

Descripción del producto

Simulador UVSim de grúas pórtico

Sistema de Simulación Integrado UVSim para la simulación de grúas Pórtico



Propuesta preparada por:

Rafael J. Martínez
Robotics Institute
University of Valencia
Apdo. Correos 2085
Valencia 46071
Tel: (+34) 96 354 3564
Fax: (+34) 96 354 3550
e-mail: rafael.martinez@uv.es
<http://www.uv.es/~rmtnez>

Laboratorio de Simulación y Modelado



Índice de contenido

OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO.....	3
1.INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.El Laboratorio de Simulación y Modelado.....	5
1.2.El simulador como solución para el aprendizaje.....	5
1.3.Un sistema integrado de entrenamiento y evaluación.....	6
1.4.Un compromiso con la tecnología.....	7
2.CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR UVSIm.....	8
2.1.Estructura de un simulador para entrenamiento.....	8
2.2.Características de los modelos de simulación.....	9
2.3.Características del modelo de simulación.....	11
2.4.Simulación del entorno de trabajo.....	12
2.5.Escenario de explotación.....	14
3.CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.....	29
3.1.La sala de simulación.....	29
3.2.Descripción de la cabina de simulación.....	31
3.3.Descripción de los puestos de observación.....	37
3.4.Sala de máquinas.....	42
3.5.Equipo informático.....	42
3.6.Manual de usuario.....	45
3.7.Formación de los monitores.....	46
3.8.Asistencia a la explotación.....	47
4.HERRAMIENTAS PARA LA FORMACIÓN.....	48
4.1.Elementos del sistema de formación.....	48
4.2.Criterios de evaluación.....	49
4.3.Gestión de los datos de la simulación.....	51
4.4.Manual de formación.....	52



**Descripción de producto
simulador UVSIM de grúas pórtico**

Fecha: 19/05/05

OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO

Propuesta para la instalación de un Sistema de Simulación Integrado UVSIM para la simulación de grúas Pórtico

El presente documento se ha elaborado con el fin de dar una descripción general sobre la instalación y puesta en marcha de un Sistema de Simulación Integrado UVSIM para grúas Pórtico.

Este documento recoge las principales características técnicas del sistema ofertado, así como un presupuesto desglosado del coste del mismo.

La descripción técnica se refiere a un sistema completo de simulación, incluyendo un buen número de opciones avanzadas que pueden incluirse o no en la instalación.

Nota: a partir de la experiencia obtenida en instalaciones anteriores, el Laboratorio de Simulación y Modelado ha constatado que la formación de operadores de grúa pórtico se inicia, a menudo, en una grúa de tipo Gantry. Por tanto, consideramos interesante la inclusión como opción, de los modelos y elementos técnicos de un simulador de grúa Gantry, ya sea sobre raíles o sobre neumáticos.



**Descripción de producto
simulador UVSim de grúas pórtico**

Fecha: 19/05/05

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL LABORATORIO DE SIMULACIÓN Y MODELADO

El Laboratorio de Simulación y Modelado, integrado en el Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia y compuesto por un conjunto de Profesores de Universidad, desarrolla desde hace más de una década equipos de simulación de maquinaria civil con propósitos de formación.

Dentro del ámbito de la simulación civil, el Laboratorio de Simulación y Modelado ha desarrollado, además de los simuladores de grúas portuarias, sistemas de simulación para automóviles, vehículos ferroviarios y maquinaria de obra civil.

Los simuladores desarrollados por el Laboratorio de Simulación y Modelado utilizan las más novedosas tecnologías tanto en el campo de los gráficos 3D y la Realidad Virtual como en el del modelado dinámico, contando con modelos propios publicados en revistas científicas de carácter internacional.

Asimismo, el Laboratorio de Simulación y modelado incorpora en sus simuladores plataformas Steward para simulación de inercias, sistemas de visualización multicanal empotrados y sistemas de audio 3D que aumentan el grado de realismo de la simulación y la sensación de inmersión que derivan en un mejor aprendizaje y entrenamiento y en una mayor aceptación del simulador.

El Laboratorio de Simulación y Modelado trabaja en el desarrollo de la tecnología necesaria para que la simulación para aprendizaje alcance su máximo aprovechamiento, en un momento en el que su uso está extendiéndose a nuevos ámbitos y campos de la industria.

Dentro de este marco, el Laboratorio de Simulación y Modelado desarrolla no sólo complejos equipos de simulación, sino que también investiga en la aplicación de tecnologías basadas en PC, comerciales abaratando costes y proporcionando alternativas más económicas y seguras al entrenamiento con maquinaria real en campos como la simulación portuaria o la simulación de obra civil.

1.2. EL SIMULADOR COMO SOLUCIÓN PARA EL APRENDIZAJE

El objetivo principal de un simulador para entrenamiento es que sus usuarios aprendan a utilizar máquinas reales sin tener que utilizar la propia maquinaria. Por ello, tanto el desarrollo como la utilización de un simulador deben ser diseñados con este fin.

La adquisición de nuevas aptitudes requiere la exposición a un conjunto de situaciones como el trabajo en condiciones adversas, o bajo mayores exigencias de rendimiento o de precisión que las del trabajo real.

Por este motivo la utilización de maquinaria real para el aprendizaje presenta importantes inconvenientes.

- **Coste:** La dedicación de unidades de maquinaria al aprendizaje supone un coste muy elevado.
- **Riesgo:** Ciertos ejercicios beneficiosos desde el punto de vista del aprendizaje pueden conllevar un alto riesgo, o ser irrealizables en un escenario real (condiciones meteorológicas, trabajo con averías, etc).

El simulador permite la repetición de maniobras y ejercicios, el trabajo en una gran variedad de

condiciones (meteorológicas, de ritmo de trabajo, etc.) o la exposición a incidencias de todo tipo que son **inviabiles utilizando la maquinaria real**.

La utilización de un simulador para el entrenamiento permite además un seguimiento detallado de los aprendices por personal experto, tanto en la operación de la maquinaria como en pedagogía y aprendizaje.

Además, un simulador es una herramienta que, aparte de realizar labores de formación, puede ser empleado para muchos otros propósitos. Entre los múltiples usos que puede darse al simulador se encuentran:

- Reducción del tiempo de formación, puesto que se emplean diseños instruccionales que favorecen la asimilación de habilidades en la secuencia adecuada.
- Repetición de un determinado ejercicio tantas veces como el instructor considere necesario sin necesidad de asumir los gastos asociados a la utilización de la máquina real.
- Utilización de la maquinaria en situaciones excepcionales: operación con maquinas averiadas, condiciones meteorológicas extremas, operación en situaciones de presión,...
- Entrenamiento de los operarios para que sepan reaccionar ante situaciones de emergencia y averías de la maquinaria.
- Entrenamiento de operarios experimentados, corrigiendo y mejorando sus habilidades para mejorar su productividad en la máquina real.
- Evaluación objetiva y fiable de los aprendices facilitando la realización de pruebas de aptitud.
- Entrenamiento de los hábitos de los usuarios durante la operación, que mejoran el rendimiento y reducen las averías de la maquinaria.
- Tareas de selección de personal, permitiendo realizar tests de habilidad y de conocimientos de la operación.
- Curso de controlador: por medio de ejercicios en los que las instrucciones pueden darse desde el puesto del instructor por otro aprendiz, utilizando planes de estiba y desestiba reales.
- Seguimiento automatizado de los asistentes a las sesiones de entrenamiento y aprendizaje por medio de la base de datos integrada en el sistema

Todos los sistemas desarrollados por el Laboratorio de Simulación y Modelado de entregan con un completo diseño instruccional que guía al instructor y al aprendiz para conseguir un aprovechamiento óptimo del equipo. Asimismo, se proporcionan las herramientas que permiten un adecuado seguimiento y evaluación de cada aprendiz de forma sencilla y objetiva.

1.3. UN SISTEMA INTEGRADO DE ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN

El simulador UVSIm del Laboratorio de Simulación y Modelado es un complejo sistema compuesto por varios módulos que desempeñan diferentes tareas.

Cada equipo desarrollado por el Laboratorio de Simulación y Modelado dispone de modelos matemáticos específicos que calculan con precisión y realismo el comportamiento de la maquinaria y de su entorno. El sistema gráfico genera la representación visual de la escena por medio de gráficos 3D que se muestra al usuario utilizando un sistema de proyección de alta



Descripción de producto simulador UVSim de grúas pórtico

Fecha: 19/05/05

calidad con entre tres y cinco canales.

Los simuladores incorporan una reproducción en aluminio de una cabina de la máquina simulada, equipada con los controles reales, de forma que el realismo es mayor y los hábitos adquiridos son los adecuados para el posterior trabajo en la maquinaria. La cabina se sitúa sobre una plataforma móvil de seis grados de libertad que proporciona al usuario los estímulos inerciales para conseguir una total sensación de inmersión.

Junto al sistema de simulación, un completo puesto de control proporciona al instructor el control de todo el sistema, junto con las herramientas necesarias para el asesoramiento y evaluación del usuario.

Gracias a los esfuerzos realizados por el Laboratorio de Simulación y Modelado, este complejo sistema se desarrolla sobre una arquitectura basada en *clusters* de PC, que aprovecha los últimos avances en arquitectura de gráficos para equipos comerciales. Esta arquitectura aumenta la versatilidad y escalabilidad del equipo, reduciendo costes frente a las soluciones tradicionales basadas en estaciones de trabajo tanto en el equipo como en el mantenimiento.

El presente documento presenta las características técnicas de los simuladores desarrollados por el Laboratorio de Simulación y Modelado de la Universidad de Valencia.

1.4. UN COMPROMISO CON LA TECNOLOGÍA

El equipo de investigadores y desarrolladores que realizan esta propuesta desea hacer constar que, a pesar del compromiso de entregar un producto completamente finalizado y de acuerdo con los requisitos del comprador, como miembros de la comunidad universitaria nuestro trabajo está en continua mejora debido a que utilizamos y desarrollamos los últimos avances científicos y técnicos de cada campo.

Por este motivo, y tomando como punto de partida el simulador que aquí se oferta, el grupo de simulación de la Universidad de Valencia considera muy interesante la posibilidad de una colaboración a largo plazo entre ambas instituciones, en la que se trataría de dar respuesta a todas aquellas cuestiones que surgieran a partir de la explotación del simulador.

Esta cooperación daría lugar al desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la simulación, para dar respuesta a las necesidades de sus cliente, que se plasmarían en actualizaciones de los modelos de simulación y de los diferentes equipamientos que integran el simulador.

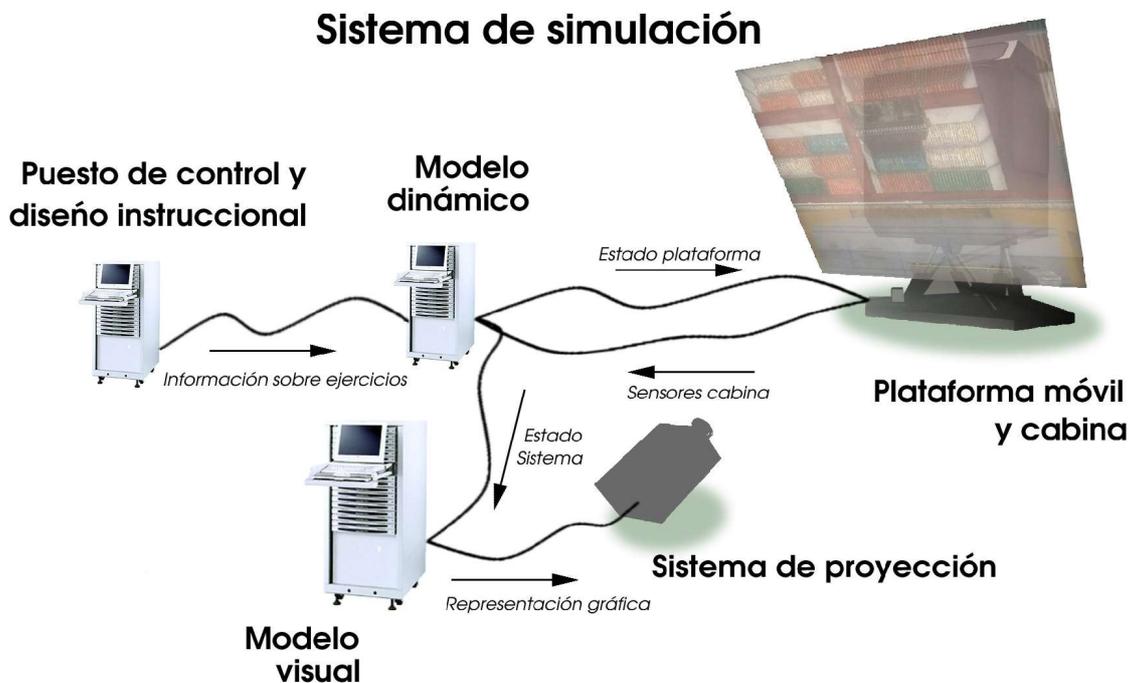
Por otra parte, como miembros activos de la comunidad científica, los científicos y técnicos responsables del simulador desarrollado en la Universidad de Valencia valoran de forma muy positiva, y ofrecen la posibilidad de colaboración directa con otras instituciones para el desarrollo de tecnologías de simulación para formación.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR UVSim

2.1. ESTRUCTURA DE UN SIMULADOR PARA ENTRENAMIENTO

Cada simulador desarrollado por el Instituto de Robótica es en realidad un complejo Sistema de Simulación formado por una serie de módulos o subsistemas que se encargan de las diferentes funcionalidades del equipo.

Un sistema de simulación consiste en un entorno inmersivo basado en técnicas de Realidad Virtual que reproduce el ambiente de trabajo en las diferentes máquinas simuladas y en un conjunto de modelos lógicos y matemáticos que consiguen que el comportamiento del entorno virtual sea similar al del entorno y la máquina reales. Un sistema de simulación consta de los siguientes elementos:



- **Modelo dinámico:** Es un conjunto de aplicaciones de cálculo científico cuya misión es calcular el estado de la maquinaria simulada y del entorno en cada instante de tiempo, por medio de un modelo matemático.
- **Modelo visual:** A partir del estado del sistema y del entorno calculado por el subsistema dinámico, genera una representación visual del escenario de trabajo. Este subsistema se ejecuta en un *Cluster* formado por varios PC que permite obtener varias representaciones simultáneas de la misma escena en tiempo real. La visualización se realiza por medio de un sistema de tres proyectores y tres pantallas que abarcan todo el campo de visión del usuario.

- **El subsistema de simulación de inercias (plataforma móvil):** Es una plataforma móvil con 6 grados de libertad. Permite crear en el usuario del simulador las sensaciones de inercia asociadas a los movimientos virtuales, consiguiendo una mayor sensación de realismo e inmersión. Sobre esta plataforma se sitúa una reproducción de la cabina de la grúa con los mandos reales de la máquina simulada.
- **Diseño instruccional:** consiste en un programa completo de formación que permite la obtención del máximo rendimiento del sistema como equipo de instrucción y entrenamiento. El diseño instruccional permite la utilización del simulador con diferentes propósitos y guía al instructor por medio de ayudas en pantalla y un completo manual.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

La solución propuesta por la Universidad de Valencia para la simulación de conducción de grúas está basada en modelos de simulación de gran calidad, tanto desde el punto de vista físico como visual. El comportamiento de los modelos incluye los aspectos más importantes del manejo de cada tipo de grúas, así como gran cantidad de detalles que le dan un alto grado de realismo.

Modelo físico

En primer lugar, cada simulador incorpora un avanzado modelo físico de comportamiento, que cubre desde el comportamiento de los sistemas mecánicos multicuerpo, hasta otros aspectos como el comportamiento de cables y neumáticos, o del comportamiento de las colisiones en función de las condiciones de humedad.

Todos los modelos físicos de comportamiento contemplan los siguientes aspectos:

- Modelo dinámico en **tiempo real**
- Cálculo de **colisiones** e impactos. Respuesta realista a colisiones con todos los elementos de la escena (contenedores, barco, estructura de la grúa, camiones, puente del barco, etc...).
- **Modelado complejo** de la forma de los elementos de cada grúa y de la escena para el cálculo de colisiones.
- Simulación de la torsión de **elementos flexibles**, como la pluma de la grúa pórtico, considerando las propiedades del material de construcción de cada grúa.
- Simulación en tiempo real, por medio de elementos finitos, del **comportamiento de los cables**.
- Simulación realista de los diferentes **motores, frenos** (eléctricos y mecánicos) y elementos mecánicos, de cada máquina.
- **Simulación de los diferentes subsistemas** de la máquina (eléctricos, hidráulicos,...), permitiendo la simulación de averías en cada uno de ellos.
- Simulación del **comportamiento del navío** en función del estado del mar
- Simulación del efecto del **viento**.
- Simulación del efecto de la **lluvia y la nieve** sobre las colisiones, rozamiento, etc
- Simulación de **cargas líquidas** y de **desplazamientos de carga**.
- Simulación de los sistemas de frenado de acuerdo con las características de la grúa real proporcionadas por el fabricante

Representación gráfica

Asimismo, la representación gráfica del entorno es una reproducción con un alto grado de fidelidad del medio de trabajo. La aplicación gráfica incorpora las últimas novedades técnicas en informática gráfica, lo que hace del simulador proporcionado por la Universidad de Valencia un producto tecnológico de última generación. El entorno virtual incluye:

- Reproducción fiel del entorno de trabajo real
- Utilización de texturas fotográficas para el modelado de los elementos, desde edificios hasta contenedores o barcos.
- Modelado completo de diferentes tipos de navíos
- Simulación del efecto de la niebla, lluvia y nieve
- Representación de sombras, con ángulo en función de la hora del día
- Representación de día y noche en tiempo real, así como de trabajo con iluminación artificial
- Trabajo con condiciones de iluminación adversas (sol de cara, reflejos, etc...)

Estas características permiten la simulación realista de las diferentes situaciones que se pueden producir durante el trabajo en cada uno de los tipos de grúa que se solicitan.

Réplica del puerto de destino

Dentro de las características del sistema visual y del comportamiento lógico del entorno, es posible incluir el desarrollo de una réplica del puerto o de un conjunto de terminales en el puerto de destino. Esto da aún mayor realismo al entorno virtual, y permite una más rápida aceptación de las sesiones de simulación por parte de los operarios.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

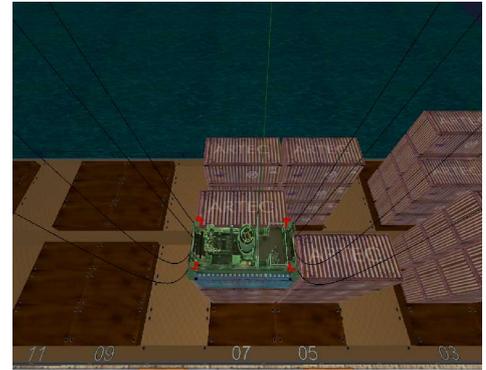
2.3.1. GRÚAS PÓRTICO



La solución propuesta por la Universidad de Valencia para la simulación de grúa pórtico permite simular el trabajo con las grúas pórtico de tipo Regiane OVER-PANAMAX y Paceco PANAMAX. Estas grúas están modeladas con todo detalle en sus diferentes aspectos, tanto físicos como de funcionamiento.

Además, por medio del ajuste de parámetros, que puede ser realizado por el instructor de forma sencilla, es posible simular grúas pórtico genéricas diferentes de las anteriores, a partir de sus datos técnicos.

Los modelos consideran tanto el comportamiento del carro a lo largo de su recorrido, como del spreader y de la estructura de la grúa. Aspectos como la flecha de la pluma de la grúa o el comportamiento de los cables se simulan para conseguir un retorno de fuerzas realista sobre la cabina, apreciándose las maniobras de enganche y desenganche de contenedores, así como las colisiones.



2.3.2. GRÚAS GANTRY (OPCIONAL)



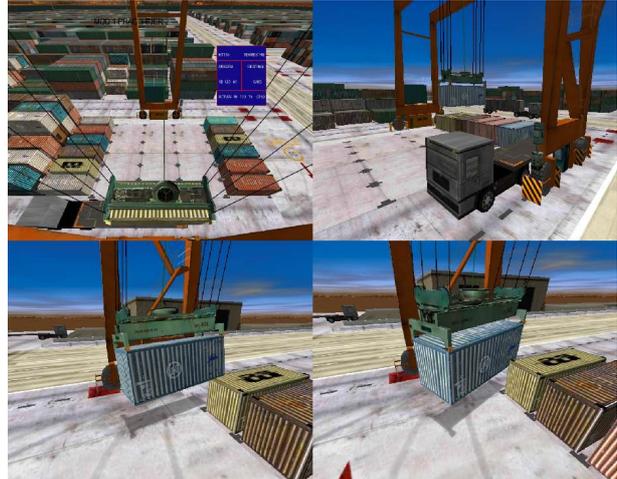
A partir de la experiencia del Laboratorio de Simulación y Modelado, se considera conveniente la inclusión en este documento de la simulación de grúas Gantry, tanto sobre raíles (RMG) como sobre neumáticos (RTG).

El sistema de simulación permite la simulación de grúas Rubber Tyred Gantry, y Rail Mounted Gantry de la marca Paceco. El modelo de simulación contempla la simulación de los elementos mecánicos del equipo, de los sistemas eléctricos, los diferentes sistemas de potencia, etc.

Es posible también la reparametrización de los modelos, de forma que pueda simularse virtualmente cualquier modelo de grúa Gantry con sólo conocer su características técnicas.

Las interacciones entre spreader se simulan con gran detalle, permitiendo utilizar los elementos de ayuda disponibles en grúas reales, tales como sistema anti-balanceo, flippers del spreader, etc. También se simula con gran fidelidad el comportamiento de la máquina en aspectos como el desplazamiento del pórtico, la respuesta a las condiciones atmosféricas, etc.

Los modelos consideran la mecánica del spreader, así como del pórtico, contemplando la dinámica de la cabina, la interacción entre los neumáticos y el suelo, etc.



2.4. SIMULACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO

2.4.1. FLUJO DE CONTENEDORES

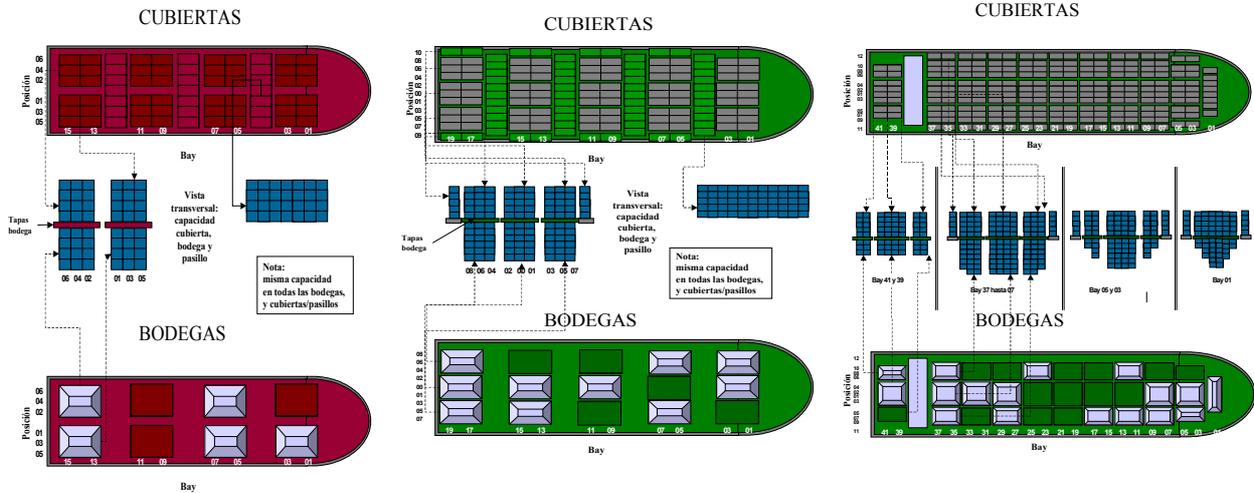
El simulador debe permitir el trabajo en condiciones similares a las que el aprendiz encontrará una vez acceda a la grúa real. Por este motivo, el simulador incorpora un módulo de simulación de tráfico que controlará los diferentes elementos móviles de la escena, tales como otras grúas o camiones, y el flujo de aparición o recogida de las cargas que el operario debe manejar.

La realización del simulador puede incluir un análisis del funcionamiento de la terminal o terminales a simular. Este análisis permitirá la correcta parametrización de los modelos de tráfico, de forma que el ritmo de movimiento de contenedores, así como los procedimientos utilizados sean similares a los de dichas terminales. El flujo simulado de contenedores incluye la aparición de camiones y cabezas tractoras, y el tráfico de otras grúas tales como otras grúas pórtico y gantry o grúas straddle carrier, en función del tipo de terminal simulada.

Por otra parte, el interfaz del instructor tiene un control total sobre este módulo durante la simulación, pudiendo modificar los parámetros que controlan el modelo, o provocar la aparición de una grúa o camión en cualquier momento.

2.4.2. TIPOS DE BARCOS

Para que el realismo de la simulación sea el adecuado para las tareas de aprendizaje, no sólo es necesario que el modelo de la maquinaria sea correcto. El entorno de trabajo, y especialmente aquellos elementos con los que el operario va a interactuar más, deben reproducir de forma adecuada la realidad. El simulador de la Universidad de Valencia incorpora un conjunto de modelos de barcos completos (incluyendo bodegas, cubierta, castillo, casco,...) modelados para su inclusión en la escena y su uso en las tareas de carga y descarga.



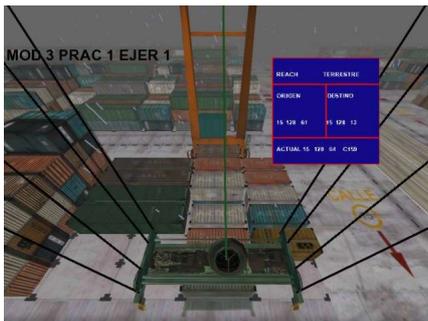
Todos los modelos se realizados utilizando una estructura con diferentes niveles de detalle y con un grafo de escena que permita su utilización en sistemas en tiempo real.

La elección de un barco u otro vendrá definida por el ejercicio que se seleccione para el aprendizaje, o por el instructor en caso de que el ejercicio sea de tipo libre.

2.4.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Por medio del interfaz de instructor, se podrá controlar completamente el ambiente del entorno de trabajo, considerando desde los aspectos meteorológicos a las condiciones de iluminación.

Cada elemento simulado afectará a los elementos necesarios para una correcta simulación de la escena, como pueda ser el modelo de iluminación, el comportamiento de la grúa y el spreader o grapín, el comportamiento de las olas y el barco, etc.



Para una información más detallada sobre estos aspectos véase la sección Control de la simulación.

2.4.4. AGENTES EN LA ESCENA DE TRABAJO

El simulador desarrollado por la Universidad de Valencia contempla la reproducción de la interacción habitual del gruista con otros trabajadores del entorno portuario durante las maniobras de operación.

El equipo suministrado por la Universidad de Valencia incluirá la instalación de micrófonos en la cabina de simulación y en el puesto de instructor. Esto permitirá la comunicación del aprendiz con el instructor, que podrá realizar las funciones de controlador.

Por otra parte, con el fin de dar mayor realismo a la escena, se incluirán actores virtuales, estáticos o en movimiento, en la escena de trabajo.

La Universidad de Valencia ofrece de forma opcional la inclusión de un módulo de inteligencia artificial que permita la animación interactiva de los personajes de la zona de trabajo. Esto permitirá que determinados agentes puedan dar órdenes por medio de signos o gestos, o reaccionar ante las acciones del aprendiz.

2.5. ESCENARIO DE EXPLOTACIÓN

2.5.1. TRABAJO HABITUAL

Los modelos de simulación permiten simular el entorno de trabajo habitual de cada una de las máquinas. En todos los casos, también se simula detalladamente el escenario de puesta en marcha y parada de la grúa, incluyendo el posicionamiento de la pluma de la pórtico, así como los procedimientos y mecanismos de emergencia.

Grúas pórtico

La solución propuesta por la Universidad de Valencia para el simulador de grúa pórtico permite el trabajo normal de carga y descarga de contenedores, contemplando las diferentes funcionalidades de las grúas reales, así como las principales situaciones que se pueden producir en las mismas.



Asimismo, la incorporación de sendos micrófonos en la cabina y el puesto del instructor permitirán, además de la comunicación entre el instructor y el aprendiz, simular las instrucciones que el operario recibe durante la operación real.

La simulación permitirá la carga y descarga con las siguientes situaciones:

- Carga y descarga en bodega
- Carga en cubierta, sobre las tapas de las bodegas
- Apilamiento hasta un máximo de 9 alturas
- Trabajo con contenedores de 20', de 40' y de 45', así como la carga y descarga de contenedores de 20' también en modo twinlift
- Se simula también la utilización de diferentes tipos de spreaders, incluyendo el spreader de tipo «spreader OH (over height) »
- Activación y desactivación de sistema de anti-balanceo y de otros sistemas de ayuda trimado, *list* o *skew*.
- Trabajo junto al castillo del navío, con colisiones con los diferentes elementos del barco

Las características del simulador permiten realizar las maniobras de carga y descarga de la forma habitual en el trabajo de estiba y desestiba de buques de contenedores.



Escenario de enganche de las tapas de la bodega

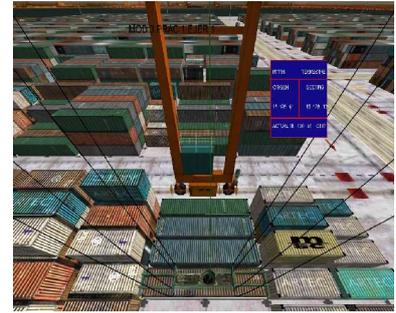
Asimismo, el simulador de la Universidad de Valencia contempla la posibilidad de realizar la maniobra de destape de las bodegas, por medio de un spreader de tipo OH o del spreader normal con los flippers levantados.

Las características particulares de las tapas (dimensiones, peso, forma de engancharlas,...) son las de cada tipo de barco.

Grúas gantry

El simulador UVSim ofrece la opción de la simulación de grúas gantry PACECO y permite la simulación de las diferentes maniobras de trabajo de la grúa gantry sobre neumáticos. Se consideran maniobras como:

- carga de contenedores de pila a camión,
- descarga de contenedores de camión a pila,
- remoción de contenedores (cambios de posición),
- cambios de calle y desplazamientos en la terminal.



La simulación de grúa gantry permite el trabajo con diferentes tipos de contenedores y spreaders, al igual que en el caso de la grúa pórtico, incluyendo el trabajo con contenedores frigorífico, para los que se simulan los procedimientos de carga y descarga específicos.

El instructor puede igualmente modificar las propiedades de cada contenedor, tanto en aspectos como la masa o el balanceo de carga, como en las propiedades de la misma (densidad, sólido o líquido,...).

Desplazamientos por la calle

En el caso de la grúa gantry con neumáticos, se ha cuidado el modelo de interacción de los neumáticos, de forma que en desplazamientos a lo largo de la terminal, se produce una desviación de la trayectoria de la máquina, en función, entre otras cosas, de la distribución de carga en las ruedas. Para el entrenamiento de los operarios en esta situación, se han simulado los dispositivos existentes para corregir la desviación durante un traslado.



2.5.2. INCIDENTES DURANTE EL TRABAJO

Durante el trabajo con una grúa es frecuente la ocurrencia de diferentes incidencias, tales como averías, fallos en el manejo o, simplemente, fases del trabajo en las que el operario ha de ser especialmente cuidadoso.

Evidentemente, la simulación de estas situaciones es fundamental para una correcta formación de los futuros operarios de grúa. De hecho, este aspecto es uno de los más relevantes entre las ventajas de la simulación, ya que permite la reproducción de situaciones que no son viables con la máquina real.

Además del trabajo en condiciones normales, el simulador permite simular una serie de incidentes o situaciones anómalas, según se detalla a continuación:

Anomalía	Iniciador	Consecuencias	Agravantes o atenuantes
Sobrecarga de un contenedor	Aleatorio / disparo	Parada de la grúa	



**Descripción de producto
simulador UVSIM de grúas pórtico**

Fecha: 19/05/05

Anomalia	Iniciador	Consecuencias	Agravantes o atenuantes
Choques	Error de conducción	Vibraciones en función de la fuerza del impacto, daños al contenedor, pérdida del contenedor, daño a otros contenedores o materiales,... Puede provocar la aparición de otros fallos en otros sistemas como <ul style="list-style-type: none"> ● Twistlocks ● Flippers ● Tamaño del spreader 	
Bloqueo del contenedor en las guías	Aleatorio / disparo A causa de una elevación demasiado rápida del spreader	No se puede mover el contenedor	El conductor deberá hacer pequeños movimientos de elevación, descenso, traslación y avance para desatascarlo
Contenedor de 20 en bodega de 40 se sale de las guías	Aleatorio / disparo A causa de una elevación demasiado rápida del spreader		
Bloqueo del spreader en la bodega	Aleatorio / disparo	Fuertes vibraciones en cabina. El spreader no se puede elevar	El conductor debe parar y no subir el spreader
Presencia de objetos (vehículos) en la calle o sobre los railes	Disparo	Daños en la máquina	El conductor debe comprobar que el camino está libre y no realizar ningún movimiento hasta que se despeje
Ruptura de amarra y desplazamiento del barco	Aleatorio / disparo / carga del barco mal distribuida		
Reacción a la carga (escora)	Cuando, en un barco pequeño, la carga no está bien repartida	Será necesario el trimado (<i>inclinaison</i>) de +/- 5°	
Avería en el spreader que provoque la pérdida o fallo de los flippers	Aleatorio / disparo para cada uno de los flippers	La conducción es más complicada	
Twistlocks bloqueados	Aleatorio / disparo	El contenedor se queda colgando de menos twistlocks de la cuenta	No se debe subir



**Descripción de producto
simulador UVSim de grúas pórtico**

Fecha: 19/05/05

Anomalia	Iniciador	Consecuencias	Agravantes o atenuantes
Fallo en la maquinaria por sobrecarga de la estructura	Aleatorio / disparo A causa de un desplazamiento del carro o de las cables a máxima velocidad durante demasiado tiempo.	Parada de emergencia de la máquina	
Cable bloqueado en la jaula	Durante el movimiento de traslación con un fuerte viento lateral	El cable central se engancha	Si se baja el spreader se pueden producir daños
Rotura de un cable de elevación o dirección	Aleatorio / disparo	Fuerte sacudidas	
Obstáculo en altura para la traslación (castillo, radar,...)	Fijo	El operario debe asegurarse de no golpear estos elementos	
Toma de contenedor en camión no desenganchado	Aleatorio / disparo	El camión se eleva con el contenedor	El usuario debe detener la maniobra de elevación y esperar a que se desenganche el camión
Contenedor abierto	Aleatorio / disparo	Pérdida de la carga	Un balanceo excesivo del spreader puede agravar la situación
Descentramiento de la carga	Aleatorio / disparo	Se puede producir un desplazamiento del contenedor y un cambio en el comportamiento del mismo	
Malas condiciones de visibilidad (fallo de los focos de pórtico o barco)	Aleatorio / disparo		
Degradación de los cables	Aleatorio / disparo	El aspecto de los cables de elevación muestran un aspecto «deshilachado»	El usuario debe indicar esta situación al servicio de mantenimiento de la grúa. En caso de no ser detectada puede provocar la rotura del cable
Toma de contenedor en barco no desenganchado	Aleatorio / disparo	El contenedor no ha sido soltado todavía del fondo de la bodega, por lo que no sube	El usuario debe detener la maniobra de elevación. En caso contrario, se detectará un exceso de par en los motores y se detendrá la grúa. Será necesario realizar la secuencia de arranque completa para continuar el trabajo.

Anomalia	Iniciador	Consecuencias	Agravantes o atenuantes
Enganche de dos contenedores de 20' con spreader de 40'	Este error se produce si el operario situa un spreader en modo normal (no twinlift) de 40' sobre dos contenedores de 20' muy juntos.	Los contenedores se inclinarán, dañando el spreader. En caso de que se produzca en bodega con guías, los contenedores no se inclinan hasta que no se sale de bodega	El usuario debe evitar siempre esta maniobra, y detener la elevación en cuanto se detecte.
Fallo de activación de twistlocks	Aleatorio / disparo Tras un impacto fuerte	Alguno de los detectores de proximidad del spreader falla No se cierran los twistlocks	El usuario debe realizar un BYPASS al sistema, anulando los detectores de proximidad para ese enganche
Cambio de tamaño en el spreader	Este error se produce tras una colisión lateral muy fuerte	Provocará fallos en la apertura y cierre de twistlocks	El operario debe asegurarse de que el spreader está en los topes
Fallo de activación de los flippers	Aleatorio / disparo Tras un impacto fuerte	Error eléctrico que impide la subida y bajada de flippers	El usuario debe realizar un BYPASS al sistema
Fallo en los indicadores	Aleatorio / disparo Tras un impacto fuerte	Uno o varios indicadores luminosos no se encienden	

Parada de emergencia

En las situaciones de emergencia, los frenos de servicio y de seguridad actúan simultáneamente. A partir de la activación de la señal de emergencia, el tiempo de actuación de los frenos es de 750ms y el tiempo total de parada de unos 2s.

2.5.3. SIMULACIÓN DE TERMINAL Y SIMULACIÓN COOPERATIVA

Los modelos de simulación de tráfico son muy adecuados para la simulación del comportamiento de los vehículos de la escena, principalmente en cuanto a la cantidad, velocidad y frecuencia de paso de los mismos. Estos modelos permiten dar el realismo necesario para una correcta formación de los operarios y permiten simular los procedimientos de operación de cualquier terminal.

Sin embargo el Laboratorio de Simulación y Modelado considera que puede ser de gran utilidad una simulación de la terminal a una mayor escala, teniendo en cuenta aspectos como el flujo de carga en función del tipo, el comportamiento de otros vehículos siguiendo, no sólo la pauta real, sino las mismas reglas de actuación de las máquinas de la terminal. Y lo que es más importante, la simulación de los efectos en el tráfico de la terminal a causa de las acciones del aprendiz.

Simulación de terminal

Por medio de un modelo de simulación basado en eventos discretos, similar a los utilizados en análisis de investigación operativa y logística, la Universidad de Valencia puede proporcionar un



Descripción de producto simulador UVSim de grúas pórtico

Fecha: 19/05/05

entorno portuario en el que se simula el tráfico de contenedores en toda la terminal, y no sólo en las zonas próximas al usuario.

Este modelo de simulación, incorporado al sistema de simulación ofertado, permitiría la recreación de situaciones tales como:

- creación de embotellamientos a causa de una operación lenta del aprendiz, o de otros operarios virtuales
- simulación del proceso completo de estiba y desestiba de un buque con varias grúas pórtico, operadas por aprendices o por autómatas
- simulación de diferentes escenarios de trabajo relacionados con posible sucesos en la terminal (ocurrencia de averías o accidentes en otra máquina, simulación de diferentes flujos de entrada o salida de contenedores del puerto, etc.)
- utilización del simulador para la realización de estudios relacionados con la eficiencia de los procedimientos utilizados en las tareas de trabajo de la terminal.

Este módulo opcional permite, entre otras cosas, que el aprendiz tenga una mejor percepción de las consecuencias de sus acciones en el conjunto de la terminal, y aumenta de forma inimaginable las posibilidades de utilización del simulador, convirtiéndolo en una herramienta aún más potente y realista.

Simulación cooperativa

Otro aspecto que es muy beneficioso en la simulación para de formación, es la reproducción de las interacciones de los operarios de la terminal, aprovechando diferentes puestos de simulación.

En este sentido, se oferta un módulo de simulación cooperativa, que permite la actuación de los usuarios de diferentes puestos de simulación en un mismo escenario virtual. De la misma forma que en un videojuego es posible interactuar con otros jugadores por medio de la red, el módulo de simulación cooperativa permite, por ejemplo, que varios aprendices estén simulando el proceso completo de atraque, desestiba, estiba y desatraque de un buque, con varias grúas pórtico virtuales.

Este módulo permite entrenar a los operarios en aquellos aspectos más colaborativos del trabajo en terminal, la adquisición de buenas prácticas de seguridad, etc. Pero además, permite entrenar, no sólo a los operarios de grúa, sino también a los controladores de terminal, que pueden realizar prácticas y formarse utilizando el simulador.

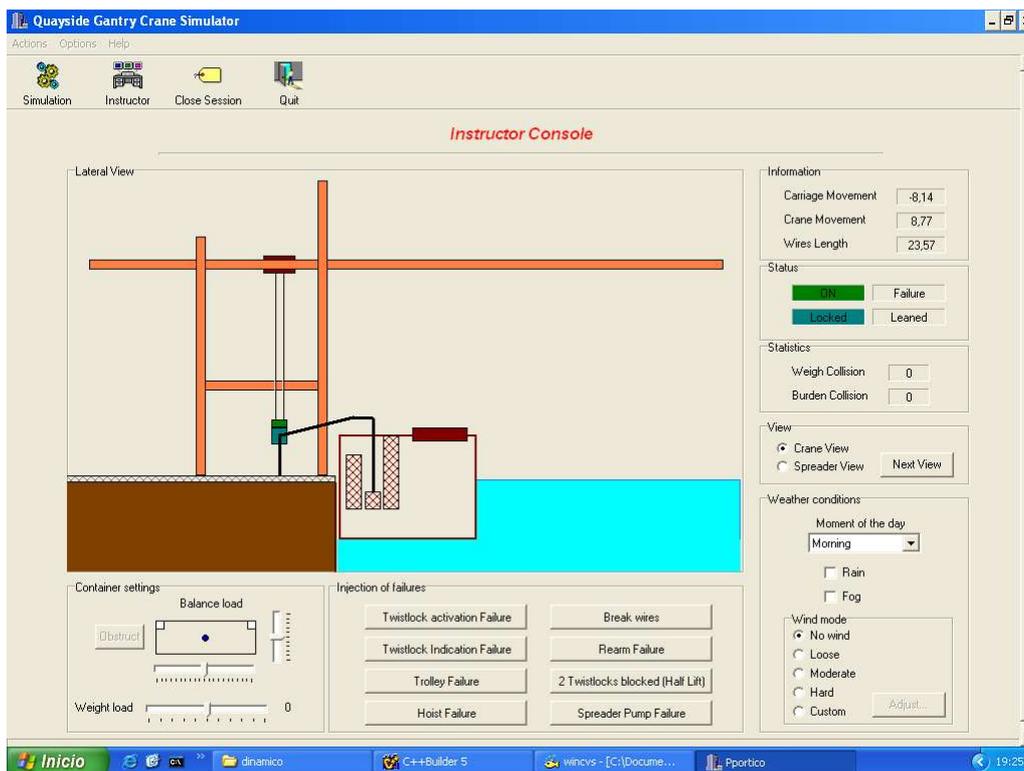
2.5.4. CONTROL DE ESCENARIO

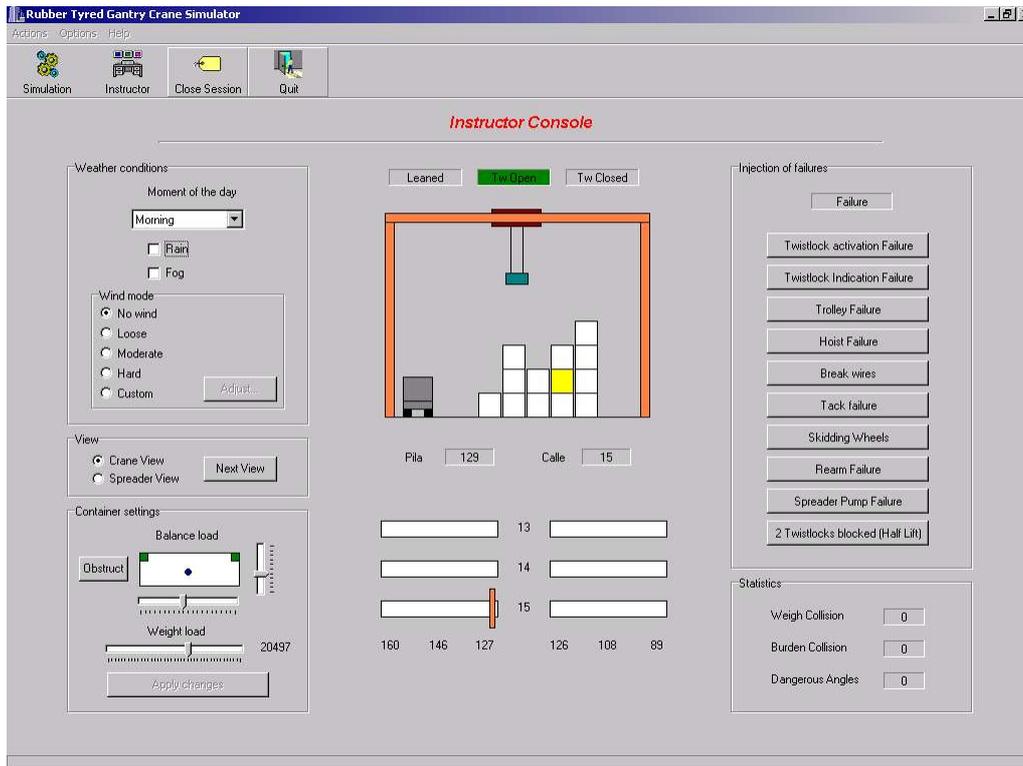
Desde el puesto de instructor, el monitor tendrá control sobre cada uno de los aspectos del sistema y de la simulación, por medio de un conjunto de paneles de configuración integrados en la aplicación informática.

Estos paneles permitirán acceder a los siguientes aspectos:

- condiciones meteorológicas;
- gestión y configuración del tráfico;
- tipos de cargas;
- sensibilidad a los choques;
- diversos parámetros técnicos.

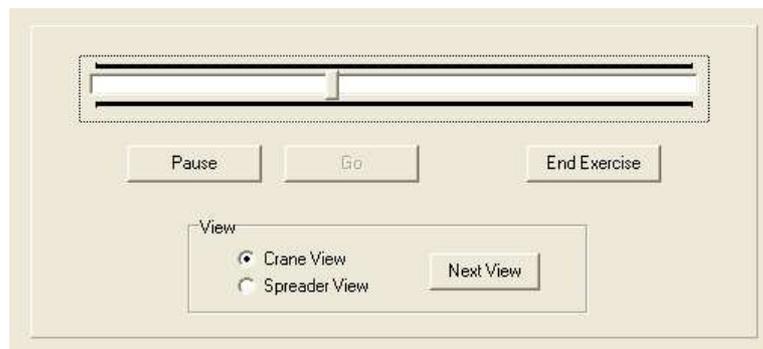
Cada grúa tiene su propio panel de control de la simulación en el que el instructor puede seguir el ejercicio de forma interactiva. Todos los interfaces se ofrecen en castellano, inglés y francés.





Sistema de Briefing

Se ofrece la instalación de un sistema de briefing desarrollado por el Laboratorio de Simulación y Modelado que permite la reproducción de cada ejercicio una vez finalizado. Este sistema es de enorme utilidad en las tareas de formación ya que permite al instructor repasar el ejercicio con el aprendiz indicándole todos aquellos aspectos que considere oportunos, tantas veces como se desee.

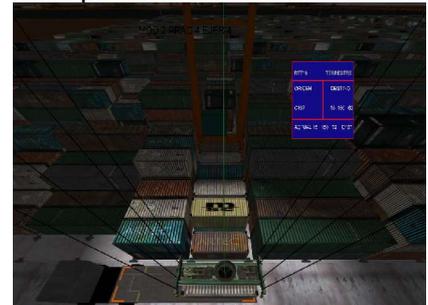
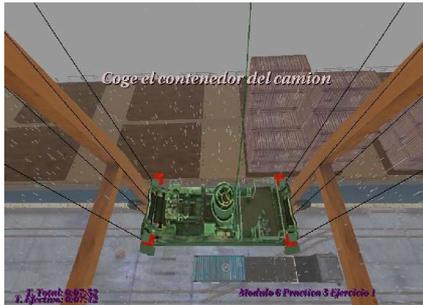
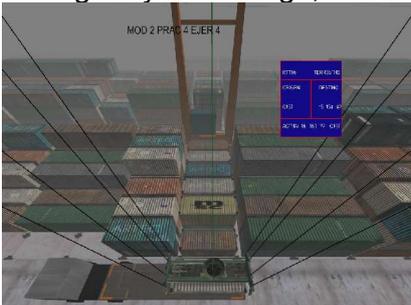


La reproducción de un ejercicio puede detenerse y reanudarse en cualquier momento, y el punto de vista de la representación gráfica puede cambiarse a discreción para ayudar a este objetivo.



Condiciones meteorológicas

Uno de los aspectos más beneficiosos de la simulación es que permite la realización del trabajo en condiciones difíciles de reproducir, o inviables, en la grúa real. Entre este tipo de situaciones, se encuentra el trabajo diferentes condiciones meteorológicas, que influyen en el comportamiento de la grúa y de la carga, así como en las condiciones de visibilidad del operario.



El sistema de simulación propuesto por la Universidad de Valencia incorpora los modelos más novedosos para la simulación de fenómenos ambientales y meteorológicos. Estos modelos consideran los efectos de la meteorología que afectan a la conducción, tanto en el comportamiento de las grúas como en la visibilidad.

El efecto de la lluvia, la nieve o el hielo modifica, por ejemplo el comportamiento de las colisiones de los contenedores con los elementos de la escena. En estas situaciones, al igual que en caso de niebla, la visibilidad se ve reducida, además de provocar la aparición de gotas o nieve sobre el cristal de la cabina, dificultando aún más la conducción.

Por otra parte, el viento imprime fuerzas sobre la grúa y sobre la carga, e influye en el comportamiento del mar y de los buques, dificultando la conducción y aumentando el riesgo de accidente o de colisiones.

De la misma forma, las diferentes condiciones de luz ambiental influyen notablemente en el manejo de las máquinas simuladas, ya que modifican la forma en que se perciben los elementos de las grúas y la posición y comportamiento de las sombras. Por otra parte, durante el manejo de las grúas pueden darse situaciones en las que la luz directa del sol, o su reflejo en el agua, suponga un inconveniente, provocando deslumbramientos.

Por este motivo, en la iluminación y renderizado del escenario virtual, se tienen en cuenta los efectos de la luz y de la posición del sol a lo largo del día; por una parte, se modifica la posición de la sombra respecto al objeto que la genera, ayudando a conseguir una mayor sensación de

profundidad en la visualización; por otra, se modifica el nivel de contraste de los objetos de la escena, en función de la nubosidad y del ángulo de incidencia del sol sobre el aprendiz, de forma que la percepción de la misma sea similar a la que se tendría en la realidad.

En los modelos de simulación desarrollados por la Universidad de Valencia, la consecución de cada uno de estos efectos se realiza por medio de los modelos y las técnicas más novedosas, tanto desde el punto de vista físico como de la visualización.

Todos estos aspectos pueden ser controlados de forma sencilla desde el panel del instructor, integrado en la aplicación del puesto de control, permitiendo un control total sobre el entorno en el que se realiza la tarea simulada. Desde este panel es posible realizar modificaciones en cualquier momento de la simulación sobre aspectos como:

- hora a la que tiene lugar la simulación;
- luminosidad, tanto por la luz natural, como por la luz artificial de los focos;
- condiciones climáticas;
- condiciones de viento (dirección y fuerza, rachas,...);
- condiciones de la mar.



Gestión y configuración del tráfico

El simulador debe permitir el trabajo en condiciones similares a las que el aprendiz encontrará una vez acceda a la grúa real. Esto debe ser así, no sólo en lo que respecta a las condiciones físicas del entorno (luz, condiciones atmosféricas, etc.) sino también en lo referido al protocolo de trabajo que deberá seguir en su trabajo en la grúa real. Por este motivo, el simulador incorpora un módulo de simulación de tráfico que controlará los diferentes elementos móviles de la escena, tales como otras grúas, y el flujo de aparición o recogida de las cargas que el operario debe manejar. Estos modelos son el fruto de varios años de investigación en el terreno de generación automática y simulación de tráfico del equipo de investigadores de la Universidad de Valencia que desarrolla los simuladores.



El modelo incorporado se basará en un análisis del funcionamiento de las terminales del puerto de destino, y de los procedimientos de trabajo de las mismas, de forma que el comportamiento del tráfico, no sólo en cuanto al tiempo de espera entre dos contenedores y a la dinámica de movimiento de los mismos, sino también en cuanto al tipo de carga que incluyen los contenedores y su disposición en la terminal, en caso de que esto sea necesario (zona para mercancías peligrosas, zona para fluidos, zona de cargas especiales que contemplen el uso de spreader OH, etc.).

El modelo de tráfico es fácilmente parametrizable, permitiendo la modificación de la intensidad del tráfico, de la frecuencia de aparición de contenedores, etc. además de contemplar la introducción de elementos de forma eventual, lo que facilita al instructor el envío de camiones o grúas straddle carrier. Todo esto puede realizarse de forma interactiva y en tiempo real durante la simulación, permitiendo la modificación de la situación de trabajo siempre que el instructor lo considere oportuno.

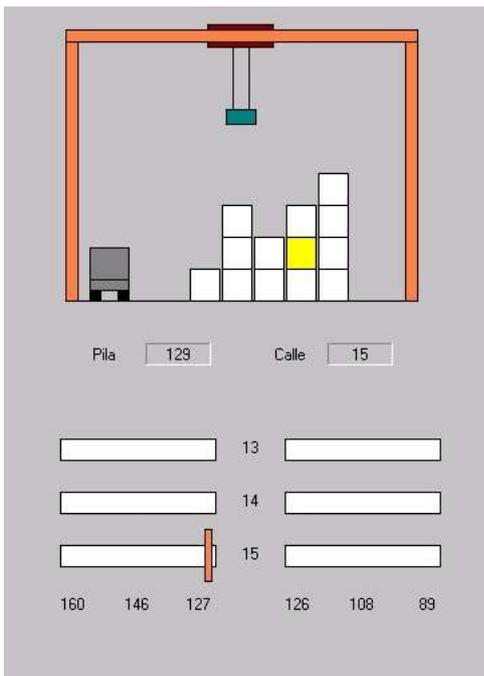
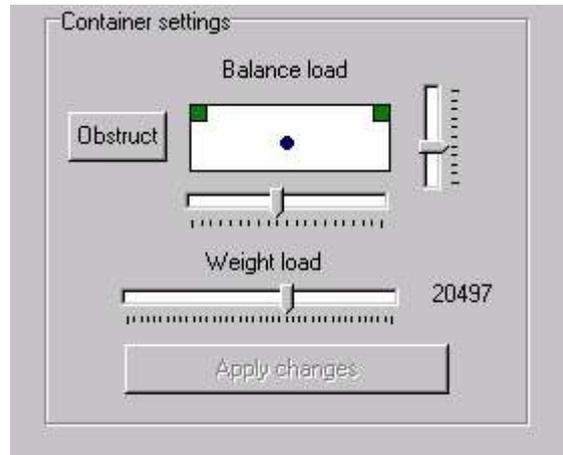
Igualmente, se han incorporado al simulador los modelos más novedosos de simulación de actores virtuales y de grupos autónomos de personas, que dan realismo a la escena, además de permitir, en caso de que se considere necesario, la interacción del aprendiz con el personal de la terminal o de la cubierta del barco.

De esta forma, el instructor tendrá un control total de la terminal, de sus elementos y de los movimientos de contenedores de la misma, desde el panel de configuración del tráfico, integrado en el panel de control del simulador.

Tipos de carga

Durante la operación con los diferentes tipos de grúa, el comportamiento de la máquina, así como del spreader o del grapín, puede verse influido por las características de la carga. El aprendiz debe aprender a identificar estas diferencias y a actuar en consecuencia, evitando así posibles daños a la carga y averías de la maquinaria.

La simulación permite el entrenamiento de estas habilidades, y habilita la repetición de situaciones potencialmente peligrosas que no son viables con el equipo real, para instruir a los aprendices en el procedimiento adecuado ante las mismas.



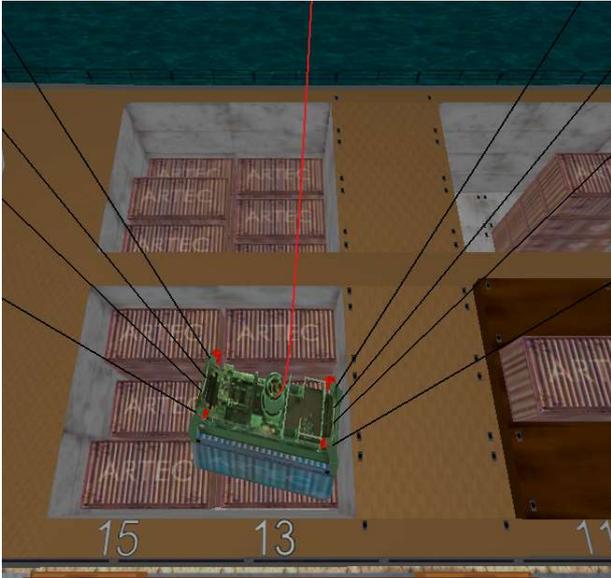
De esta forma, desde el panel de configuración de la carga, integrado en el puesto de control del instructor, podrán modificarse los parámetros de cada elemento de la carga a manipular de forma individualizada. Estos parámetros abarcan aspectos tales como el peso de cada contenedor, la posición de su centro de gravedad, o el tipo de carga que contienen, pudiendo simularse cargas líquidas.

Igualmente, es posible configurar por elemento de carga el comportamiento del sistema de enganche. Esto permite al instructor seleccionar con anticipación en que momento del trabajo se producirán fallos, averías o situaciones excepcionales (véase 2.4.2 para una lista de posibles situaciones).

El panel de configuración de la carga, incorpora un diagrama de la terminal, que permite un control total sobre toda el área de trabajo, y que sirve además de guía de la terminal para el instructor durante un ejercicio.

Sensibilidad a los choques

Los choques durante la conducción de grúas portuarias se deben principalmente a errores de conducción, y deben considerarse como un aspecto negativo. No obstante, la ocurrencia de colisiones no siempre tiene graves consecuencias, dependiendo ésto de la fuerza de la colisión, y de las condiciones en que se produzca.



El simulador mantiene un registro de una gran cantidad de parámetros durante la realización de cada sesión, entre los que se encuentran las colisiones ocurridas. Estas colisiones se clasifican en dos o más grupos en función de la gravedad de los mismos, y se utilizan para la evaluación del ejercicio y del aprendiz.

A pesar de que el simulador está configurado inicialmente usando una clasificación y un método de evaluación que han demostrado su validez, la clasificación de las colisiones puede ser modificada por el instructor, en base al valor de ciertos parámetros de la colisión, así como la influencia de cada tipo de colisión en la calificación final del ejercicio. Esto permite que la evaluación de cada sesión refleje los objetivos fijados por el instructor para ese ejercicio concreto.

Debido al alto nivel de realismo con el que se han modelado los diferentes elementos mecánicos de las grúas, tales como cables y estructuras, la reacción de la grúa a los choques puede apreciarse de forma realista en la cabina del simulador, sin necesidad de la introducción de sacudidas adicionales. No obstante, el simulador cuenta con un conjunto de señales de aceleraciones que reproducen la respuesta en la cabina de cada una de las grúas simuladas ante diferentes situaciones de trabajo. El instructor puede decidir la utilización de estas señales con el fin de acentuar el efecto de determinadas maniobras sobre la cabina durante un ejercicio o un intervalo de tiempo.

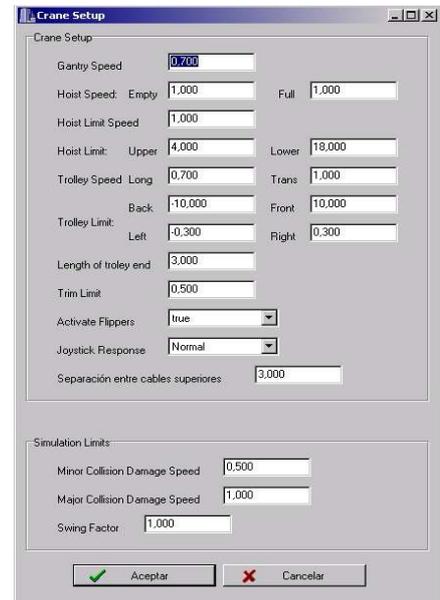
Parámetros técnicos

El simulador de la Universidad de Valencia también permite la modificación de ciertos parámetros de las grúas por parte del instructor. Esto facilita la recreación de nuevos escenarios de trabajo, principalmente en lo que respecta a la maquinaria, así como el entrenamiento y aprendizaje de habilidades específicas por parte de un aprendiz. Algunos de las características que pueden modificarse por el instructor son las siguientes:

- Modificación de las velocidades de los motores de la grúa: esto permite simular grúas diferentes de las especificadas, conociendo sus características técnicas. Asimismo, permite que los aprendices avanzados, o los usuarios experimentados, entrenen con equipos más rápidos, y por tanto más difíciles de manejar.
- Modificación de las características físicas de las grúas:
 - longitud la pluma, la altura, etc.
 - características del spreader, de los flippers,...
- Modificación del umbral que permite el enganche con el spreader
- Modificación de la sensibilidad de los joysticks, por medio de curvas de respuesta:

- reduciendo la sensibilidad inicial de los joysticks se facilita la conducción, proporcionando un escenario de trabajo más sencillo para el aprendiz novato;
- por el contrario, utilizando curvas con un ataque más corto, se entrena al aprendiz más experimentado para tener un mayor control de los mandos.
- Introducción de retardos en la respuesta de los mandos: obliga al usuario del simulador a estar más pendiente de las maniobras y a anticipar las acciones, mejorando sus reflejos y su dominio de la máquina.
- Activación y desactivación de diferentes sistemas de ayuda y de seguridad, tales como el sistema antibalaceo, el trimado (*inclinaison*), el *oblicité*, los finales de carrera de los diferentes movimientos, etc.

Este entrenamiento, ayuda además a acortar el proceso de adaptación natural del operario a diferentes modelos de máquina en la operación real. Todos estos aspectos se pueden controlar de forma intuitiva y sencilla desde el interfaz del instructor, por medio de un entorno de ventanas.



Diseñador de ejercicios

Como un complemento al Sistema de Simulación Integrado se ofrece una aplicación independiente que permite diseñar y configurar el escenario a voluntad del instructor, generando ejercicios personalizados en los que cada elemento se configura previamente.

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

3.1. LA SALA DE SIMULACIÓN

La instalación del Sistema de Simulación integrado UVSIm se realiza de forma que las instalaciones del simulador sean en realidad un centro de formación en si mismas. Con este fin, el sistema de simulación cuenta habitualmente con varias salas en cada una de las cuales se realizan diferentes tareas relacionadas con la formación.

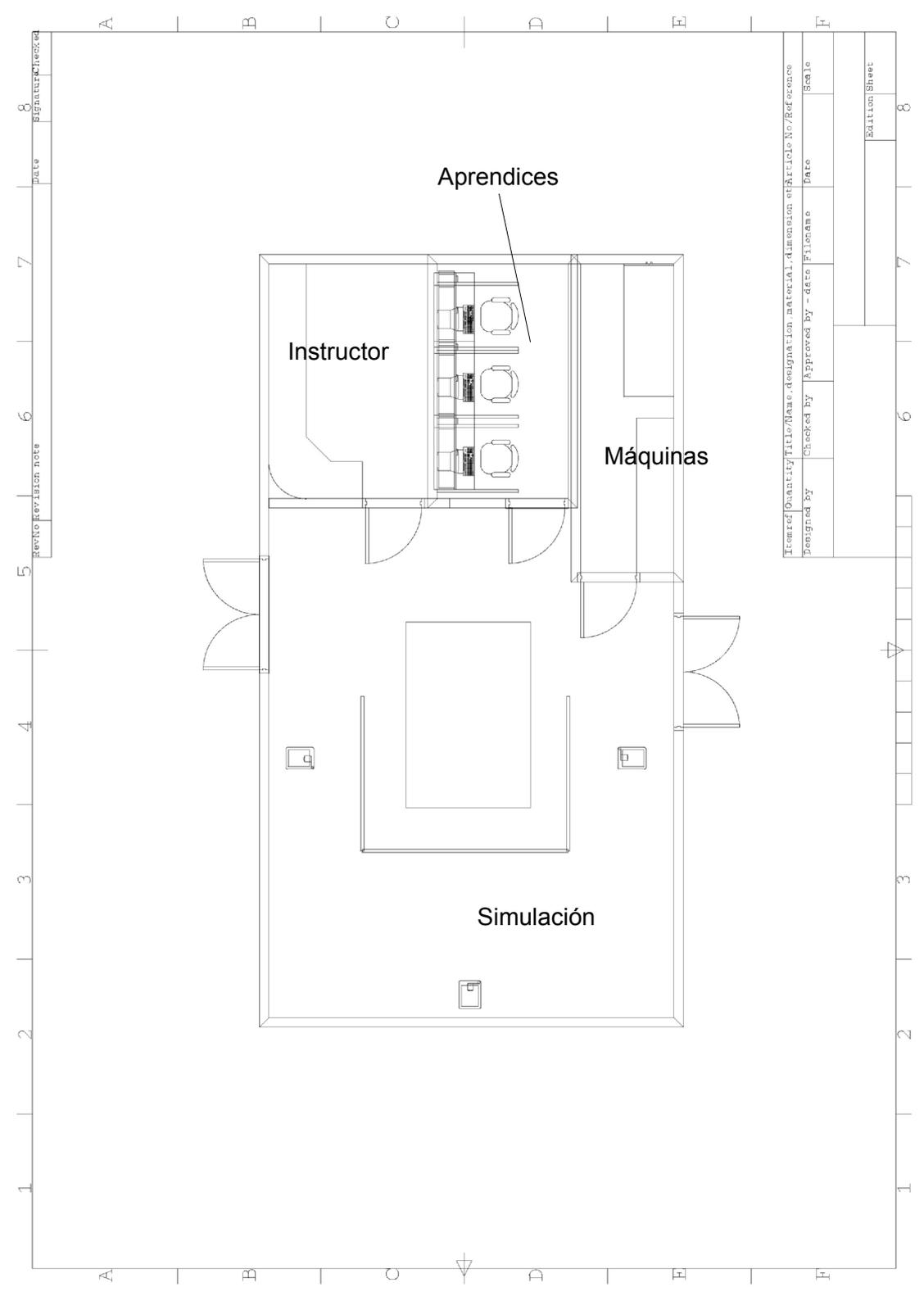
Por una parte, la sala en la que se encuentra la cabina de simulación cuenta además con los elementos del sistema de proyección y del sistema de audio. Junto a esta sala, se sitúa la cabina de control en la que se encuentra el puesto de instructor, con todos los elementos necesarios para el control de la simulación y la dirección del curso integrados en un mueble ergonómico.

Todo el equipo informático y eléctrico se encuentra aislado en la sala de máquinas. De esta forma, las salas de control y de simulación quedan libres de ruido y de fuentes de calor molestas. Esta sala está convenientemente monitorizada, permitiendo la detección de cualquier incidencia que se produzca desde el puesto de instructor.

Por último, el centro de simulación puede contar de forma opcional con una o varias salas para docencia y seguimiento de simulación. Desde estas salas, dotadas con terminales gráficas, varios aprendices pueden seguir los ejercicios de sus compañeros, de forma que se aumenta la productividad del centro de formación. Estas salas pueden utilizarse además como aulas para impartir la parte teórica de la formación de los operarios y para que el instructor de instrucciones a los aprendices.

Los requisitos de espacio para la instalación del Sistema de Simulación Integrado UVSIm, parten de los 90m² en un sistema básico, pero dependen de la cantidad de cabinas de simulación instaladas y de las necesidades de formación del cliente, principalmente en cuanto al número de alumnos.

El siguiente plano es un ejemplo de una instalación del Sistema de Simulación Integrado UVSIm en una sala de 90m².



Item ref	Quantity	Title/Name	Material	Dimension	Article No./Reference
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Filename	Date
					Scale
					Edition/Sheet
					8

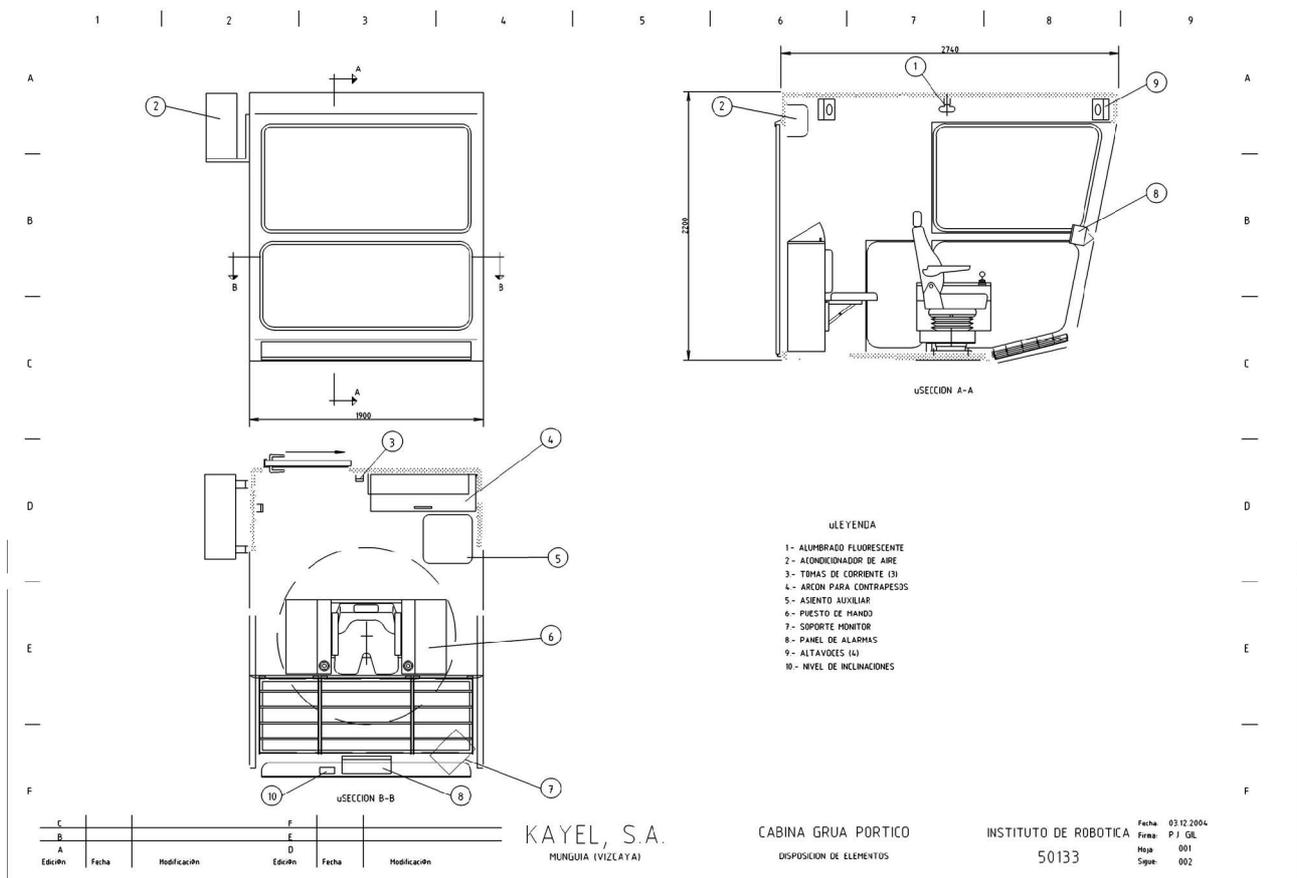
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA CABINA DE SIMULACIÓN

3.2.1. GENERALIDADES

Con el fin de dar el mayor realismo posible al entorno, la cabina de simulación es una adaptación de la cabina real de las grúas pórtico de PACECO. Se trata de una cabina fabricada en aluminio, con chapas de 3 mm para las paredes y 4 mm para el suelo. Con el fin de evitar vibraciones y proporcionar aislamiento sonoro, la cabina se realiza con doble chapado, utilizando espuma aislante entre ambas capas. La cabina se construye con materiales ignífugos e incombustibles.

La cabina está completamente cerrada para conseguir la mayor sensación de inmersión posible, ya que de esta forma se aísla al usuario del exterior. El motivo principal para esta característica es que la existencia de referencias visuales externas anula la eficacia de la plataforma móvil de 6 grados de libertad, ya que los movimientos del usuario se perciben como tales y no como aceleraciones, impidiendo la completa amortización de la inversión realizada.

La cabina dispone de los pupitres necesarios para la conducción de las diferentes grúas, en cuyas tapas se situarán los joysticks, botones y palancas típicas.



El asiento del conductor es de tipo BRIEDA TYPE SB1, según el diseño BRIEDA nº 0935. La cabina también dispone de un asiento plegable, con cinturón de seguridad, para que el instructor se pueda sentar en él.



Cuenta con iluminación, tomas de corriente de 220V y así como con un pequeño extractor, y está climatizada con un equipo de aire acondicionado con bomba de calor. Incorpora un TFT, así como los altavoces del sistema de audio.

Por otra parte, la cabina de simulación está dotada de un sistema de audio que permite la comunicación bidireccional con el puesto del instructor. Esto permite que el aprendiz reciba instrucciones, durante la simulación, y simular los procedimientos de control y ordenes de la terminal real.

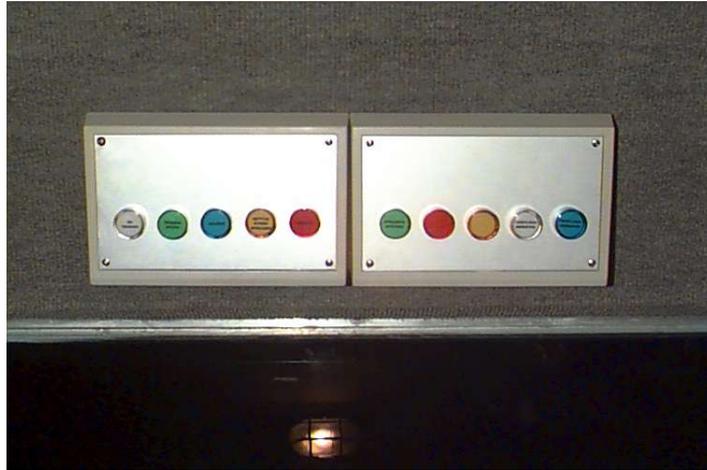
Tanto el acceso a la cabina como el resto de elementos se revisan antes de la instalación con el fin de asegurar el cumplimiento de la legislación relativa a prevención de riesgos laborales y salud en el trabajo del país de destino.

3.2.2. LOS PUPITRES

Los pupitres de la cabina de conducción del simulador son una réplica de los paneles de las grúas reales. La sensorización de los joysticks se realiza por medio de tarjetas capturadoras de entrada/salida (I/O Acquisition boards) simplificando la instalación y reduciendo el mantenimiento.



Los pupitres se han diseñado de forma que tienen un único armazón, con las conexiones eléctricas comunes a los paneles de las diferentes grúas. La parte superior de los pupitres es intercambiable facilitando y acelerando el intercambio de pupitres.



Además, de los pupitres situados junto al asiento, la cabina tiene dos pupitres adicionales en la parte trasera de la cabina, en las que se sitúan los controles adicionales de las diferentes grúas, que no se encuentran junto al asiento del conductor.

La cabina también dispone de un panel de alarmas e indicadores luminosos, suficientemente amplio como para contener los indicadores de cada una de las grúas simuladas, así como un nivel para medir inclinaciones

Con el fin de mejorar el realismo de la cabina se consideran dos pares de pupitres diferentes; uno para las grúas pórtico y otro para las grúas trastainer.

El tipo de mandos implantados en los pupitres son los utilizados en las grúas reales, y han sido provistos por los fabricantes, de manera que en ellos podemos encontrar los siguientes elementos:

- joysticks de la marca SPOHN+BURKHARDT.
- pulsadores
- pulsadores luminosos
- leds (indicadores)
- conmutadores
- combinadores (palancas de posicionamiento)
- interruptores
- displays numéricos
- zumbadores
- ...

3.2.3. BASE DEL SIMULADOR

Los modelos dinámicos que reproducen el funcionamiento de las diferentes grúas se encargan, entre otras cosas, de calcular el movimiento que sufren las cabinas como respuesta a las las maniobras típicas realizadas durante la explotación o debidas a ciertas condiciones ambientales. De esta manera se contemplan los efectos del enganche y desenganche de contenedores, las colisiones del spreader o gancho con los contenedores, barcos u otros objetos de la escena y las vibraciones de la cabina a causa del viento El comportamiento de la cabina se calcula en forma de aceleraciones.

No obstante, a pesar de que los modelos de simulación reproducen con gran fidelidad el comportamiento del sistema real, no es posible simular en tiempo real todos los efectos percibidos por el conductor en la cabina. Por este motivo, los modelos desarrollados por el Instituto de Robótica también incorporan un modelo matemático de vibraciones basada en el análisis espectral de los patrones de aceleración que se extraen de medidas en la grúa real.

En consecuencia, las aceleraciones que percibe el usuario del simulador resultan de la composición del movimiento generado por el modelo dinámico y las aceleraciones producidas por el modelo matemático de vibraciones.

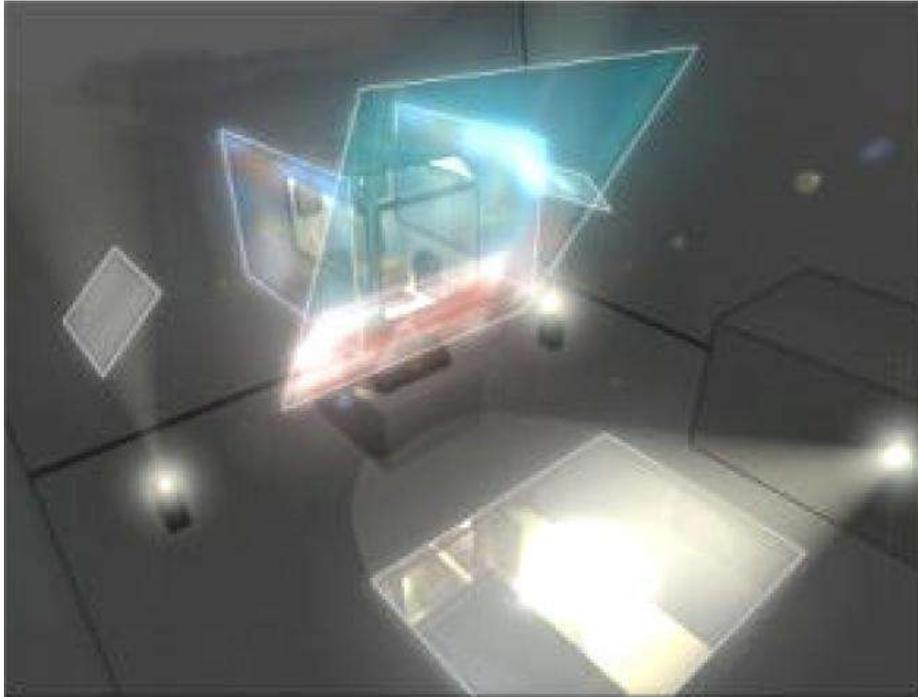
El sistema de movimiento propuesto se basa en la utilización de una plataforma eléctrica MOOG 6DOF2000E de tipo Stewart con seis grados de libertad y que se caracteriza por ofrecer un buen rendimiento dinámico, facilitar un posicionamiento muy preciso y carecer prácticamente de mantenimiento. Dicha plataforma se encarga de reproducir las aceleraciones sobre el usuario del simulador. Para ello se utilizan algoritmos de *motion cueing* que recogen las aceleraciones de los modelos y las transforman en movimientos que la plataforma puede reproducir y que el conductor puede sentir como reales.



3.2.4. SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

El sistema de visualización está compuesto por un conjunto de pantallas de retroproyección, espejos, proyectores, amplificadores de vídeo y sistemas de corrección y mezclado de imágenes.

El Instituto de Robótica cuenta con una gran experiencia en la utilización de este tipo de sistemas de proyección, ya que cuenta con dos visionarios y un sistema tipo CAVE en sus instalaciones.



El sistema de visualización puede presentarse en varios formatos, dependiendo de las necesidades de cada cliente. Las diferencias principales se refieren al número y posición de las pantallas de proyección que se instalan.

En aquellos casos en los que la visión lateral es muy importante, como en el caso de la simulación de vehículos (tractores, camiones, containeras, etc.) se aconseja la instalación de un sistema con al menos tres canales de proyección.

En otros casos, y siempre en función de los requisitos especificados por el cliente, puede ser suficiente con un canal frontal. En cualquier caso, es importante observar que, salvo en situaciones excepcionales de restricciones de espacio, el sistema de visualización es escalable, pudiéndose contemplar la actualización posterior de un sistema de uno a tres canales.

Los sistemas de proyección habitualmente constan de un conjunto de elementos formado básicamente por un proyector, un espejo y una pantalla de retroproyección para cada canal.

El sistema está preparado también para la actualización del sistema de proyección a un sistema de proyección de imágenes estereoscópicas, utilizando tecnología de creación del efecto estéreo 3D de tipo pasivo.

El sistema que se presenta es de tipo estático, con lo que las pantallas y proyectores estarán fijos al suelo, reduciendo el coste de construcción de la cabina. Esto no supone pérdida de calidad en la proyección, ya que se instala un sistema de corrección de la proyección que tiene en cuenta la posición de la plataforma de movimiento. El instituto de Robótica ha desarrollado sus propias

librerías de corrección que rotan, desplazan y escalan las imágenes a medida que el punto de vista del usuario se va moviendo.

3.2.5. SISTEMA DE AUDIO

El sistema completo de instrucción consta de un servidor de sonido. En este tipo de arquitectura cliente-servidor, el modelo dinámico inicializa y activa o desactiva los sonidos en función de las tareas que se realizan en el simulador.

El sistema de sonidos está basado en la librería openal, que permite la creación de sonido 3D y la inclusión de otros efectos, como ecos, reverberaciones y efecto doppler, generadno una gran sensación de realismo. La cabina incluye un sistema de audio que puede ir desde un equipo estéreo estándar, hasta uno de tipo Surround.

Los tipos de sonido que se generan se controlan tanto en volumen como en frecuencia, de forma que se simulan tanto ruido de ambiente, el típico de un entorno portuario, además del producido por los efectos atmosféricos de lluvia, viento o niebla, como los sonidos de motores y de colisiones entre los elementos móviles de la escena.

A través de los mismos altavoces de la cabina se escuchan las órdenes que envía el monitor desde el puesto del instructor. De la misma manera, en el pupitre del alumno existe un micrófonos extensible que le permite la comunicación directa con el puesto del instructor.

3.2.6. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN EN CABINA

De forma opcional, la cabina puede incluir un sistema de registro de imágenes y de audio. Este sistema de visión está totalmente integrado en la interfaz del instructor, de manera que cuando se empieza la realización de un ejercicio, de forma automática las cámaras se pondrán a grabar la escena y junto con el sonido se irá generando un archivo de audio-vídeo comprimido en formato mpeg2. Una vez terminado el ejercicio, el fichero quedará integrado en el sistema de briefing para su posterior visualización. Al finalizar la sesión de prácticas, el instructor podrá decidir si desea almacenar el archivo de forma permanente en el sistema de backups o desecharlo.

La puesta en marcha de las cámaras, configuración, así como las tareas de diagnóstico se realizará de forma remota a través de una interfaz Web. En tiempo real y de forma simultánea con la realización del ejercicio, se visualizarán las imágenes de una de las cámaras sobre uno de los monitores del puesto de control del monitor. El instructor podrá en cualquier momento alternar las imágenes que se visualizan sobre el monitor para cambiar de una cámara a otra a través de un botón dispuesto en la GUI del instructor.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE OBSERVACIÓN

3.3.1. PUESTO DEL INSTRUCTOR

Para mantener un control completo sobre el simulador en tiempo real, el puesto del instructor proporciona la posibilidad de interactuar con cada entidad del sistema de una forma sencilla y gráfica. El puesto del instructor se compone de un conjunto de sistemas informáticos, integrados en una consola ergonómica.

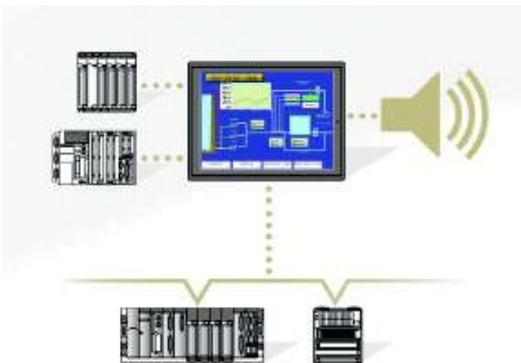
El mobiliario del puesto de instructor, diseñado expresamente para el simulador integra de forma completa sus elementos, e incorpora una mesa amplia, una impresora para la obtención de los informes en papel, así como estanterías y cajones que permiten mantener de forma ordenada la

información de los aprendices y los manuales y resto de la documentación del simulador. Los altavoces desde los que el instructor puede comunicarse con el aprendiz están igualmente integrados en el mobiliario.



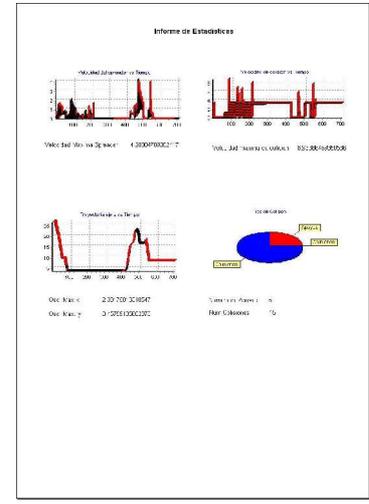
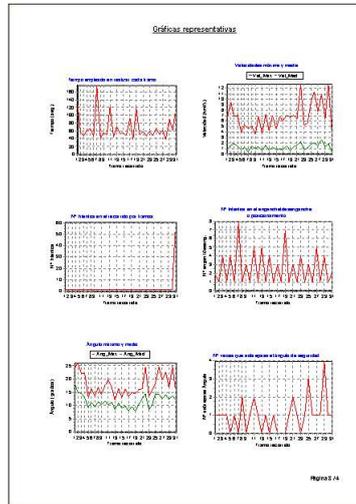
El sistema incluye una aplicación de interfaz gráfica que ofrece monitorización y control de la simulación. Dentro de esta monitorización, se incluye la visualización de la escena que se ve desde la cabina y de las cámaras de la grúa, la visualización de un panel de control desde el que se accede a todos los parámetros que controlan la simulación, como condiciones ambientales, averías, características de la carga, etc.

El puesto de instructor cuenta además con un sistema de monitorización XBT que permite conocer el estado de los elementos eléctricos y electrónicos del sistema.



Desde el punto de vista de la formación, el puesto de instructor integra también el sistema de revisión, evaluación e informes sobre los usuarios, así como el acceso a la base de datos de los aprendices que registra de forma detallada su evolución.

Informe de evaluación																																													
MÓDULO 1	1																																												
PRÁCTICA 1	1																																												
EJERCICIO 1	1																																												
Estado con esta configuración en primer plano (de control)																																													
Tiempo																																													
Tiempo de simulación del ejercicio	35:26:46																																												
Tiempo de simulación del módulo	33:21:45																																												
NIVEL BUENO																																													
Resumen de los errores																																													
<table border="1"> <tr> <td># de Errores</td> <td>2</td> <td>de</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de inicio en los errores</td> <td>0:2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de inicio en los errores (seg.)</td> <td>29</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de inicio en los errores (seg.)</td> <td>69:00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alcance cuando se cometen errores</td> <td>3:06</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia al error cuando se cometen errores</td> <td>50:00</td> <td></td> <td>NIVEL NORMAL</td> </tr> <tr> <td>Velocidad de avance en los errores (porcentaje)</td> <td>1:57</td> <td></td> <td>NIVEL NORMAL</td> </tr> <tr> <td># de Errores con aceleración pedagógica</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo con más de tres pedagogías</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td># de Errores con tiempo pedagógico</td> <td>0</td> <td></td> <td>NIVEL BUENO</td> </tr> <tr> <td>Tiempo con más de tres pedagogías</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		# de Errores	2	de	2	Tiempo de inicio en los errores	0:2			Tiempo de inicio en los errores (seg.)	29			Tiempo de inicio en los errores (seg.)	69:00			Alcance cuando se cometen errores	3:06			Distancia al error cuando se cometen errores	50:00		NIVEL NORMAL	Velocidad de avance en los errores (porcentaje)	1:57		NIVEL NORMAL	# de Errores con aceleración pedagógica	0			Tiempo con más de tres pedagogías	7			# de Errores con tiempo pedagógico	0		NIVEL BUENO	Tiempo con más de tres pedagogías	7		
# de Errores	2	de	2																																										
Tiempo de inicio en los errores	0:2																																												
Tiempo de inicio en los errores (seg.)	29																																												
Tiempo de inicio en los errores (seg.)	69:00																																												
Alcance cuando se cometen errores	3:06																																												
Distancia al error cuando se cometen errores	50:00		NIVEL NORMAL																																										
Velocidad de avance en los errores (porcentaje)	1:57		NIVEL NORMAL																																										
# de Errores con aceleración pedagógica	0																																												
Tiempo con más de tres pedagogías	7																																												
# de Errores con tiempo pedagógico	0		NIVEL BUENO																																										
Tiempo con más de tres pedagogías	7																																												
Condiciones																																													
# de errores con condiciones	1																																												
# de errores con errores de bodega	2																																												
# de errores de condiciones	2																																												
NIVEL BUENO																																													

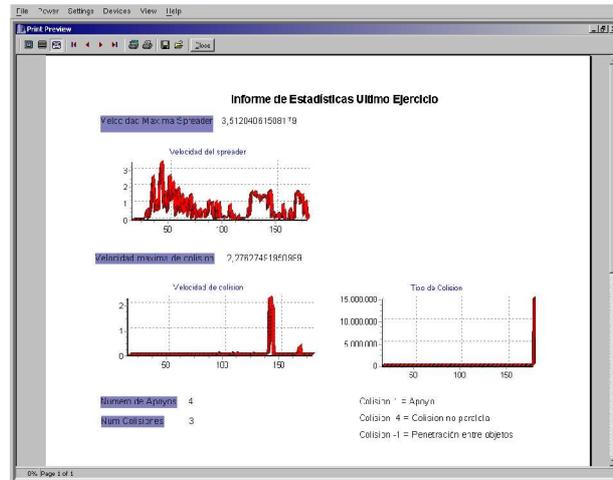


Interfaz del instructor

El puesto de instructor cuenta con un interfaz gráfico de usuario basado en un entorno de ventanas desde el que el monitor puede controlar todo el sistema de simulación. La aplicación, a la que se accede tras identificarse como usuario autorizado, permite controlar cada uno de los aspectos de la simulación y del sistema por medio de un conjunto de paneles independientes.

Estos paneles de control permiten el ajuste de los parámetros de la escena antes de comenzar un ejercicio, definiendo así el escenario de trabajo, o una vez iniciada la simulación, pudiendo modificar dichas condiciones o introducir eventos de todo tipo. Para una descripción más detallada de las opciones que pueden configurarse desde los paneles de control de la simulación véase el apartado Control de la simulación.

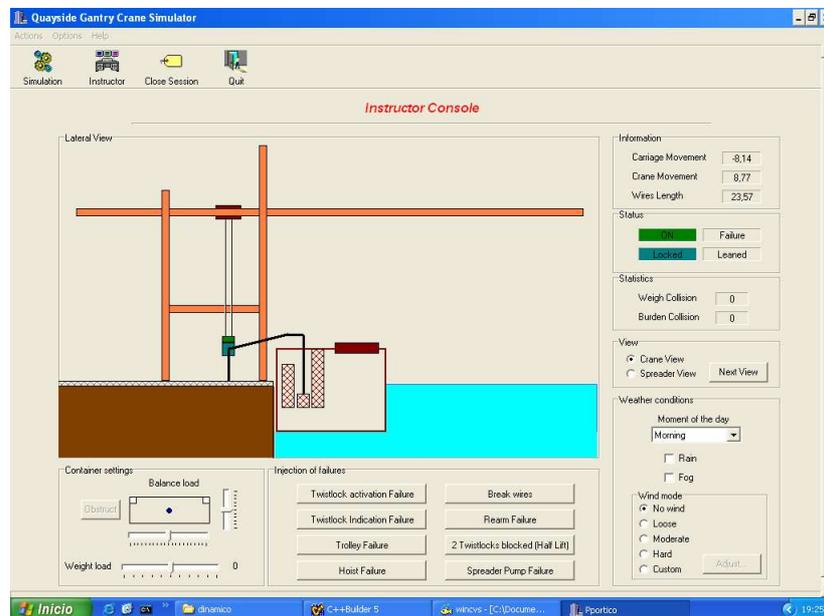




La aplicación del puesto del instructor no sólo permite el control de los aspectos relacionados con la simulación, sino que tiene integrado también el sistema de análisis y evaluación de los ejercicios.

El interfaz cuenta con un acceso a la base de datos de usuarios del simulador, de forma que se puede mantener un registro de la formación de cada usuario individualmente. Desde este interfaz se pueden añadir, eliminar y modificar usuarios, además de elegir el usuario que está realizando la simulación en cada momento.

El sistema de registro se encarga de almacenar en la base de datos la información de los ejercicios realizados por cada usuario, junto con los datos de evaluación y las notas que el instructor considere oportuno.



Esto permite, entre otras cosas, que el sistema indique al instructor en qué punto de la formación se encuentra un usuario, indicando cuál es el siguiente ejercicio a realizar según el plan docente. Pero además, permite que en cualquier momento el instructor pueda visualizar los informes de cualquier ejercicio realizado por un aprendiz, e incluso reproducir el ejercicio en pantalla.

Por otra parte, el interfaz cuenta también con un panel de acceso a los ejercicios a discreción, de



**Descripción de producto
simulador UVSIm de grúas pórtico**

Fecha: 19/05/05

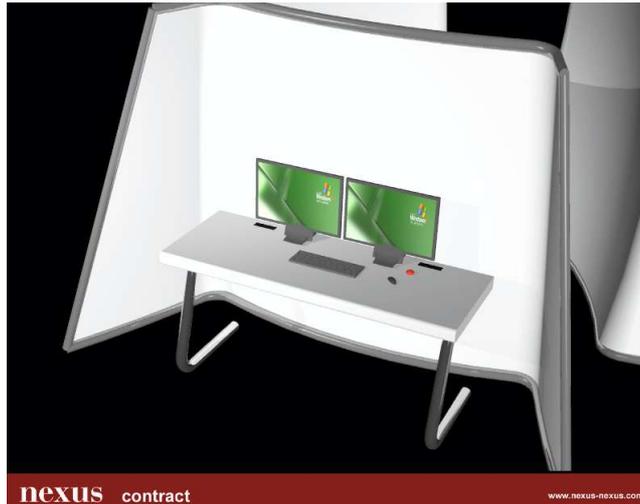
forma que el instructor puede elegir libremente el ejercicio o escenario de simulación que considere más oportuno, independientemente del plan formativo.

Tras realizar un ejercicio, el instructor puede elegir entre la repetición o realización de uno nuevo, y la visualización del ejercicio realizado, junto con los informes de evaluación.

Todo esto convierte al interfaz de instructor del sistema de simulación propuesto por la Universidad de Valencia en una herramienta potente y flexible para la formación de operarios de grúa.

3.3.2. PUESTO DE APRENDICES

En las instalaciones del simulador, se puede instalar una habitación dedicada a la observación de la sesión de simulación por parte de otros aprendices. Esto permite que durante una sesión de simulación varios aprendices puedan aprovecharse del ejercicio realizado, así como de las indicaciones dadas por el instructor.



Esta sala consta de varios puestos, cada uno de ellos con dos pantallas de 19", así como el espacio para teclado y ratón, además de las instalaciones necesarias para impartir docencia, tales como una pizarra blanca, un proyector, etc. y podrá ser utilizada por el instructor para dar indicaciones a los aprendices.

3.4. SALA DE MÁQUINAS

La instalación de los diferentes sistemas, tanto informáticos, como eléctricos o automatismos está centralizada en una sala. Esto permite el aislamiento sonoro y térmico de las salas utilizadas durante la simulación y la formación.

Con el fin de facilitar el mantenimiento de los diferentes sistemas, se instala un sistema de monitorización que permite la detección de cualquier incidencia o fallo en los equipos instalados en la sala de máquinas.

En esta sala se encuentran, tanto los equipos informáticos, como la unidad de almacenamiento masivo para copias de seguridad y el Sistema de Alimentación Ininterrumpida que garantiza el funcionamiento e integridad del sistema ante incidencias en el suministro eléctrico.

Se ofrece también la instalación de un sistema de acceso remoto seguro, que permita la realización de determinadas tareas de mantenimiento de forma remota.

3.5. EQUIPO INFORMÁTICO

El sistema de simulación se ejecuta sobre una plataforma compuesta por un cluster de varios PC de características comerciales, equipados con tarjetas gráficas de alto rendimiento. Esto facilita su administración y mantenimiento, ya que se trata de equipos fáciles de actualizar y para los que



Descripción de producto simulador UVSim de grúas pórtico

Fecha: 19/05/05

es sencillo encontrar repuestos. Los simuladores de la Universidad de Valencia pueden ejecutarse sobre PC tanto con sistema operativo Windows XP de Microsoft, como con sistema operativo GNU/Linux.

La solución propuesta contempla la instalación de uno o varios PC con Windows XP, en los que se ejecutará, entre otros módulos, la aplicación que actúa como interfaz de instructor y de control de la simulación y del sistema; y de varios PC con GNU/Linux RedHat Enterprise, en los que se ejecutarán los modelos de simulación, y que incorporarán las tarjetas gráficas.

Todos los interfaces hombre máquina se realizan por medio de entornos de ventanas y de interfaces web bajo Windows XP. La aplicación del simulador se ejecuta de forma automática al inicio del sistema, lo que elimina la necesidad de conocimientos previos de informática por parte del usuario del programa.

3.5.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El equipo que desarrolla el simulador ofertado por la Universidad de Valencia valora enormemente la flexibilidad y facilidad de actualización del software que diseña e implementa. Por este motivo, el software incorporado en el simulador consiste en un conjunto de bibliotecas desarrolladas en ISO C++, que dan lugar a una implementación modular del sistema.

El cuidadoso diseño orientado a objetos da lugar a un código flexible y fácil de mantener que garantiza una rápida respuesta a cualquier solicitud de modificación que pueda provenir del comprador.

3.5.2. SEGURIDAD INFORMÁTICA

El sistema de simulación, contiene gran cantidad de componentes de tipo eléctrico, electrónico y mecánico (ordenadores, paneles y armarios eléctricos, sistema de proyección, sistema de sonido, sistema de movimiento, pupitres de cabina, pasarela de acceso,...), por lo que son necesarias herramientas que permitan al instructor o al personal de mantenimiento conocer con facilidad el estado de cada uno de estos elementos.

Con este fin, los diferentes componentes disponen de la monitorización correspondiente (dispositivos de control, sensores de posición, finales de carrera, etc) y que está centralizada en un equipo. El sistema de monitorización está conectado a un ordenador que a través de la red local y un daemon procesa toda la información registrada por el mismo, actualizando cada cierto tiempo los datos contenidos en un repositorio de estado del simulador. Este sistema de monitorización y control dispone de un interfaz web, intuitivo y sencillo de utilizar, desde el que se podrá detectar cualquier anomalía además de controlar ciertos elementos.

El puesto de instructor cuenta además con un sistema de monitorización Magelis XBT G de Telemecanique, compuesto por un terminal gráfico con pantalla táctil, que muestra la información de estado de los diversos sistemas capturada a través de los dispositivos de control. Estos terminales destacan por su sencilla configuración gráfica a través de un entorno de desarrollo bajo Windows, y por la flexibilidad de su interfaz, que cuenta con conexiones serie RS232-C, RS485 y Ethernet.

Asimismo, la Universidad de Valencia es consciente de que el sistema de simulación debe ser operado únicamente por personal autorizado. Por otra parte, dicho sistema contendrá información sobre los usuarios que puede ser susceptible de protección por parte de la legislación correspondiente.

Por estos motivos, el sistema de simulación debe garantizar unas medidas de protección del sistema que permitan el acceso al control del mismo únicamente por el personal autorizado en cada caso, así como la inviolabilidad de la información almacenada.



Descripción de producto simulador UVSim de grúas pórtico

Fecha: 19/05/05

El sistema cuenta con un sistema de cuentas de usuario, con niveles de privilegios. Para poder acceder a la aplicación del simulador es necesario identificarse e introducir una contraseña personal. Para mejorar la seguridad en el acceso al sistema, el curso de formación incluye un tema en el que se indican las prácticas adecuadas en cuanto a la elección de contraseñas y otros aspectos importantes.

El acceso remoto a diferentes máquinas del sistema, como en el caso del interfaz web del sistema de monitorización y control, se realizan siempre por medio de conexiones seguras, y únicamente por medio de la intranet del sistema de simulación. Para ello, los diferentes sistemas tienen instalados servidores y clientes ssh, un servidor web apache-SSL, etc. Estos protocolos se basan en la utilización de certificados digitales para establecer una comunicación cifrada entre cliente y servidor.

En caso de que, por tareas de mantenimiento, fuera necesario el acceso remoto al sistema desde el exterior de la intranet del simulador, se cuenta con un cortafuegos que garantiza la seguridad del sistema, permitiendo únicamente conexiones seguras y restringiendo el acceso únicamente a aquellos servicios estrictamente necesarios. Para esta eventualidad, el sistema cuenta con un modo de funcionamiento seguro en el que ciertos módulos se desconectan con el objetivo de impedir su acceso.

El sistema cuenta además con un sistema automático de copias de respaldo (backups) que permiten recuperar toda la información relacionada con las sesiones de simulación en pocos minutos. La copia de respaldo se realiza diariamente durante el horario nocturno, de forma que no afecta de ninguna manera al funcionamiento del sistema. Con este fin, el sistema informático contará con un grabador de DVD.

3.5.3. MODULARIDAD Y ACTUALIZACIONES

El sistema de simulación que ha desarrollado la Universidad de Valencia es un sistema completamente modular desde la propia metodología de trabajo del equipo que lo lleva a cabo. Este equipo está formado por un grupo interdisciplinar de técnicos que abarca desde el modelado físico hasta el desarrollo de aplicaciones de informática gráfica en tiempo real, pasando por un equipo de psicólogos y varios portuarios con experiencia.

El trabajo de cada grupo se realiza de forma que sus resultados son válidos de forma independiente, dando lugar a un conjunto de herramientas completamente modulares y encapsuladas. Este conjunto de herramientas se integra por medio del diseño de un núcleo de simulación en tiempo real que garantiza la flexibilidad de la aplicación.

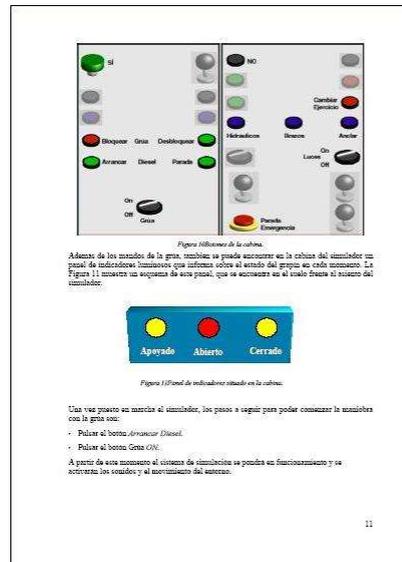
El interfaz de cada módulo del sistema con el núcleo de la aplicación se ha definido de forma precisa, lo que permite la incorporación de modelos para nuevas grúas de una forma transparente y sencilla para el usuario y para el desarrollador.

Asimismo, el sistema es totalmente escalable en cuanto al número de puestos de simulación, y a la introducción de nuevos actores en la escena durante un ejercicio. Esto permite que, en el caso de disponer de más de un puesto de simulación, varios usuarios puedan trabajar en el mismo escenario virtual, interactuando entre sí, y en el caso de que el cliente deseara en un futuro la incorporación de un nuevo simulador, el proceso sería sencillo y no afectaría en ningún caso a la instalación existente.

3.6. MANUAL DE USUARIO

Junto con el simulador, se proveerá un manual que cubre todos los aspectos relacionados con la utilización del mismo. Este manual se compone de diferentes apartados que corresponden a las instrucciones de utilización de cada elemento del sistema: equipo informático, puesto del instructor, plataforma y cabina, sistema de visualización, sala de maquinas,...

Cada apartado proporciona información detallada del sistema correspondiente, que cubre las diferentes funcionalidades del mismo, así como instrucciones para su correcta conservación y mantenimiento rutinario. Igualmente incluye un protocolo de resolución de problemas que contempla todas las situaciones que pueden ser solucionadas de forma sencilla por el personal del simulador.



De forma complementaria, se incluye una guía rápida de uso, que cubre los aspectos de uso más frecuente del equipo. Esta guía está pensada como un manual de consulta rápida y recoge la puesta en marcha y parada del sistema completo, los pasos a seguir para realizar una sesión típica y las indicaciones de seguridad a tener en cuenta en todo momento.

El manual se presenta en castellano, francés e inglés, en diversos formatos informáticos (MS Word, pdf, HTML para consulta por web), además de en papel.

3.7. FORMACIÓN DE LOS MONITORES

Con el fin de que el cliente obtenga la mayor satisfacción del Sistema de Simulación Integrado UVSIm, en el menor tiempo posible, como parte de la instalación del sistema de simulación integrado UVSIm, la Universidad de Valencia desarrolla un ciclo formativo para los monitores que hayan de utilizar el sistema. Esto garantiza una rápida puesta en funcionamiento del sistema y un mayor aprovechamiento del mismo desde el primer día de uso. Los contenidos del ciclo formativo son los siguientes:

Duración	35 horas	5 jornadas de 7 horas
Número de grupos	2	
Personas por grupo	4	
Distribución	Teoría	15 horas
	Práctica	30 horas

Contenidos

- Legislación aplicable en el uso de maquinaria para elevación mecánica de cargas
- Conductas de seguridad en el manejo de maquinaria para elevación mecánica de cargas
- Configuración del simulador Utilización del sistema informático. Nociones de seguridad informática
- Inicio y personalización de las prácticas con el simulador
- Desarrollo de las prácticas
- Variación de las condiciones en los diferentes escenarios Interpretación de informes y elaboración de gráficas de trayectorias
- Criterios de evaluación de comportamientos operacionales.

3.8. ASISTENCIA A LA EXPLOTACIÓN

Una vez finalizados los trabajos de instalación y puesta en funcionamiento del simulador, la Universidad de Valencia establece un servicio de asistencia durante las tres primeras semanas de explotación, con el fin de completar la formación de los usuarios del simulador por medio de su utilización real, y para resolver cualquier duda o consulta que pueda surgir durante este periodo de tiempo.

El servicio de asistencia se realizará según las siguientes condiciones:

- **Primera semana de asistencia presencial.** Durante la primera semana de explotación, la Universidad de Valencia pondrá a disposición del puerto de destino un técnico que permanecerá en las instalaciones del simulador asistiendo a los instructores durante el trabajo diario.
- **Asistencia remota durante las dos semanas siguientes.** Durante las dos semanas siguientes a la semana de asistencia presencial, la Universidad de Valencia pondrá a disposición del puerto de destino un servicio de asistencia permanente desde las instalaciones de la Universidad de Valencia. Este servicio se prestará por los medios que el puerto de destino considere más adecuados (telefónico, e-mail, videoconferencia,...).
- **Formación de refuerzo durante la tercera semana.** Una vez completada la formación de los instructores, y transcurridas dos semanas desde la puesta en marcha de la simulación, la Universidad de Valencia, ofrece al puerto de destino la realización de cursos adicionales durante la tercera semana, con el fin de complementar la formación en aquellos aspectos que el puerto de destino pueda considerar interesantes.

4. HERRAMIENTAS PARA LA FORMACIÓN

4.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN

El simulador que presenta el Instituto de Robótica está concebido con la premisa de que sea, no un simple simulador, sino un sistema de formación y de evaluación completo. En este sentido el simulador en sí se refuerza mediante dos sistemas:

1) Diseño instruccional

El simulador incluye un conjunto de herramientas que ayudan tanto al instructor como al usuario a obtener el máximo rendimiento del equipo, así como al aprovechamiento óptimo del tiempo de simulación. Todo el material ha sido desarrollado por un equipo de psicólogos en estrecha colaboración con gruistas expertos e instructores.

El diseño instruccional incluido en el simulador incluye un amplio conjunto de ejercicios, que guían el proceso de aprendizaje y entrenamiento y que secuencian el conjunto de habilidades que se deben ir adquiriendo progresivamente, a medida que se utiliza el simulador. Los ejercicios cuentan con instrucciones por medio de mensajes visuales e indicaciones en pantalla, además de un completo manual de ejercicios. La formación podrá realizarse siguiendo diferentes itinerarios, en función del objetivo en cada caso:

- Se distinguirán prácticas que proporcionen datos objetivos acerca de la cualificación de un operador ante las situaciones de selección de personal determinando el grado de destreza que demuestre cada uno.
- Así mismo se diseñarán recorridos formativos destinados a aquellos operarios que nunca hayan tenido relación con el tipo de máquina que se simula con la intención de proporcionarles una formación práctica eficaz que les dote de destrezas y habilidades necesarias para someterles a prácticas con maquinaria real o incluso, que estén en condiciones de desarrollar una actividad laboral mediante el uso de una grúa.
- El reciclaje, modificación de conductas y el perfeccionamiento de las destrezas de los operarios también tendrán lugar en el plan docente con el diseño de un recorrido didáctico que valore el manejo de la maquinaria teniendo en cuenta parámetros como la velocidad de ejecución, calidad del trabajo, nivel de cumplimiento de normas de seguridad y en definitiva la eficacia.
- En caso de que las condiciones o capacidades de un operario hayan sido modificadas por haber estado incurso en un accidente, por sospecharse el descenso de su productividad o por la pérdida de su eficacia, se diseñarán situaciones que proporcionen resultados objetivos para reevaluar a este operario.

Además, se ha dotado al simulador de un sistema que registra a los usuarios y permite monitorizar para cada uno de ellos su nivel de seguimiento del diseño instruccional. Mediante un sencillo menú se pueden añadir, borrar o modificar los datos de los usuarios, así como acceder a las estadísticas que evalúan el grado de satisfacción de los objetivos cumplidos en el desarrollo de un ejercicio en concreto. Esta base de datos registra cada ejercicio que hace cada usuario y almacena la información necesaria para poder reproducirlo en su totalidad con posterioridad, de manera que el instructor puede comentar con el alumno los errores que se cometieron. Cuando un usuario termina un ejercicio, si el instructor lo permite, puede pasar a realizar el siguiente ejercicio del curso de forma automática.

2) Módulo de evaluación

Este módulo se encarga de monitorizar y almacenar un conjunto de parámetros que se utilizarán para evaluar de forma objetiva el comportamiento general mostrado por el alumno y su rendimiento. También se encarga de generar las hojas de informe que muestran un conjunto de gráficas sobre las trayectorias realizadas, velocidades en las colisiones, parámetros y condiciones de realización del ejercicio, etc.

El aspecto más importante a destacar en este punto es que el Instituto de Robótica garantiza la flexibilidad absoluta en el registro de parámetros, pudiéndose, a juicio del instructor, solicitar la observación de cualquier variable que a priori pueda resultar interesante.

Entre otros datos, los informes incluyen:

- Datos básicos del ejercicio (descripción del ejercicio, usuario, fecha y hora de realización, duración, etc.)
- Información global, con ejercicios completados, rendimiento promedio, evolución, habilidades adquiridas, etc.
- Registro de velocidades y colisiones, con clasificación en maniobras peligrosas y no peligrosas, de velocidad de colisión, etc.
- Representación de trayectorias del spreader, gancho, etc.
- Registro de situaciones de sobrecarga de la máquina, maniobras peligrosas, acciones no autorizadas, etc.

Cuando se termina un ejercicio, los valores del informe se almacenan en la base de datos de usuarios, por tanto el instructor puede en cualquier momento solicitar los informes realizados anteriormente.

4.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Comportamientos operacionales

Cada unidad didáctica a la que se someta a los alumnos, constará de un archivo en el que se vayan almacenando cada uno de los movimientos que ejecute el operario en tiempo real así como los datos del escenario en ante el que se esté sometiendo a formación al operario, así como las variaciones que vaya introduciendo el formador conforme vaya transcurriendo la práctica.

Las prácticas pondrán a prueba al operario en los siguientes aspectos:

- Coordinación en la ejecución de maniobras en las que intervengan terceras personas, máquinas o modificaciones de las condiciones normales de trabajo.
- Corrección del balanceo de las cargas
- Control en los movimientos que impliquen maniobras de aceleración y deceleración observando y registrando los movimientos de las cargas sometidas a inercias.
- Memorización de órdenes de trabajo.
- Trabajo a ritmos impuestos y respuesta del operario ante maniobras sin control



Descripción de producto simulador UVSim de grúas pórtico

Fecha: 19/05/05

de tiempo (comportamiento responsable).

Estos datos se almacenarán en formatos que posibiliten su transformación en gráficos de forma que el formador pueda comparar las trayectorias descritas en los gráficos de los operarios con otras estándar diseñadas por el formador con los resultados gráficos de las operaciones deseadas.

Los datos que se irán almacenando en cada práctica serán el tiempo empleado para la finalización de la práctica, el número de errores cometidos por el alumno, gravedad del error cometido, diferenciación entre errores susceptibles de causar daños personales, errores que puedan dar lugar a daños materiales y errores que pueden ocasionar daños personales y materiales. Así mismo facilitarán una relación de los movimientos y trayectorias realizadas que podrán ser transformadas en gráficos comparables con otros estándar.

Comportamientos personales

La evaluación objetiva de la ejecución de cada práctica podrá ser complementada con otra evaluación del comportamiento del sujeto mientras éste está realizando la práctica. Esta evaluación estará basada en métodos y comportamientos psicológicos estandarizados que aparecen en las personas cuando se les somete a ciertas situaciones que puedan producir estrés, nerviosismo, pérdida de la calma, etc...

La forma que se realiza este tipo de evaluación de conductas es la utilización de micro-cámaras que se activen al inicio de cada práctica y las cuales registren todos los movimientos, gestos y expresiones involuntarias que surjan del alumno hasta la finalización de la práctica. Así mismo, se utilizaría el registro de la intercomunicación alumno-formador, que a modo de "caja negra", vaya registrando cada expresión verbal que salga del operario.

El sistema de adquisición de vídeo estará totalmente integrado dentro del subsistema de briefing. Cuando se quiera reproducir de nuevo un ejercicio, a la vez que se va realizando de forma automática el ejercicio en el simulador, también se podrán visualizar de forma automática los vídeos que se tienen almacenados. Dichos vídeos irán sincronizados con el panel de control del ejercicio, de forma que también atenderán a las ordenes de pausado, repetición, vuelta atrás o adelantamiento.

4.3. GESTIÓN DE LOS DATOS DE LA SIMULACIÓN

4.3.1. DATOS TÉCNICOS

Todos los registros de los datos que generen las prácticas que realicen los alumnos serán nominales (figurarán los datos personales del operario, empresa a la que pertenece, y todos aquellos que la empresa contratante requiriera), se guardarán en formatos internacionales (.xls, .doc., etc...) todos ellos imprimibles.

Al finalizar cada práctica, el alumno individualmente o junto al formador podrán visualizar el informe final de la práctica repasando punto por punto todos los instantes y comparando las trayectorias realizadas con las cargas así como los impactos a los que se hayan podido someter a las cargas.

Entre los datos almacenados se encuentran:

Datos generales de la sesión

- Nombre y apellidos del usuario
- Puesto que ocupa en el puerto de destino (si es aplicable)
- Fecha de la primera sesión de simulación
- Fecha de la simulación actual
- Ejercicios realizados
- Calificación obtenida en cada ejercicio
- Comentarios del instructor
- Porcentaje de progresión respecto a sesiones anteriores

Datos particulares de cada ejercicio

- Registro de posición y velocidad de cada elemento de la grúa (incluyendo inclinaciones)
- Registro de las acciones de los mandos del usuario
- Registro de colisiones y su gravedad
- Registro de movimientos
- Duración del ejercicio
- Tasa de movimiento de cargas por hora
- Incidencias ocurridas durante la simulación (de entre las posibles incidencias detalladas en la marcha accidentada)
- Motivo de la finalización del ejercicio de entre
 - ejercicio cumplido,
 - decisión del instructor,
 - accidente o fallo general de la operación de la grúa

4.3.2. ELEMENTOS COMPORTAMENTALES

En el interior de la cabina de simulación se van a instalar dos cámaras de vídeo que permitan analizar el comportamiento de los estudiantes en el transcurso de una sesión de simulación. El sistema propuesto está formado por dos cámaras de alta gama, que permiten la filmación con nitidez de imágenes en entornos poco iluminados. La disposición de las cámaras (cámara frontal) permitirá por un lado captar la actitud del estudiante a lo largo de la sesión y por otro lado (cámara lateral) recoger los movimientos que el estudiante realiza con las manos.

4.4. MANUAL DE FORMACION

Junto con el simulador, se acompañará toda la documentación relativa al simulador en castellano, inglés y francés en papel y en formato digital, incluyendo:

- Descripción de todas y cada una de las prácticas en sus distintas modalidades.
- Normativa vigente en la que se basa el simulador
- Instrucciones de uso y mantenimiento del simulador
- Estructura del software y del hardware
- Detalles técnicos
- Planos de los circuitos y de la estructura
- Y todos aquellos documentos presentados para el “certificado de conformidad CE”.

El manual de formación describe el diseño instruccional. El curso de formación aquí definido está estructurado en un conjunto de módulos, cada uno de ellos con diferentes prácticas que incluyen a su vez uno o varios ejercicios.

Para cada ejercicio se describe la operación a realizar y se dan unas instrucciones básicas sobre como realizarla. También se incluyen los objetivos que se pretenden conseguir una vez se haya cumplimentado con éxito el mismo.

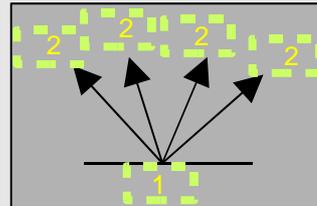
A continuación se incluyen varios ejemplos de ejercicios que se realizan con la grúa portacontenedores.

Módulo 1. Habilidades básicas: traslado y control del spreader Práctica 6

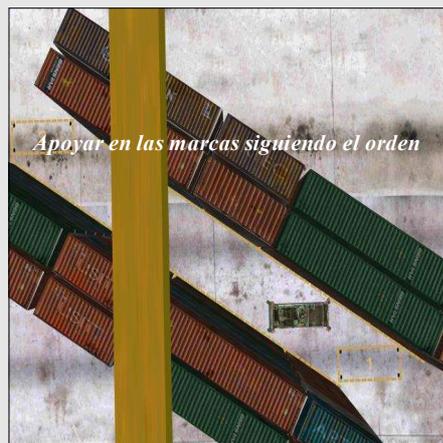
Ejercicios 1-4. Circuitos con desplazamientos diagonales (A1-A4).

Todos los ejercicios siguen este esquema: Sitúe el *spreader* sobre el rectángulo nº 1, y trasládelo al rectángulo marcado con un 2. Después vuelva a situar el *spreader* sobre la marca nº 3.

Debe alzarse el *spreader* lo suficiente como para trasladar, Manteniendo la distancia de seguridad en altura. Además, hay que trasladar con cuidado para evitar que el *spreader* toque los contenedores que se sitúan a los lados. Hay un total de cuatro ejercicios con ángulos distintos.



En cada ejercicio debe depositarse el *spreader* sobre la marca 2, y después volver al rectángulo marcado con un 3. Cada ejercicio exigirá un ángulo de traslado diferente, como indica el gráfico sobre estas líneas. En cada caso, el *spreader* debe quedar exactamente dentro de las líneas que demarca el rectángulo.



INSTRUCCIONES BÁSICAS:

- Situar el *spreader* sobre el rectángulo nº 1
- Lleve al *spreader* a la distancia de seguridad antes de empezar a trasladar en diagonal.
- Accione ambos mandos a la vez, con suavidad.
- Acelere y decelere progresivamente para que el *spreader* quede controlado.
- No empiece el siguiente tramo, hasta que el *spreader* haya quedado bien colocado dentro de las marcas.
- Ubique el *spreader* sobre la marca 2.
- Vuelva al inicio y ubique el *spreader* sobre la marca 3.

Duración de este ejercicio: de _____ a _____ horas.
200__.

Fecha: _____ de _____ de

Módulo 2. Habilidades básicas: enganche y desenganche de contenedores Práctica 3

Ejercicio 3. Circuitos de enganches y desenganches (II).

Este ejercicio consta de un circuito con tres enganches y desenganches sobre pletinas de ajuste en el orden que sigue los distintos números. Las ubicaciones deben hacerse en el sentido contrario de las agujas del reloj, y no deben emplearse los flippers.

Se empieza enganchando el contenedor que lleva el 1. Se eleva verticalmente el contenedor hasta que pueda pasar, con seguridad, sobre los contenedores que se interponen en el camino y se deposita sobre las pletinas de ajuste señaladas con un 1. Entonces se toma el contenedor marcado con un 2, y se ubica, lateralmente, sobre la marca 2. Finalmente se engancha el contenedor 3 y se deposita sobre el camión marcado con un tres.

Al trasladar la carga deberán sortearse dos contenedores en altura (TEU de 20), y dos lateralmente (TEU de 40).



INSTRUCCIONES BÁSICAS:

- Compruebe que el enganche ha sido correcto antes de elevar la carga.
- Elevar la carga hasta lograr una altura de paso segura sobre los contenedores
- Acelere y frene progresivamente
- Tome referencia sobre el marco que forman los «tochos» conforme baja el contenedor.
- Compruebe que el contenedor queda bien situado sobre las pletinas de ajuste.
- El ejercicio finaliza en el segundo camión (nº 3, el que se halla a la izquierda).

Duración de este ejercicio: de ____ a ____ horas. **Fecha:** ____ de ____ de 200__.

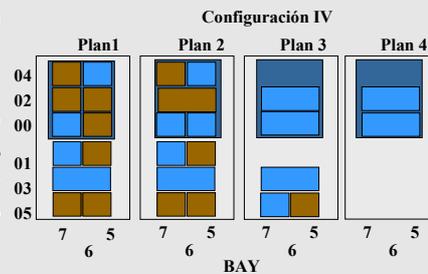
Módulo 8. Respuesta natural del buque

Práctica 1

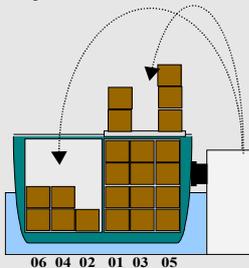
Ejercicio 4. Estiba con respuesta natural en cubierta y bodega: Configuración IV.

En este ejercicio hay que estibar la Configuración IV, de la que parte el Orden IV de estiba. Los TEU color marrón son los que no deben moverse.

Los movimientos del buque serán consecuencia de los desplazamientos de la carga. Se han llenado las bodegas 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del barco por lo que debería estar empopado. Hay que llenar tres planes de la cubierta 2, y cuatro planes de la bodega 3, con 15 contenedores de 20 y de 40 pies.



Ejercicio 4: situación inicial



Bajo estas líneas puede ver un ejemplo de la imagen en el simulador, cuando se ha estibado el primer contenedor y va a por el segundo

Se sabrá qué contenedor debe ser estibado tras entender la orden dada por el sobordista. Por ejemplo: “sitúate en el bay 5. Déjalo en la 01” o “sitúate en el bay 6. Déjalo en la 03”. Recuerde que cuando el bay en cubierta es par, siempre se estiba un contenedor de 40 pies.

Recibirá un total de 15 órdenes. Debe seguirse siempre el orden establecido.



INSTRUCCIONES BÁSICAS:

- Alinee correctamente la grúa frente a la bodega y bay correspondientes.
- Compruebe: enganche correcto.
- Traslado: progresivamente y con el contenedor controlado.
- No regule el trimado mientras lleva carga
- Observe el trimado sobretodo al principio
- Siga exactamente el orden indicado.
- No use los flippers

Duración de este ejercicio: de _____ a _____ horas. Fecha: _____ de _____ de 200__.