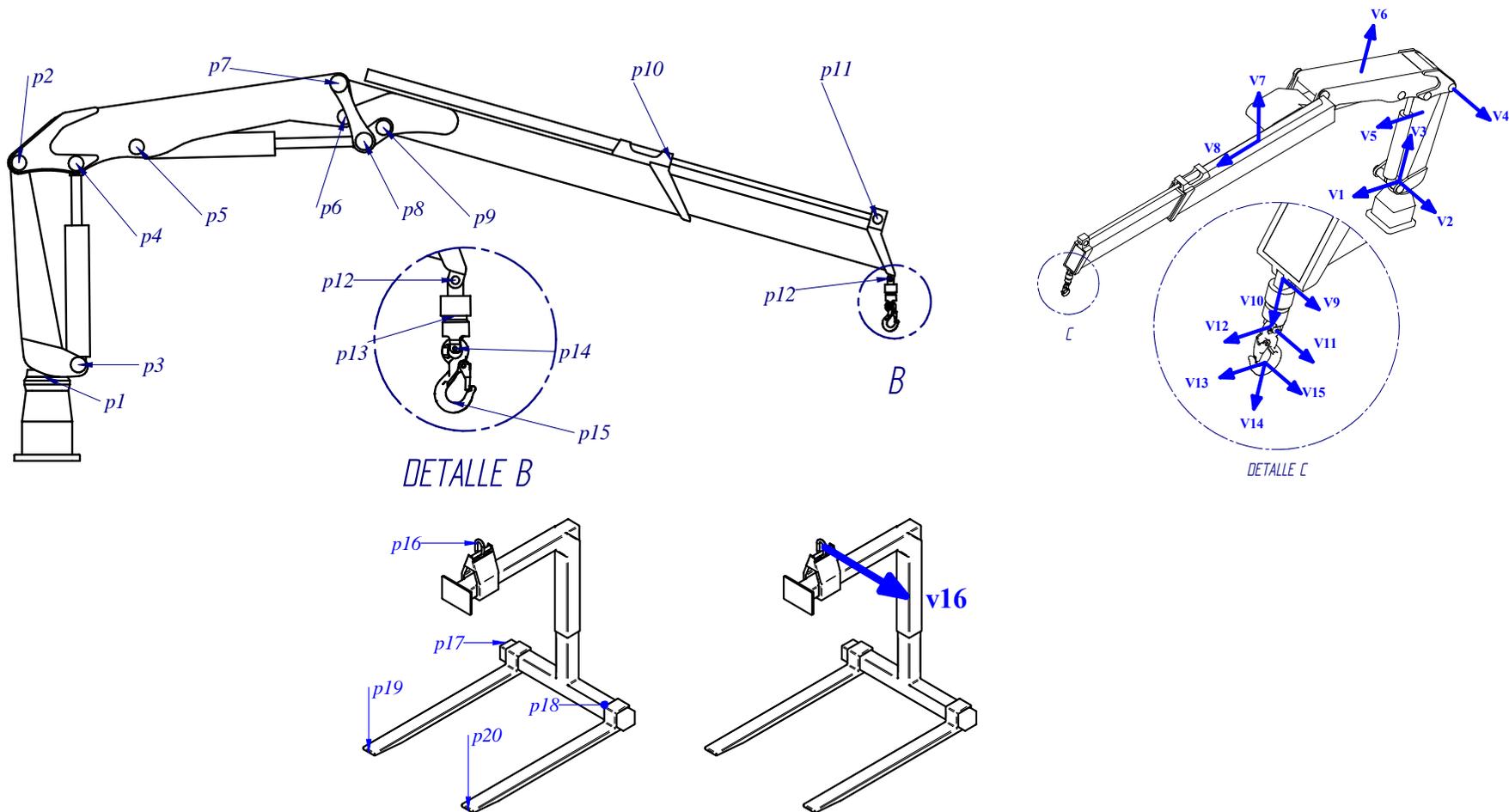
INCONVENIENTES: Grado de experiencia para modelizaciones correctas

Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

- Modelizamos con:
 - *4 entidades:*
 - Definición completa de la posición del sólido en el espacio.
 - Generar subespacio local.
 - Matrices de masas constantes.
 - Evitar dependencias lineales.
 - *Entidades adicionales:*
 - Necesarias para la definición de los pares del mecanismo.
 - Serán dependencia lineal del subespacio generado.

Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

■ Coordenadas naturales:

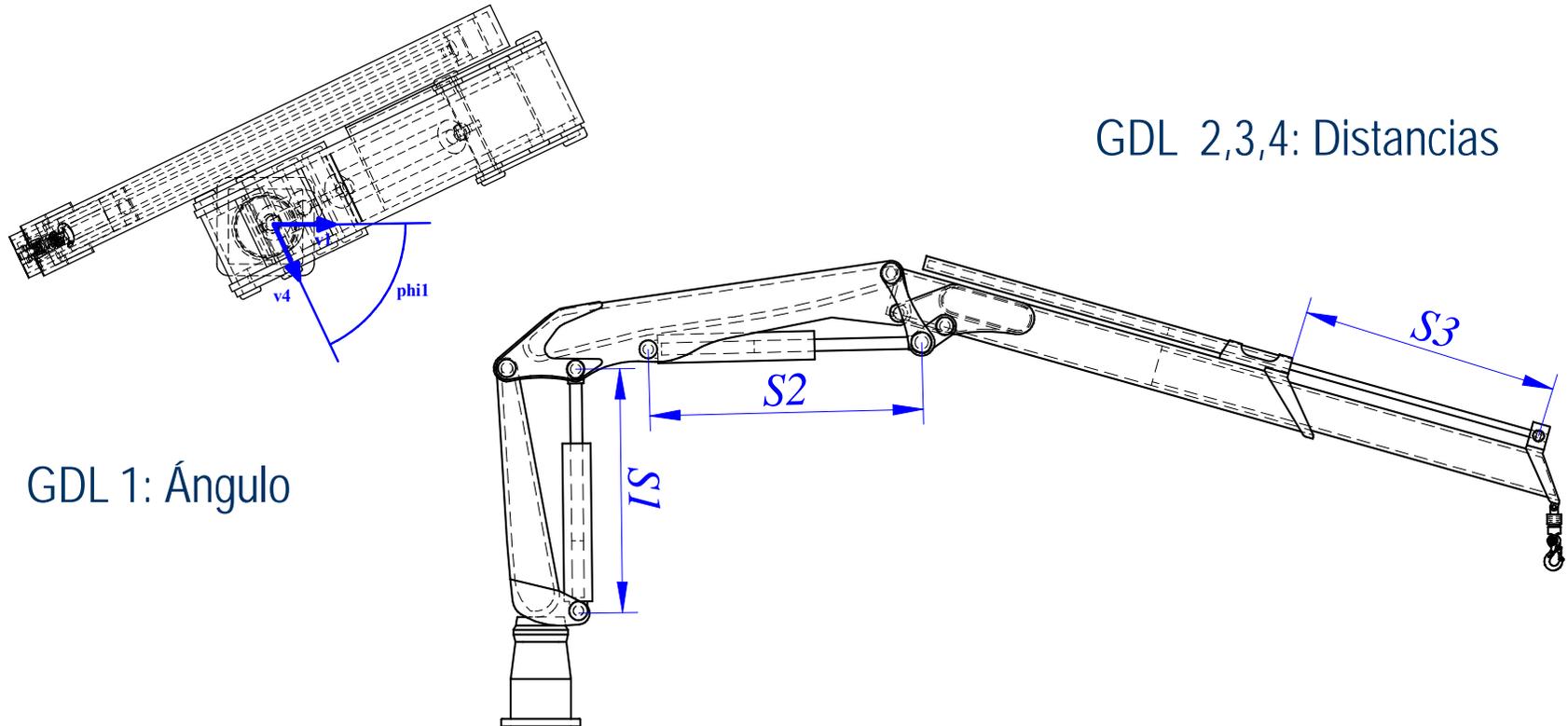


Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

- Elección de coordenadas relativas
 - Se utilizan en dos casos:
 - Pares cinemáticos guiados :
 - Los movimientos de la grúa se producen por restricciones. reónomas sobre las coordenadas relativas de los pares guiados.
 - Pares cinemáticos no guiados explícitamente:
 - Se utilizan para declarar como GDL las variables que los definen.
 - Serán guiados por la dinámica del sistema.

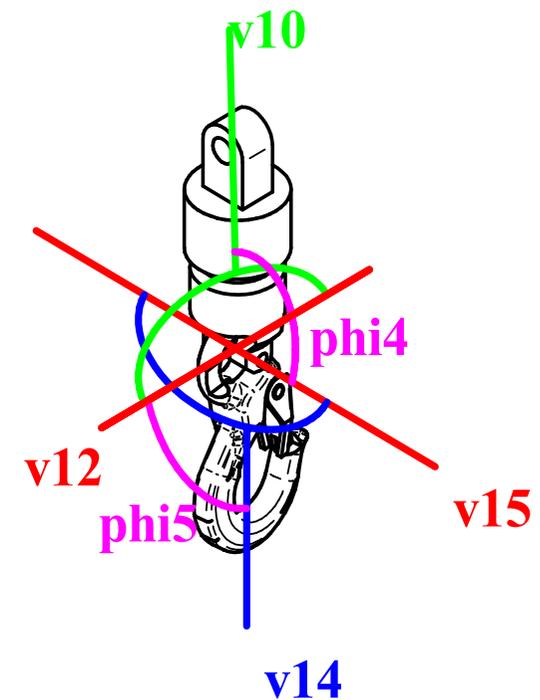
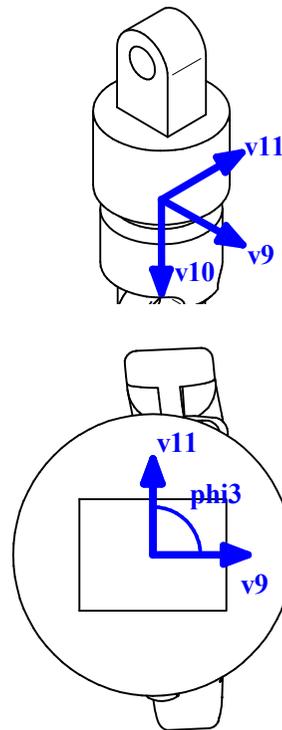
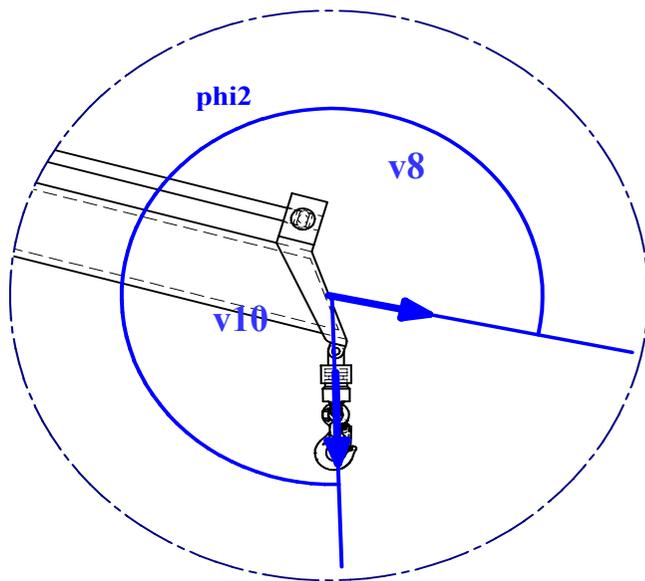
Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

- Elección de coordenadas relativas de la grúa.



Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Modelización

- Elección de coordenadas relativas del gancho
 - 3 sólidos: eslabón, contrapeso, y gancho.
 - 4 GDL.



Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Formulación

- Lagrange aumentado de índice 3.

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\lambda} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\alpha} \Phi &= \mathbf{Q}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) \\ \lambda_{i+1} &= \lambda_i + \boldsymbol{\alpha} \Phi_{i+1} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mathbf{f}(\mathbf{q}_{t+h}) = \mathbf{0} \text{ Sistema no lineal DAE (índice 3)}$$

- Solución del sistema no lineal: Newton-Raphson.

$$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right]_{t+h}^i \Delta \mathbf{q}_{t+h}^{i+1} = -[\mathbf{f}(\mathbf{q})]_{t+h}^i; \quad \mathbf{q}_{t+h}^{i+1} = \mathbf{q}_{t+h}^i + \Delta \mathbf{q}_{t+h}^{i+1}$$

- Matriz tangente y residuo.

$$\mathbf{f}(\mathbf{q}) = \frac{h^2}{4} (\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\lambda} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\alpha} \Phi - \mathbf{Q})$$

$$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right] \cong \mathbf{M} + \frac{h}{2} \mathbf{C} + \frac{h^2}{4} (\Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\alpha} \Phi_{\mathbf{q}} + \mathbf{K})$$

Dinámica de Sistemas Multicuerpo. Formulación

- Proyecciones de velocidades y aceleraciones en las variedades de las restricciones (Cuadrado 2001).

$$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right] \dot{\mathbf{q}} = \left(\mathbf{M} + \frac{h}{2} \mathbf{C} + \frac{h^2}{4} \mathbf{K} \right) \dot{\mathbf{q}}^* - \frac{h^2}{4} \Phi_{\mathbf{q}}^T \alpha \Phi_t$$

$$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right] \ddot{\mathbf{q}} = \left(\mathbf{M} + \frac{h}{2} \mathbf{C} + \frac{h^2}{4} \mathbf{K} \right) \ddot{\mathbf{q}}^* - \frac{h^2}{4} \Phi_{\mathbf{q}}^T \alpha (\dot{\Phi}_{\mathbf{q}} \dot{\mathbf{q}} + \dot{\Phi}_t)$$

- Donde.

$$\mathbf{K} = - \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{q}}$$

$$\mathbf{C} = - \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \dot{\mathbf{q}}}$$

Software Utilizado

MBSLIMf90

SDL

OSG

MBSLIMF90: Dinámica

- Software para la simulación de máquinas y mecanismos en general.
 - Desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Mecánica.
 - Biblioteca de funciones de Dinámica de sistemas multicuerpo.
 - Funciones:
 - Planteamiento de las ecuaciones.
 - Integración numérica.

SDL: Lectura de Inputs de Usuario

- Simple DirectMedia Layer (SDL).
 - Biblioteca que proporciona un acceso sencillo al audio, teclado, ratón, joysticks y a la tarjeta gráfica vía OpenGL.
 - *Joystick*
 - Control de los actuadores de la grúa.
 - Control de la alineación del gancho.
 - *Teclado y ratón*
 - Control del paso de tiempo, inicio de la simulación.
 - Selección de cámaras.
 - Trackball.

OSG: Salida gráfica

- OpenSceneGraph (OSG)

- Conjunto de bibliotecas que hace de intermediario entre la aplicación y el OpenGL que es el encargado de controlar la tarjeta gráfica.



Conclusiones

Conclusiones

- Se desarrolló un simulador de grúa.
 - Dinámica de gran precisión en tiempo-real.
 - Human-in-the-loop.
 - Extraordinaria robustez.
 - Interfaz de sencillo manejo.
- Utilidades:
 - Entrenamiento de operarios.
 - Diseño.
 - Calculo de curvas de carga.
 - Estimación de esfuerzos.
 - Comprobar prestaciones de la máquina.

Simulación

LIM



Laboratorio de Ingeniería Mecánica
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>



Proyecto de fin de carrera.

Simulador de grúa hidráulica para aplicaciones marinas.



Ingeniería Industrial.

- Autor:
 - Pedro Cobo Beltrán
- Tutor:
 - Daniel Dopico Dopico
- Enero, 2011

