

Prescripcions tècniques que han de regir per a la contractació de subministrament/servei.

Objecte: Adquisició/servei de simulador de maquinària d'excavacions en un entorn altament immersiu amb manteniment i formació.

Dades del centre educatiu

Nom: Institut Mig Món

Domicili: Carrer de Ramón y Cajal, 9-11. 08260 Sùria (Barcelona)

Telèfon: 938694100

1 Descripció i característiques del subministrament.

Adquisició d'un simulador de maquinària d'excavacions en un entorn altament immersiu, reproduint un escenari típic d'aquest tipus de màquines de moviment de terres, amb simulació d'entorns de mineria de superfícies i mineria subterrània.

Per la limitació física del nostre edifici i el possible accés de la màquina a l'aula on va ubicada, la mesura màxima de les màquina seria 2,10m (alçada) x 0,90m (amplada).

Característiques tècniques del simulador (software, hardware, capacitació i manteniment del sistema):

→ Descripció tècnica del simulador:

Software:

Una llicència permanent (per a tota la vida) amb les següents característiques:

- Motor de simulació d'entorns de mineria de superfície.
- Motor de simulació de Topadora sobre rodes / Wheel Dozer.
- Motor de simulació de Motoanivelladora.
- Motor de simulació de Camió bolquet articulat.
- Motor de simulació de Excavadora.
- Motor de simulació d'entorns de mineria subterrània.
- Motor de simulació de Perforadora Drilling Jumbo.
- Sistema instruccional amb exercicis.
- Sistema de gestió d'usuaris, amb Base de dades centralitzada en un únic host.
- Sistema d'avaluació amb generació i gestió de reportis.
- Sistema de post-anàlisi de l'exercici.
- Programari del lloc de l'instructor.
- Panell d'instructor per a injectar avaries típiques de la màquina en temps real.
- Controlador Dinàmic de l'Exercici (ajustos en temps real: injector de fallades, il·luminació, canvi de condicions ambientals, canvi de vistes, etc.).
- Interface programari per a implementació del LMI.
- Interface programari per a implementació de controls virtuals (softpanel).
- Interface programari per a l'ús de controls industrials amb protocol HID.
- Subsistema controlador multi-pantalla.

- Programari multi-idioma.

El simulador haurà d'incloure una eina que permeti afegir nous exercicis a partir de la modificació de qualsevol exercici existent al simulador. Haurà de permetre alterar l'entorn virtual i configurar les instruccions, indicar missatges addicionals a l'alumne, així com definir els tests, les operacions a realitzar, activar avaries o modificar les condicions climàtiques i d'il·luminació de manera programada.

El sistema d'avaluació, a més, haurà d'incloure una eina que permeti el post anàlisi (*debriefing*) dels exercicis realitzats pels alumnes. Haurà de ser possible visualitzar la repetició dels exercicis de forma automàtica, amb la possibilitat d'avançar, pausar, retrocedir i fins i tot modificar la reproducció per mostrar diferents perspectives de l'escena. Aquesta funcionalitat és molt útil per a l'instructor, ja que li permet ensenyar als estudiants mostrant el que s'ha fet i comentar en temps real els errors o encerts aconseguits.

Els informes d'avaluació hauran de mostrar:

- Informació de la data, hora i durada per exercici
- Informació general del curs amb exercicis finalitzats, rendiment mitjà de l'alumne, evolució al llarg del temps, habilitats adquirides, etc.
- Registres de velocitat i diagrames gràfics de velocitats. Rècord de velocitats màximes
- Registre de col·lisions, amb les velocitats en el moment de la col·lisió i col·lisions greus
- Representació gràfica de les trajectòries de l'espargidor, ganxo, vehicle, etc.
- Bitàcola d'acceleracions, amb el registre d'acceleracions perilloses, sobrecàrrega de la maquinària i gràfics corresponents
- Registre de maniobres perilloses o prohibides durant l'exercici

L'instructor haurà de poder injectar diverses avaries durant l'execució de l'exercici i en qualsevol exercici d'operació de la màquina simulada. Les avaries injectables seran les següents:

- Avaria de l'avisador acústic de marxa enrere
- Nivell baix d'oli hidràulic
- Nivell baix d'oli dels frens
- Pressió de l'oli de la transmissió massa baixa
- Pressió insuficient a l'acumulador de pressió del fre
- Pressió de l'oli del motor massa baixa
- Temperatura elevada del motor
- Avaria a la vàlvula del fre
- Incendi a la màquina

Les conseqüències seran les següents:

- L'avisador acústic de marxa enrere no sona
- El motor no s'engega
- El motor s'atura
- Error en l'alliberament dels frens
- La direcció no funciona
- No funciona el control d'elevació de la tolva
- No es poden seleccionar les marxas
- Pèrdua parcial o total dels frens de servei
- Incendi

L'ús del simulador s'haurà de poder ampliar a una experiència immersiva addicional mitjançant ulleres de realitat virtual Meta Quest, que permeten interactuar amb l'entorn a

través de sensors que detecten la posició de les mans. La posició dels controls de la màquina dins l'entorn virtual haurà de correspondre's amb la posició dels controls físics, permetent així que l'operador els pugui localitzar sense necessitat de treure's momentàniament les ulleres ni abandonar el seu entorn virtual.

El simulador haurà de poder funcionar en un entorn col·laboratiu, on diversos simuladors es puguin interconnectar per treballar conjuntament en el mateix escenari virtual. En el cas que s'afegeixi un altre simulador en el futur, aquest haurà de ser compatible amb l'entorn col·laboratiu existent, permetent la seva integració dins del mateix escenari virtual i la interacció en temps real amb els altres simuladors ja operatius. D'aquesta manera, diversos usuaris poden operar al mateix temps en el mateix exercici i col·laborar per assolir un objectiu comú.

Hardware:

- 1 ordinador amb sistema operatiu Windows 11, Intel Core i7/16GB/480GB SSD/RTX 4070 o superior, ratolí i teclat.
- 1 monitor de 24", o superior, per al lloc de l'instructor.
- 1 pantalla LED Ultra HD 4K de 40" o superior per al lloc de l'operador.
- 1 monitor tàctil de 15,6", o superior, per al LMI del lloc de l'operador.
- 1 volant amb retroalimentació de força i pedals de marques Logitech o Thrustmaster per al lloc de l'operador.
- 2 joysticks industrials per al lloc de l'operador.
 - Amb 4 eixos amb efecte Hall
 - Protecció IP65-resistent a l'aigua i a la pols.
 - Rotació direccional de 360º
 - Vida mecànica de 10.000.000 de cicles.
 - Força operativa de 1.400 gf
- 1 joystick comercial per al lloc de l'operador.
- 1 dispositiu anticòpia HASP per a l'activació de la llicència.

→ Capacitació i manteniment del sistema:

Instal·lació i transport:

- Transport, connexió, instal·lació del programari i parametrització.
- Posada en marxa i protocol de proves de funcionament in situ.
- Documentació, garantia i manteniment maquinari i programari (mínim 12 mesos).
- *Prèvia acceptació dels elements del simulador es farà una prova amb la presència dels tècnics del centre.*
- *No es podrà exigir cap mena de pagament fins que la màquina no hagi superat la prova referida en el punt anterior.*

Formació:

- Curs presencial, a l'INS Mig Món, de formació a instructors (mínim 8 hores).

2 Especificacions tècniques.

El programari del simulador ha de complir les següents característiques tècniques:

Sobre la configuració del maquinari del simulador:

- El sistema de configuració de controls ha de distingir els senyals digitals de les analògiques. El panell dels senyals analògics ha de permetre aplicar zones mortes (death band) que ajudi a calibrar els moviments realitzats pels controls.
- S'han de poder emmagatzemar diferents configuracions dels controls.
- El sistema de configuració de les entrades digitals ha de detectar les pulsacions dels controls i poder assignar mitjançant desplegable la funcionalitat desitjada.
- Sistema de calibratge de les pantalles, podent definir la seva resolució, ubicació i mida, inclòs el marc.
- Heu d'incloure un subsistema controlador multi-pantalla que permeti la incorporació al simulador de fins a 10 monitors.
- El programari ha d'executar-se en un únic ordinador.
- Hi ha d'haver una interfície per a control de la plataforma de moviment sobre la base de la telemetria del vehicle i a la interacció altres elements externs (vibracions, cops, etc.).
- Cal incloure programari per compensar el moviment quan es fan servir ulleres de realitat virtual.
- El programari ha de ser compatible amb plataformes de moviment de cinc fabricants diferents actualment disponibles al mercat.
- El programari ha de poder llegir les entrades dels sensors mitjançant una interfície HID, permetent la lectura i escriptura dels senyals d'E/S mitjançant llibreries estàndard de Windows.
- La llicència del programari ha d'estar implementada mitjançant una clau USB, independentment del maquinari on s'executa el simulador.

Sobre el programari de renderització de gràfics:

- S'haurà de lliurar el codi font complet del programari de visualització emprat al simulador.
- El sistema gestor del graf d'escena haurà de comptar amb llicència d'ús no restrictiva, preferentment llicències tipus MIT, LGPL, MPL o altres reconegudes com a open source per l'OSI, permetent la redistribució sense pagament de royalties ni altres cànon d'explotació.
- La solució proposada haurà de basar-se en estàndards oberts i no dependre d'infraestructura o serveis propietaris externs per al ple funcionament.
- El motor gràfic emprat haurà de poder integrar-se com a biblioteca programari en aplicacions desenvolupades en C/C++ sota sistemes operatius estàndard, permetent la seva execució en mode desatès (headless)
- El sistema de control del graf d'escena ha de tenir la possibilitat d'incloure fonts de so 3D.

Sobre l'entorn simulat:

- L'entorn de construcció ha d'incloure operaris de forma avatars que treballen de manera autònoma amb intel·ligència artificial i un camió formigonera.
- S'haurà de permetre la realització d'exercicis de moviment de terreny a qualsevol part de l'escenari que sigui assolible conduint la retroexcavadora.
- El simulador ha de poder activar i desactivar els miralls retrovisors de la retroexcavadora.
- Heu d'incloure la interfície programari de *Mode Col·laboratiu* per poder connectar-vos a altres màquines de construcció operades en altres simuladors dins de la mateixa LAN.

Sobre la interfície de l'usuari i de l'instructor:

- La pantalla de l'operador haurà de poder mostrar un mapa, un diagrama del centre de gravetat, la inclinació longitudinal i transversal, nivells de càrrega i el panell HUD que haurà de mostrar tota la telemetria de la retroexcavadora.
- La pantalla de l'operador haurà de mostrar en un requadre un resum de l'històric de tots els esdeveniments que l'instructor activa durant l'execució de l'exercici, així com també els missatges que l'instructor envia a l'alumne per escrit.
- El simulador ha de poder activar i desactivar que es vegi el volant dins la cabina de la retroexcavadora.
- Heu d'incloure la interfície de programari perquè qualsevol usuari del simulador pugui accedir al simulador mitjançant empremta dactilar i estar completament integrat al sistema.
- Heu d'incloure la interfície de programari per a la implementació d'una càmera IP que permeti gravar les expressions de l'alumne i estar completament integrada al sistema instruccional.
- Ha d'incloure la interfície de programari per a la implementació d'una càmera infrarojos que permeti fer el seguiment de la posició del cap de l'alumne i estar completament integrada al sistema instruccional.
- El simulador ha de ser en llenguatge espanyol.
- Ha de ser un programari multidioma amb capacitat per incorporar tots els nous llenguatges que es vulgui, independentment de la codificació (Espanyol, Anglès, Francès, Àrab, Japonès).
- Heu d'incloure la interfície programari per a l'ús del simulador mitjançant ulleres *Meta Quest*.
- El sistema ha d'incorporar TTS per poder dictar els missatges que apareixen a la pantalla. Ha de ser compatible amb les veus del sistema de Windows.

Sobre els cursos de formació:

- Heu d'incloure un sistema d'administració de grups d'alumnes que permeti a l'instructor agrupar-los i decidir quins exercicis fan els alumnes del grup.
- Heu de permetre canviar els paràmetres de l'avaluació per a cada grup de manera independent.
- Durant l'avaluació cal seleccionar un o diversos grups per mostrar l'evolució dels alumnes que pertanyen a aquests grups.

Sobre el lloc de l'instructor i l'avaluació:

- El lloc de l'instructor ha d'incloure un tauler de control que mostra les gràfiques de rendiment en temps real.
- El lloc de l'instructor ha d'incloure un tauler de control que us permeti ajustar les condicions meteorològiques, ja sigui pluja, neu o boira.
- El lloc de l'instructor ha d'incloure un tauler de control que us permeti ajustar la intensitat del vent i la direcció del mateix. Haurà d'incloure una rosa dels vents que permeti activar tant vent sostingut com ràfegues de vent que es generin de manera automàtica amb adreça i intensitat variable.
- L'instructor pot injectar les falles típiques de la retroexcavadora a temps real.
- L'instructor ha de poder fer marques de temps durant l'exercici prement un botó.
- L'instructor ha de poder enviar missatges a l'alumne en qualsevol moment. Han de quedar registrats.
- L'instructor ha de poder controlar la vista de l'usuari ja sigui navegant a l'entorn virtual com també controlant un dron a l'entorn que incorpora una càmera.
- L'instructor ha de poder orientar la càmera mitjançant l'activació del seguiment automàtic. La vista amb seguiment automàtic podrà ser des de dins la cabina com des de fora.
- Heu d'incloure un sistema de generació automàtica d'informes d'exercicis en format html.
- El sistema ha de generar tant informes d'exercicis individuals com grupals.
- Els informes dels exercicis han d'incloure gràfiques amb zoom dinàmic.
- Els informes dels exercicis han d'incloure gràfiques de la posició de la retroexcavadora, de la càrrega transportada, de la inclinació frontal i lateral de la retroexcavadora, de la velocitat de la retroexcavadora i de la intensitat de les col·lisions de la retroexcavadora.
- Les col·lisions s'han de diferenciar entre menors, grans i crítiques.
- La base de dades amb l'avaluació s'ha de poder emmagatzemar tant a l'ordinador local com a un servidor remot. Heu d'emmagatzemar les dades en format "raw" per poder canviar en qualsevol moment els paràmetres de l'avaluació.
- La base de dades ha d'emmagatzemar tots els exercicis realitzats, amb els seus informes respectius i amb tota la informació necessària per poder realitzar el *Debriefing* de qualsevol exercici realitzat per qualsevol alumne.
- La base de dades ha d'emmagatzemar els vídeos de la càmera de monitorització de l'alumne.
- El sistema de *Debriefing* ha de permetre a l'instructor tan sols prémer un botó portar a la marca de temps registrada o al moment de les col·lisions si n'hi hagués hagut.
- El sistema de *Debriefing* ha de permetre canviar el punt de vista en qualsevol moment i executar la simulació a diferents velocitats (x2, x4 o càmera lenta).
- Durant el debriefing, les imatges de la càmera de monitorització de l'alumne han d'estar sincronitzades amb el temps de simulació.

Sobre la física:

- La retroexcavadora ha de permetre l'ús dels seus estabilitzadors.
- El simulador ha de poder modificar els paràmetres següents de la retroexcavadora:
 - Velocitat màxima d'elevació de la pala davantera
 - Velocitat màxima d'inclinació de la pala davantera
 - Velocitat màxima de gir de la pala del darrere
 - Velocitat màxima d'elevació de la pala del darrere

- Velocitat màxima de desplaçament lateral de la pala del darrere
- Velocitat màxima d'elevació del balancí de la pala posterior
- Velocitat màxima d'extensió del balancí de la pala posterior
- Velocitat màxima d'inclinació de la pala posterior
- Tipus de controls ISO/SAE
- El terreny s'ha de representar mitjançant un sistema de partícules amb la possibilitat de moure'n més de 40.000 en temps real.
- A qualsevol part de l'escenari cal poder treballar amb terreny interactiu.

Sobre els exercicis:

- Heu de permetre posar comentaris de l'instructor als informes
- Heu d'incloure exercicis tant de conducció simple com de conducció amb obstacles.
- Heu d'incloure exercicis en què l'usuari pugui fer marques al terreny. Aquestes marques s'han de poder fer a qualsevol part de l'escenari que pugui assolir la màquina.

Sobre l'editor d'exercicis:

- Heu d'incloure un sistema editor d'exercicis amb menús per crear nous exercicis o modificar qualsevol dels existents.
- Els exercicis s'han de definir mitjançant un llenguatge natural en fitxers de text, i no és necessària la utilització de l'editor per modificar-lo.
- L'editor d'exercicis ha de poder importar i exportar exercicis en format text.
- El sistema editor d'exercicis ha d'incloure una GUI que mostri l'entorn d'operació i la màquina en 3D i un diagrama d'estats en 2D que faciliti el disseny de exercicis nous simplement afegint tasques al diagrama.
- El sistema editor d'exercicis ha de permetre afegir nous objectes a l'entorn.
- El sistema editor d'exercicis ha de permetre la realització de nous exercicis d'examen de test.
- El sistema editor d'exercicis ha de permetre la realització d'exercicis de verificació dels controls.

3 Obligacions de l'adjudicatari/ària

Preu **màxim**: 42.148,76 € IVA exclòs (51.000 € IVA inclòs)

Compliment íntegrament de les característiques indicades al punt 1.

Tot el material ha de reunir els requisits tècnics i d'homologació i les normes de seguretat segons la normativa actual de la Unió Europea (es demanarà certificats en cas que sigui necessari).

Compliment de normativa CE.

Súria, 29 de juny de 2026



Expedient 08042044/2026/14

El Secretari