

La simulación como medio de aprendizaje

El Instituto de Robótica de la Universitat de València mantiene una línea de investigación que se centra en la simulación de maquinaria civil. Se han desarrollado sistemas de entrenamiento para el manejo de maquinaria pesada, simuladores para la conducción de automóviles y entornos virtuales con diferentes aplicaciones.

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.

El simulador como solución para el aprendizaje

Dado que la repetición es la base principal para la adquisición de habilidades psicomotoras, correcto aprendizaje requiere que el operario realice determinados ejercicios o maniobras de forma reiterada. Asimismo, 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 inviables utilizando la maquinaria real.

La utilización de simuladores de maquinaria para tareas de aprendizaje y entrenamiento proporciona una solución a estos inconvenientes y se presenta como una herramienta inapreciable en el marco de la **prevención de riesgos** y la seguridad laboral.

Diseño instruccional

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.

Con este fin, se incorpora una metodología de trabajo y unas herramientas que permiten la creación de situaciones de operación de acuerdo con el conocimiento del instructor. El simulador proporciona en definitiva una realidad experimental que sirve para:

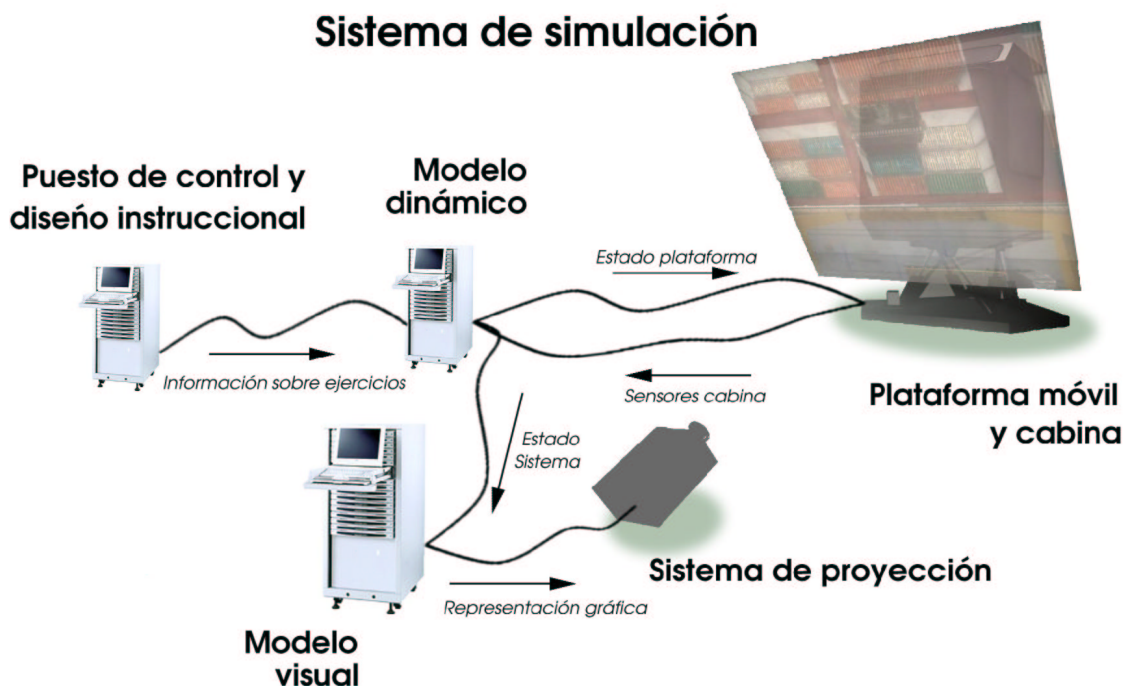
- **Demostrar:** el simulador permite realizar demostraciones por parte de operadores expertos a futuros operadores para una primera toma de contacto
- **Instruir:** el aprendiz recibe las indicaciones y las lecciones que le permitirán conocer cuál es la forma correcta de operar
- **Practicar:** una vez recibidas las indicaciones oportunas, el aprendiz deberá practicar las diferentes operaciones y tareas hasta asimilar su correcta ejecución.

En definitiva, los simuladores para entrenamiento del Instituto de Robótica incorporan un completo diseño instruccional que guía tanto al aprendiz como al instructor, aprovechando la experiencia de éste, para conseguir maximizar la capacidad de aprendizaje de los usuarios.

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:



- **Subsistema de simulación dinámica:** 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. Este subsistema se ejecuta en un PC industrial con procesador Pentium II.
- **El subsistema de simulación de inercias:** Es una plataforma móvil con 6 grados de libertad y un PC controlador. 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.

Subsistema 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.

Diseño instruccional: consiste en un conjunto de ejercicios programados en el software del simulador junto con un manual de entrenamiento y permite la obtención del máximo rendimiento del sistema como equipo de instrucción y entrenamiento.

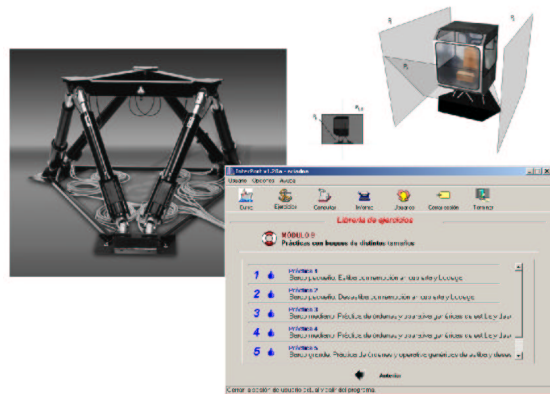
Los simuladores del Puerto de Valencia

A instancias de la Sociedad Estatal de Estiba y Desestiba del Puerto de Valencia (SEVASA), el **Instituto de Robótica** ha desarrollado dos completos sistemas de simulación que permiten simular un conjunto de cinco grúas para formación y entrenamiento de estibadores.

Los simuladores incorporan las más avanzadas técnicas de simulación de inercias, representación gráfica y modelado dinámico.

Cada simulador recoge la aportación de operarios con gran experiencia en las diferentes grúas para conseguir una completa simulación de las tareas y funcionalidades realizadas habitualmente.

El objetivo último es que el usuario del simulador aprecie la mayor similitud posible entre el entorno simulado y el entorno real.



Características de los simuladores:

- **Escenarios virtuales** con imágenes reales del Puerto de Valencia digitalizadas
- **Reproducción del sonido real** de la grúa durante la simulación
- **Modelo matemático** diseñado para cada grúa simulada
- **Reproducción de la cabina** real de las grúas simuladas
- **Simulación de inercias** para dar respuesta a las acciones del usuario, a impactos, etc.
- **Interfaz de instructor** con acceso a información sobre sesiones anteriores y control sobre todos los elementos del sistema
- **Todos los simuladores** están equipados con un cuidado **diseño instruccional** que permite su máximo óptimo aprovechamiento.
- **Manual del puesto de instructor**
- **Manual de ejercicios**
- **Sistema de base de datos de operarios**, tanto aprendices como avanzados
- **Sistema de seguimiento** del programa de aprendizaje
- **Obtención de informes**, resúmenes, etc
- **Visualización de la simulación** en el puesto de instructor
- **Prácticas guiadas** por medio de mensajes en la pantalla del simulador
- **Registro de operaciones** no permitidas y de maniobras peligrosas

Todo esto hace del centro de formación de estibadores del Puerto de Valencia uno de los más avanzados centros de formación a nivel nacional y europeo, destacando de esta forma la apuesta por la modernidad y la innovación del Puerto de Valencia.

Simulador de Grúa Pórtico

La tarea de la grúa Pórtico es la estiba y desestiba de contenedores en barco. Su elevada altura junto con el comportamiento del buque durante el trabajo hacen que sea una máquina difícil de operar.



Equipamiento:

- Cabina situada sobre plataforma con 6 GDL
- Consola de mandos de la grúa real
- Consola de instructor con control total de la simulación
- Efectos de sonidos digitales del entorno real
- Sistema de proyección con pantalla frontal inferior de alta resolución

Funcionalidades principales:

- Secuencia de arranque y parada de la grúa real
- Estiba y desestiba en bodega
- Estiba y desestiba en cubierta
- Carga y descarga a camión
- Trabajo con trimado
- Trabajo con contenedores de 20 y 40 pies
- Control de flippers, twistlocks, etc
- Trabajo en modo manual y automático
- Información para el usuario y el instructor en pantalla

Condiciones especiales:

- Respuesta del buque
- Fenómenos meteorológicos: viento, lluvia,...
- Trabajo con luz artificial

Informes en el puesto de instructor:

- Fecha
- Hora de inicio y finalización
- Duración
- Ejercicios realizados
- Histórico de velocidades
- Registro de colisiones
- Registro de maniobras peligrosas

Sistema de visualización

- Imágenes de alta calidad generadas en tiempo real
- Gráficos 3D
- Texturas fotográficas obtenidas en el escenario real de trabajo



Simulador de Grúa Trastainer

La grúa Trastainer se utiliza en las terminales de contenedores para la organización de la carga en estas terminales. A la dificultad propia del trabajo con contenedores, se añade en este caso la maniobra con la grúa por la calle y la atención necesaria al tráfico de camiones existente en la terminal.



Equipamiento:

- Cabina situada sobre plataforma con 6 GDL
- Consola de mandos realista
- Consola de instructor con control total de la simulación
- Efectos de sonidos digitales del entorno real
- Sistema de proyección con tres pantallas de alta resolución, una frontal y dos laterales

Funcionalidades principales:

- Secuencia de arranque y parada de la grúa real
- Carga y descarga a camión
- Remociones
- Trabajo con y sin trimado
- Control de los twistlocks
- Trabajo con contenedores de 20 y 40 pies
- Trabajo en modo manual y automático
- Información para el usuario y el instructor en pantalla
- Ventana de información de estado de la grúa y órdenes de operación
- Giro de ruedas para cambio de calle
- Corrección de la dirección de desplazamiento por la calle

Condiciones especiales:

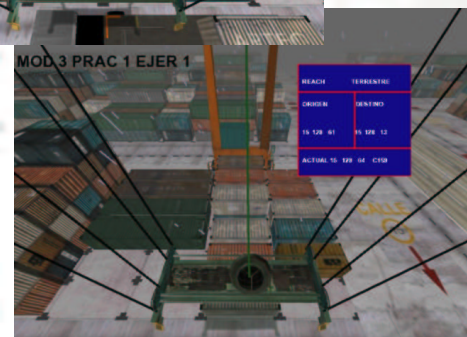
- Fenómenos meteorológicos: viento, lluvia,...
- Simulación de accidentes con vaguada en terminal
- Respuesta realista ante colisiones

Informes en el puesto de instructor:

- Fecha
- Hora de inicio y finalización
- Duración
- Ejercicios realizados
- Histórico de velocidades
- Registro de colisiones
- Registro de maniobras peligrosas

Sistema de visualización

- Imágenes de alta calidad generadas en tiempo real
- Gráficos 3D
- Texturas fotográficas obtenidas en el escenario real de trabajo



Simulador de Grúa Móvil

La carga y descarga de graneles en el puerto de Valencia se realiza por medio de grúas Pico y grúas Móviles. Éstas últimas son similares a las grúas Pico, aunque disponen de movilidad gracias a un sistema de tracción con ruedas convencionales (no guiadas por raíles). En esta grúa es importante la destreza en el movimiento del grapín de carga y en el trabajo en bodega.



Equipamiento:

- Cabina situada sobre plataforma con 6 GDL
- Consola de mandos realista
- Consola de instructor con control total de la simulación
- Efectos de sonidos digitales del entorno real
- Sistema de proyección con tres pantallas de alta resolución, una frontal y dos laterales

Funcionalidades principales:

- Secuencia de arranque y parada de la grúa real
- Estiba y desestiba en bodega con grapín
- Trabajo con varios tipos de materiales, con diferentes densidades y comportamientos
- Respuesta del buque
- Desestiba de granel a tolva
- Movimiento de granel en la terminal
- Comportamiento realista del montón de granel
- Trabajo con diferentes aparejos: gancho, contenedores con bridas,...
- Información para el usuario y el instructor en pantalla
- Información sobre alcance de la pluma, altura del grapín, etc. y órdenes de operación
- Operación „sin clavar“

Condiciones especiales:

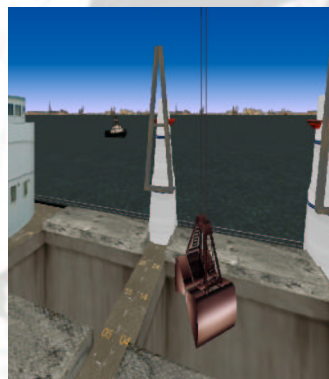
- Fenómenos meteorológicos: viento, lluvia,...
- Trabajo en buque escorado
- Trabajo con luz artificial
- Respuesta realista ante colisiones

Informes en el puesto de instructor:

- Fecha
- Hora de inicio y finalización
- Duración
- Ejercicios realizados
- Registro de tonelaje cargado
- Histórico de velocidades
- Registro de colisiones
- Registro de maniobras peligrosas

Sistema de visualización

- Imágenes de alta calidad en tiempo real
- Gráficos 3D
- Texturas fotográficas obtenidas en el escenario real de trabajo



Simulador de Grúa Reach-Stacker

El trabajo de la grúa Reach-Stacker se realiza, al igual que el de la Trastainer, en las terminales de contenedores. La tarea de esta grúa es la carga de contenedores en camiones y ferrocarriles para su transporte. Esta grúa es un vehículo rodado con una gran capacidad de carga.



Equipamiento:

- Cabina situada sobre plataforma con 6 GDL
- Consola de mandos realista
- Volante de la grúa real
- Pedales de acelerador y freno
- Consola de instructor con control total de la simulación
- Efectos de sonidos digitales del entono real
- Sistema de proyección con tres pantallas de alta resolución, una frontal y dos laterales

Funcionalidades principales:

- Secuencia de arranque y parada de la grúa real
- Trabajo con spreader de 20 y 40 pies
- Carga y descarga de camiones
- Reparto de contenedores por la terminal
- Tráfico simulado de camiones en la zona de trabajo
- Completa movilidad del spreader
- Cambio de marchas automático
- Respuesta de la máquina a la carga

Condiciones especiales:

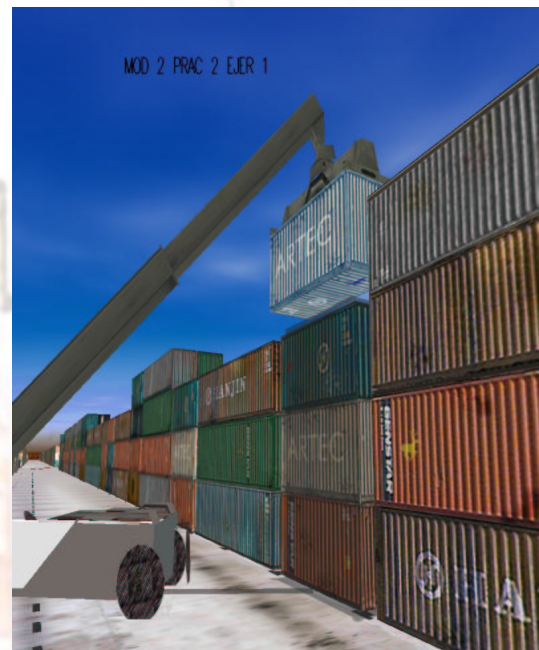
- Fenómenos meteorológicos: viento, lluvia,...
- Trabajo con luz artificial
- Respuesta realista ante colisiones
- Trabajo con contenedores mal cargados

Informes en el puesto de instructor:

- Fecha
- Hora de inicio y finalización
- Duración
- Ejercicios realizados
- Registro de tonelaje cargado
- Histórico de velocidades
- Registro de colisiones
- Registro de maniobras peligrosas

Sistema de visualización

- Imágenes de alta calidad generadas en tiempo real
- Gráficos 3D
- Texturas fotográficas obtenidas en el escenario real de trabajo



Simulador de Grúa Mafi

La grúa Mafi es una cabeza tractora para la estiba y desestiba de plataformas de camión (remolques) en los ferrys. Es una máquina con una gran maniobrabilidad y potencia. El operario de la grúa mafi debe conocer bien la conducción de esta maquinaria para poder dejar la carga en posiciones del barco que en ocasiones resultan de gran dificultad.



Equipamiento:

- Cabina situada sobre plataforma con 6 GDL
- Consola de mandos realista
- Volante de la grúa real
- Pedales de acelerador y freno
- Consola de instructor con control total de la simulación
- Efectos de sonidos digitales del entorno real
- Sistema de proyección con tres pantallas de alta resolución, una frontal y dos laterales

Funcionalidades principales:

- Secuencia de arranque y parada de la grúa real
- Movilidad de la 5ª rueda
- Cambio de marchas automático
- Respuesta de la máquina a la carga
- Estiba y desestiba con diferentes tipos de plataformas y cargas
- Simulación de accidentes con la carga como caídas o desplazamientos
- Carga en cubierta del barco, con movimiento en rampas y diferentes tipos de suelo
- Reparto de plataformas por la terminal

Condiciones especiales:

- Fenómenos meteorológicos: viento, lluvia,...
- Trabajo con luz artificial
- Respuesta realista ante colisiones
- Trabajo con plataformas mal cargados

Sistema de visualización

- Imágenes de alta calidad generadas en tiempo real
- Gráficos 3D
- Texturas fotográficas obtenidas en el escenario real de trabajo

