

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



***TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL***

---

**“PREVENCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MÁS FRECUENTES EN  
LA OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA MEDIANTE EL USO DE  
SIMULADORES DE ENTRENAMIENTO**

---

**Área de Investigación:**

**GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTOR (ES):**

**BR. AUGUSTO DAVID SANTILLÁN HERNÁNDEZ**

**BR. JOSÉ GUILLERMO HERNÁNDEZ TORRES**

**Jurado Evaluador:**

**Presidente: Dr. Alfredo Lázaro Ludeña Gutiérrez.**

**Secretario: Dr. Marco Antonio Espinoza Raymundo**

**Vocal: Dr. Luciano Castillo Torres.**

**ASESOR:**

**DR. RICARDO GERONIMO SEMINARIO VASQUEZ**

**Código Orcid:0000-002-3202-5945**

**PIURA – PERÚ**

**2022**

**Fecha de sustentación:16/12/22**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



***TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL***

---

**“PREVENCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MÁS FRECUENTES EN  
LA OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA MEDIANTE EL USO DE  
SIMULADORES DE ENTRENAMIENTO**

---

**Área de Investigación:**

**GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTOR (ES):**

**BR. AUGUSTO DAVID SANTILLÁN HERNÁNDEZ**

**BR. JOSÉ GUILLERMO HERNÁNDEZ TORRES**

**Jurado Evaluador:**

**Presidente: Dr. Alfredo Lázaro Ludeña Gutiérrez.**

**Secretario: Dr. Marco Antonio Espinoza Raymundo.**

**Vocal: Dr. Luciano Castillo Torres.**

**ASESOR:**

**DR. RICARDO GERONIMO SEMINARIO VASQUEZ**

**Código Orcid:0000-002-3202-5945**

**PIURA – PERÚ**

**2022**

**Fecha de sustentación:16/12/22**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**“PREVENCIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MÁS FRECUENTES EN  
LA OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA MEDIANTE EL USO DE  
SIMULADORES DE ENTRENAMIENTO”**

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:

-----  
**PRESIDENTE**

DR.ING. ALFREDO LÁZARO LUDEÑA GUTIÉRREZ.  
CIP N° 38159

-----  
**SECRETARIO**

DR.ING. MARCO ANTONIO ESPINOZA RAYMUNDO.  
CIP N° 97122

-----  
**VOCAL**

DR.ING. LUCIANO CASTILLO TORRES.  
CIP N° 36854

-----  
**ASESOR**

DR.ING. RICARDO GERÓNIMO SEMINARIO VÁSQUEZ.  
CIP N° 98870

## **Dedicatoria**

Propongo y otorgo la presente tesis.

Como resultado de nuestro trabajo experimentado, la investigación, la perseverancia y la fe en toda nuestra dedicación, en primer lugar, al divino hacedor por su inmensa sabiduría y su tiempo perfecto en favor nuestro, a nuestros padres: Joaquín (a su memoria) y Jesús por su amor, ejemplo y constancia, a mis hermanas(os): Elizabeth e Ivette a nuestros amados y valorados padres, de ejemplo. A nuestro destacado y valorado asesor de la presente tesis, el Dr. Ricardo Gerónimo Seminario Vásquez. A todos nuestros alumnos de Ceintec Piura por ser fortaleza y proyección de nuestros logros. A todo(a) quien participó de manera directa e indirecta en éste gran proyecto, hoy convertido en una realidad.

**AUGUSTO**

Propongo y otorgo la presente tesis.

En primer lugar, a Dios, por su inmensa sabiduría y su tiempo perfecto en favor nuestro, a mis padres Luis Humberto y Rina, por su amor, esfuerzo y constancia, a mis hermanos Luis y Sebastián. A nuestro asesor el doctor Ricardo Seminario Vásquez, que con su guía y paciencia nos llevó al éxito.

**JOSÉ HERNÁNDEZ**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y a mi madre;

Porque en la ausencia de ellos no puede ser posible mi avance en el sendero del aprendizaje. A las personas que de una manera u otra lograron apoyarme en el camino del saber y ya no están más entre nosotros.

**AUGUSTO DAVID SANTILLÁN HERNÁNDEZ.**

Agradezco a Dios y a toda mi familia;

Porque sin ellos no sería posible lograr nada en la vida.

**JOSÉ GUILLERMO HERNANDEZ TORRES.**

## **Resumen**

La fundamentación de este proyecto de tesis se encuentra orientado a la prevención de accidentes e incidentes más recurrentes en la operación de maquinaria pesada haciendo uso de simuladores de preentrenamiento.

Siendo la finalidad de estos últimos, formar operarios competitivos y comprometidos con la preservación de la vida, los recursos de la empresa y el medio ambiente, así mismo la seguridad de los conductores y de la maquinaria que operan.

Se procedió a capacitar teóricamente al estudiante respecto a las normativas de seguridad, luego se hizo uso de simuladores Simlog con los cuales se instruyó a una muestra de estudiantes por conveniencia, obteniéndose como resultados las etapas inicial con 90% de incidentes, en la etapa intermedia las incidencias fueron del 40% y en la etapa final estas no superaron el 10%.en el uso del simulador. Por otro lado, se determinaron los costos mínimos al no utilizar simulador que ascienden a 3000 soles.

Así mismo, se capacitó al estudiante, en el entrenamiento con maquinas reales en un periodo de 20 horas, obteniéndose los resultados de cero accidentes e incidentes.

### **Palabras claves:**

Simuladores de entrenamiento, operarios.

## **Abstract**

The foundation of this thesis project is oriented to the prevention of accidents and more recurring incidents in the operation of heavy machinery using pre-training simulators.

Being the purpose of the latter, to train competitive operators and committed to the preservation of life, company resources and the environment, as well as the safety of drivers and the machinery they operate.

The student was theoretically trained regarding safety regulations, then Simlog simulators were used with which a sample of students was instructed for convenience, obtaining as results the initial stages with 90% of incidents, in the intermediate stage the incidences were 40% and in the final stage these did not exceed 10% in the use of the simulator. On the other hand, the minimum costs were determined by not using a simulator that amounted to 3000 soles.

Likewise, the student was trained in training with real machines in a period of 20 hours, obtaining the results of zero accidents and incidents.

Keywords:

Training simulators, operators.



<b>Contenido</b>	
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Descripción del problema.....	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.4. Objetivos de la investigación:.....	2
1.4.1. Objetivo general:.....	2
1.4.2. Objetivos específicos: .....	2
1.5. Justificación del estudio .....	3
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	3
2.1. Antecedentes del estudio .....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales:.....	3
2.1.2. Antecedentes nacionales: .....	4
2.1.3. Antecedentes locales: .....	4
2.2. Marco Teórico .....	5
2.2.1 Seguridad en operación de maquinaria pesada.....	5
2.2.2 La simulación aplicada a los equipos y máquinas. ....	17
2.2.3 Accidentes e incidentes más comunes en entrenamiento de maquinaria pesada. ....	19
2.2.4 El software de simulación-tipos.....	22
2.2.4.1 Software y hardware de cargador de ruedas:.....	22
2.2.4.2 Software y hardware de retroexcavadora: .....	26
2.2.4.3 Software y hardware de excavadora: .....	28
.....	28

2.2.5	La industria de la construcción.....	31
2.2.6	Costos asociados a la capacitación con maquinaria pesada. ....	32
2.3.	Marco conceptual.....	32
2.4.	Sistema de hipótesis.....	35
2.5.	Variables.....	35
2.5.1.	Variable independiente(X):.....	35
2.5.2.	Variable dependiente(Y):.....	35
	Y: Incidentes y accidentes.....	35
2.5.3	Operacionalización de variables. ....	35
III.	METODOLOGIA EMPLEADA.....	36
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	36
3.2.	Población y muestra.....	36
3.4.	Diseño de investigación.....	37
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	37
IV.	RESULTADOS.....	38
4.4.	Propuesta de la investigación.....	42
V.	DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	42
5.1.	Interpretación de resultados.....	42
5.2.	Comparación de resultados.....	48
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	52
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	53
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	53
	<b>ANEXOS:</b> .....	55

## Índice de ilustraciones:

Ilustración 1: Etiqueta de seguridad del equipo.....	6
Ilustración 2: Etiqueta de advertencia de peligro de muerte.....	6
Ilustración 3: Equipo de protección personal.....	7
Ilustración 4: Entrada y salida a la máquina.....	8
Ilustración 5: Etiqueta de advertencia de peligros de fluidos.....	9
Ilustración 6: Baterías.....	10
Ilustración 7: Sistema hidráulico de alta presión. ....	11
Ilustración 8: Lavado de maquinaria pesada.....	12
Ilustración 9: Abastecimiento de combustible.....	13
Ilustración 10: Inspección de neumáticos.....	13
Ilustración 11: Distancia de neumáticos calientes. ....	14
Ilustración 12: Precauciones de servicio. ....	15
Ilustración 13: Tarjeta de Inoperatividad. ....	16
Ilustración 14: Simulador de cargador de ruedas: .....	23
Ilustración 15: Panel de control del simulador de cargador de ruedas.....	24
Ilustración 16: Simulador de Cargador de Ruedas.....	25
Ilustración 17: Simulador de Retroexcavadora.....	26
Ilustración 18: Exposición de conductos subterráneos, paralelo.....	27
Ilustración 19: El simulador de retroexcavadora.....	28
Ilustración 20: Simulador de Excavadora .....	28
Ilustración 21: Simulador de Excavadora .....	29
Ilustración 22: Modulo de carga con arena con excavadora. ....	30
Ilustración 23: Lista de sesión de cargador de ruedas .....	43
Ilustración 24: Lista de sesión de excavadora hidráulica. ....	43
Ilustración 25: Lista de sesión de retroexcavadora .....	44
Ilustración 26: Prueba de apilamiento con el uso del simulador de cargador frontal .....	45
Ilustración 27: Resultados de la prueba de apilamiento.....	45
Ilustración 28: Prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo con el uso del simulador de retroexcavadora.....	46
Ilustración 29: Resultados de la prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo. ....	46

Ilustración 30: Prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - carga de rocas con simulador de Excavadora Hidráulica.....	47
Ilustración 31: Resultados de la prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - Carga de rocas. ....	47
Ilustración 32 Incidente, colisión del cucharón sobre el suelo.....	51
Ilustración 33 Accidente por volcadura con fatalidad. ....	51
Ilustración 34: Encuesta final aplicada al participante.....	55
Ilustración 35: Encuesta final aplicada al participante.....	56
Ilustración 36: Encuesta final aplicada al participante.....	57
Ilustración 37: Encuesta final aplicada al participante.....	58
Ilustración 38: Encuesta final aplicada al participante.....	59
Ilustración 1: Etiqueta de seguridad del equipo.....	6
Ilustración 2: Etiqueta de advertencia de peligro de muerte.....	6
Ilustración 3: Equipo de protección personal.....	7
Ilustración 4: Entrada y salida a la máquina.....	8
Ilustración 5: Etiquetade advertencia de peligros de fluidos.....	9
Ilustración 6: Baterías.....	10
Ilustración 7: Sistema hidráulico de alta presión. ....	11
Ilustración 8: Lavado de maquinaria pesada.....	12
Ilustración 9: Abastecimiento de combustible.....	13
Ilustración 10: Inspección de neumáticos.....	13
Ilustración 11: Distancia de neumáticos calientes.....	14
Ilustración 12: Precauciones de servicio. ....	15
Ilustración 13: Tarjeta de Inoperatividad. ....	16
Ilustración 14: Simulador de cargador de ruedas: .....	23
Ilustración 15: Panel de control del simulador de cargador de ruedas .....	24
Ilustración 16: Simulador de Cargador de Ruedas.....	25
Ilustración 17: Simulador de Retroexcavadora.....	26
Ilustración 18: Exposición de conductos subterráneos, paralelo.....	27
Ilustración 19: El simulador de retroexcavadora.....	28
Ilustración 20: Simulador de Excavadora .....	28
Ilustración 21: Simulador de Excavadora .....	29

Ilustración 22: Modulo de carga con arena con excavadora. ....	30
Ilustración 23: Lista de sesión de cargador de ruedas .....	43
Ilustración 24: Lista de sesión de excavadora hidráulica. ....	43
Ilustración 25: Lista de sesión de retroexcavadora .....	44
Ilustración 26: Prueba de apilamiento con el uso del simulador de cargador frontal .....	45
Ilustración 27: Resultados de la prueba de apilamiento. ....	45
Ilustración 28: Prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo con el uso del simulador de retroexcavadora.....	46
Ilustración 29: Resultados de la prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo. ....	46
Ilustración 30: Prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - carga de rocas con simulador de Excavadora Hidráulica.....	47
Ilustración 31: Resultados de la prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - Carga de rocas. ....	47
Ilustración 32 Incidente, colisión del cucharón sobre el suelo. ....	51
Ilustración 33 Accidente por volcadura con fatalidad. ....	51
Ilustración 34: Encuesta final aplicada al participante. ....	55
Ilustración 35: Encuesta final aplicada al participante. ....	56
Ilustración 36: Encuesta final aplicada al participante. ....	57
Ilustración 37: Encuesta final aplicada al participante. ....	58
Ilustración 38: Encuesta final aplicada al participante. ....	59
Ilustración 39: Certificado de curso de operación de maquinaria pesada con simulador.....	60
Ilustración 40: hoja de evaluación práctica.....	61
Ilustración 41: Check - list o inspeccion de rutina.....	62
Ilustración 42: Clase teórica del curso de maquinaria pesada con simulador. .	63
Ilustración 43: Charla de seguridad y uso de equipo de protección personal. .	64
Ilustración 44: Evaluación de operación real de maquinaria pesada.....	64

## Índice de tablas

Tabla 1: Cotización de simulador de cargador de ruedas .....	25
Tabla 2: Cotización de software y controladores de retroexcavadora .....	28
Tabla 3 Cotización de controles de Excavadora .....	31
Tabla 4 Operacionalización de variables.....	35
Tabla 5 Costos por avería diversas.....	39
Tabla 6 Costos por avería en motor. ....	39
Tabla 7 Tabla de aprendizaje con y sin simulador .....	48
Tabla 8 Tabla de costo de operación de maquinaria.....	48
Tabla 9 Ventajas del uso del simulador.....	49
Tabla 10 Incidencias: Colisión del cucharón con el suelo en simulador.....	50
Tabla 11 Accidentes: Volcadura con fatalidad en simulador. ....	50

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Realidad problemática

La importancia que toma cada día la seguridad industrial en las diversas empresas que si bien utilizan equipos y maquinarias en función del tamaño de la empresa, las cuales se clasifican de mecánicas hasta el uso de alta tecnología.

En este sentido en el departamento de que está en constante crecimiento empresarial e industrial, sobresaliendo la minería, la pesca, la exportación bananera y la industria de la construcción, desde edificios hasta carreteras.

De esta manera surgen diversas empresas de servicios que proporcionan enseñanza de manejo de maquinaria pesada para la industria de la construcción de nuevos centros poblados y urbanizaciones en el crecimiento de la ciudad.

En consecuencia, se puede observar que la seguridad de quienes utilizan maquinaria pesada se torna cada día de mayor riesgo, si se parte de la teoría a la práctica donde se puede apreciar una gran distancia.

Sin embargo, gracias a la tecnología emergente de los simuladores que no solo son aplicables en la industria de producción, sino también en la industria de los servicios, permite la disminución de accidentes e incidentes en las prácticas de entrenamiento con máquinas como cargadores frontales, motoniveladoras, excavadoras y retroexcavadoras, utilizadas en la industria de la construcción de edificaciones, carretes y caminos, así como en la minera de cielo abierto.

### 1.2. Descripción del problema

La importancia que toma cada día la seguridad industrial en las diversas empresas que si bien utilizan equipos y maquinarias en función del tamaño de la empresa, las cuales se clasifican de mecánicas hasta el uso de alta tecnología.

En este sentido en el departamento de que está en constante crecimiento empresarial e industrial, sobresaliendo la minería, la pesca, la exportación bananera y la industria de la construcción, desde edificios hasta carreteras.

De esta manera surgen diversas empresas de servicios que proporcionan enseñanza de manejo de maquinaria pesada para la industria de la construcción de nuevos centros poblados y urbanizaciones en el crecimiento de la ciudad.

En consecuencia, se puede observar que la seguridad de quienes utilizan maquinaria pesada se torna cada día de mayor riesgo, si se parte de la teoría a la práctica donde se puede apreciar una gran distancia.

Sin embargo, gracias a la tecnología emergente de los simuladores que no solo son aplicables en la industria de producción, sino también en la industria de los servicios, permite la disminución de accidentes e incidentes en las prácticas de entrenamiento con máquinas como cargadores frontales, motoniveladoras, excavadoras y retroexcavadoras, utilizadas en la industria de la construcción de edificaciones, carretes y caminos, así como en la minera de cielo abierto.

### 1.3. Formulación del problema

¿Cómo evitar o disminuir la incidencia de accidentes e incidentes más frecuentes en el entrenamiento de maquinaria pesada mediante simuladores?

### 1.4. Objetivos de la investigación:

#### 1.4.1. Objetivo general:

Prevenir la tasa de accidentabilidad con probabilidades de pérdidas irreparables, tanto de la vida como de lo material y el medio ambiente, en la operación de maquinaria pesada, aplicando la tecnología de simuladores.

#### 1.4.2. Objetivos específicos:

Preentrenamiento en simuladores de operación de maquinaria pesada.

Determinar los costos de operación de maquinaria pesada.

Evaluar la operación real con el uso de maquinaria pesada.



### 1.5. Justificación del estudio

La fundamentación de este proyecto de tesis se encuentra orientado a la prevención de accidentes e incidentes más recurrentes en la operación de maquinaria pesada haciendo uso de simuladores de pre-entrenamiento.

Siendo la finalidad de estos últimos, formar operarios competitivos y comprometidos con la preservación de la vida, los recursos de la empresa y el medio ambiente.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Antecedentes internacionales:

Según (Criscione, 2014) en este sentido la capacitación de un operador, utilizando la maquinaria real, se traduce en diversos costos como insumos, combustibles, etc., además del costo de oportunidad, lo que no se produciría utilizando ambientes virtuales para la capacitación.

El desarrollo de ambientes virtuales permite transportar a la persona a un entorno virtual, imitando las condiciones reales que enfrentará en su trabajo diario, contribuyendo de esta manera a simplificar el proceso de inducción de nuevo personal, aumentando las destrezas de la persona, evitar daños en los equipos e instalaciones, reducir los accidentes y disminuir al mínimo la cantidad de horas de prácticas en la maquinaria real.

Así mismo, en la tesis la simulación On-line para el despacho de camiones mineros en operaciones a cielo abierto, (Sáez Muñoz, 2014) incorpora el uso de un simulador On-line, una herramienta poderosa que permite tomar decisiones basadas en indicadores de desempeño globales del sistema considerando un proceso aleatorio en los procedimientos que lo conforman.

Este trabajo se desarrolla en el contexto en la toma de decisiones para despacho de camiones en minería a cielo abierto, donde cada vez que un camión se desplaza del área de carga en mina, hacia la zona de apilamiento, se realiza la pregunta: ¿a dónde debe ir este camión ahora?

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales:

(Bailon Ticlavica, 2019) menciona en su tesis, la determinación del nivel de conocimientos, destrezas y actitudes que adquieren los aprendices, así como la influencia de dichos conocimientos en los resultados de la instrucción con la implementación de un laboratorio de simuladores de maquinaria pesada, para que puedan ser aplicados con la debida suficiencia profesional como futuros Oficiales del Ejército Peruano.

Por otro lado, (Salazar Vasquez, 2015) menciona que, se han empleado simuladores básicos de operación de maquinaria en una escuela de capacitación llamada Ayrton Senna en la ciudad de Huancayo – Perú obteniéndose como resultados la disminución del 50% del tiempo total empleado en la adaptación a la operación de la maquinaria real.

#### 2.1.3. Antecedentes locales:

En la tesis presentada por (Espinoza Aguero, 2019), quien realizó una capacitación con los colaboradores de la empresa minera Miski Mayo, empleando simuladores para el manejo de camión de minería a cielo abierto, en el cual obtuvo como resultado que el 68% de los participantes confirma que el entrenamiento con simuladores es óptimo.

De igual manera en la tesis presentada en la Universidad de Piura, (Rivadeneira Aguirre, 2014) presenta la simulación empleando escenarios en un radar para simular el comportamiento de buques de guerra en situaciones con parámetros diversos. Ha empleado para las trayectorias las ecuaciones de Fossen, teniendo como resultado la

descripción de la trayectoria y cinemática del movimiento de un buque.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1 Seguridad en operación de maquinaria pesada.

Un equipo pesado puede pesar más de 100 000 kilogramos y sus piezas individuales pueden pesar 50 000 kilogramos. Cuando se realiza el servicio de equipo pesado el operario de servicio debe saber:

- Las reglas de seguridad básicas y el uso de equipo de protección personal.
- Los procedimientos de traba para poner el equipo en una condición mecánica nula.
- El método correcto de levantamiento y bloqueo del equipo.
- Los límites de las herramientas y de los dispositivos de levantamiento.
- Los métodos correctos del uso de herramientas y dispositivos de mantenimiento diario.

Antes de realizar cualquier trabajo en el equipo pesado, sea operación o servicio de mantenimiento, el operario debe leer y entender toda la información de seguridad.

La información de seguridad de la máquina puede encontrarse en los siguientes documentos:

- Manual de Operación y Mantenimiento. (MOM) (Ferreyros S.A.A., S/F)
- Manual de Pruebas y Ajustes.
- Manual de Desarmado y Armado.
- Las etiquetas de advertencia ubicadas en la máquina y el motor.

Si el operario hace caso omiso de las advertencias de peligro, pueden ocurrir lesiones graves e incluso la muerte.

*Ilustración 1: Etiqueta de seguridad del equipo.*



**Fuente: Manual de operación y mantenimiento de minicargador. (Ferreyros S.A.A., S/F)**

Existen etiquetas de seguridad específicas en el equipo. El operario debe familiarizarse con todas las etiquetas de seguridad encontradas en el equipo.

Las funciones de las etiquetas de seguridad son: alertar, identificar, describir, explicar e instruir a los operarios de los riesgos y peligros en distintas ubicaciones de la máquina.

Asegúrese de que todas las etiquetas de seguridad sean legibles. Limpie las etiquetas de seguridad o reemplácelas si no pueden leerse. Cuando limpie las etiquetas o calcomanías de seguridad, use un paño limpio, agua y detergente. No use disolventes, gasolina o químicos fuertes pueden despegar el adhesivo que fija las etiquetas de seguridad.

Reemplace cualquier etiqueta de seguridad faltante o en mal estado. Si una etiqueta de seguridad está pegado a una pieza que va a reemplazarse, instale una etiqueta de seguridad nueva en la pieza de reemplazo.

*Ilustración 2: Etiqueta de advertencia de peligro de muerte*



**Fuente: Manual de operación y mantenimiento de minicargador BOBCAT**

### **Equipo de Protección Personal:**

Cuando trabaje cerca al equipo pesado, siempre use el equipo de protección personal requerido para las condiciones de trabajo. El equipo de protección incluye lo siguiente:

- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad o careta de seguridad.
- Guantes de seguridad.

No use ropa suelta u holgada, corbatas ni joyas (anillos, collares, aretes largos ni listones), que puedan enredarse en las piezas de la máquina.

*Ilustración 3: Equipo de protección personal*



**Fuente: Formación de Operadores de Montacargas, Ceintec  
Piura.**

## **Entrada y salida de las máquinas:**

*Ilustración 4: Entrada y salida a la máquina*



**Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de Montacargas, Caterpillar.**

Use los escalones y pasamanos siempre que vaya a entrar o salir de una máquina. Antes de subir a la máquina, limpie los escalones y los pasamanos. Inspeccione los escalones y los pasamanos y asegúrese de hacer todas las reparaciones necesarias si están en mal estado.

Sube y baje de frente a la máquina. Mantenga siempre tres puntos de contacto con los escalones y los pasamanos.

**Observación: los tres puntos de contacto pueden ser dos pies y una mano, o un pie y dos manos.**

Nunca sube o baje de una máquina en movimiento. Nunca salte de la máquina. No trate de subir o bajar de la máquina cuando lleva herramientas o suministros, o los alimentos. Use una cuerda de mano para subir el equipo a la plataforma. No use ningún tipo de control como soporte cuando ingrese o salga de la máquina.

## Fluidos calientes y piezas:

*Ilustración 5: Etiquetade advertencia de peligros de fluidos.*



Peligro de Quemaduras



Mantenga las manos lejos de las partes móviles de la máquina



El fluido a alta presión puede causar una lesión por inyección



El equipo se puede caer y aplastarlo

**Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de Minicargador, BOBCAT.**

Para evitar quemaduras, tenga cuidado de las piezas calientes de la máquina cuando ésta acaba de detenerse, o de fluidos calientes en las tuberías, tubos y compartimientos.

Sea cuidadoso cuando quite las tapas de llenado, los respiraderos y los tapones de la máquina. Sostenga un trapo sobre el tapón o la tapa para evitar ser rociado con los líquidos presurizados. Cuando la máquina justo acaba de ser apagada, la posibilidad de que el flujo esté caliente es mayor.

## **Baterías:**

*Ilustración 6: Baterías.*



**Fuente: Manual de Capacitación en seguridad, Caterpillar.**

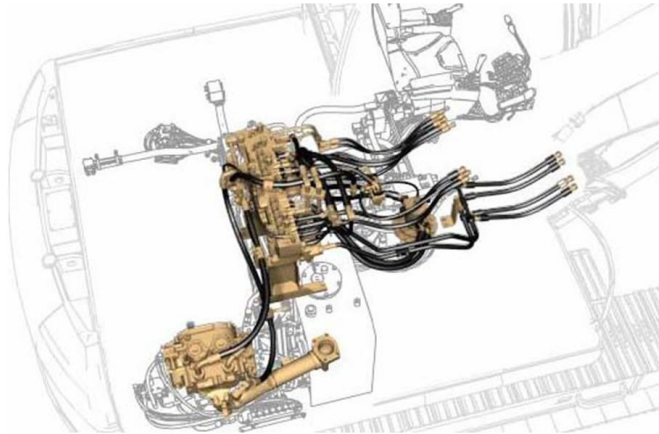
No fume cuando realice una inspección del nivel de electrolitos de la batería. Nunca desconecte ningún circuito de unidad de carga ni ningún cable del circuito de la batería cuando la unidad de carga esté operando. Una chispa puede causar una explosión de la mezcla inflamable de hidrógeno y nitrógeno que se libera de los electrolitos a través de los contactos de salida de la batería.

No permita que el electrolito de la batería haga contacto con la piel o los ojos, el electrolito de la batería es un ácido. En caso de contacto con el electrolito de la batería, lave inmediatamente la piel con jabón y agua. Si hay contacto con los ojos, lave los ojos con grandes cantidades de agua al menos por 15 minutos y busque atención médica.



## Componentes presurizados:

*Ilustración 7: Sistema hidráulico de alta presión.*



**Fuente: Curso interactivo Excavadoras serie 320DL, Caterpillar.**

La presión puede quedar atrapada en el sistema hidráulico. Liberar la presión atrapada puede causar un movimiento repentino de la máquina o un movimiento de un accesorio. Sea precavido cuando revise e inspeccione tuberías o conexiones hidráulicas. El aceite a alta presión liberado puede originar un latigazo de la manguera o un rociado de aceite. La penetración o intrusión del fluido puede causar lesiones serias incluso la muerte.

La presión puede quedar atrapada en el circuito hidráulico mucho tiempo después de apagado el motor. La presión puede hacer que el fluido hidráulico o elementos como tapones de la tubería salgan disparados si la presión no se alivia correctamente.

No quite ni desarme ningún componente o pieza hidráulica hasta que la presión haya sido aliviada o podrían ocurrir lesiones personales

graves. Consulte el Manual de Servicio para obtener información de los procedimientos requeridos para aliviar la presión hidráulica.

Las tuberías hidráulicas y de combustible dañadas o flojas pueden tener fugas. Esto puede resultar en peligro de incendio cuando el fluido se pone en contacto con una fuente de ignición. No doble ni golpee las tuberías de alta presión. No instale tuberías dobladas o dañadas. Revise las tuberías, tubos o mangueras cuidadosamente. No exponga directamente parte de su cuerpo tal como sus manos, cuando revise mangueras o conexiones con fugas.

### **Presión de agua y aire:**

*Ilustración 8: Lavado de maquinaria pesada.*



**Fuente: Manual de seguridad, Ferreyros-Caterpillar.**

El aire o agua presurizados pueden causar lesiones personales. Cuando el aire o el agua presurizados se usan para limpieza, use careta protectora, ropa y zapatos de seguridad. La máxima presión de aire para propósitos de limpieza debe ser menor que 205kPa (30lb/pulg<sup>2</sup>). Cuando use un lavador a presión, tenga en cuenta que las presiones de la boquilla son muy altas. Las presiones de las boquillas frecuentemente están por encima de 13 790kPa (2000lb/pulg<sup>2</sup>). Siga todas las prácticas recomendadas proporcionadas por el fabricante del lavador de presión.

### **Llenado de combustible:**

*Ilustración 9: Abastecimiento de combustible.*



**Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento Excavador 313, Caterpillar.**

Tenga cuidado cuando realice el llenado de combustible de la máquina. No fume mientras esté haciendo esta operación. No llene combustible cerca de llamas abiertas o equipos que puedan producir chispas. Siempre apague el motor antes del abastecimiento de combustible. Llene los tanques de combustible al aire libre.

### **Precauciones con los neumáticos:**

*Ilustración 10: Inspección de neumáticos*



**Fuente: Manual de Seguridad, Ferreyros-Caterpillar.**

Explosiones de los neumáticos inflados con aire han resultado en combustión de gas inducida por calor dentro de los neumáticos.

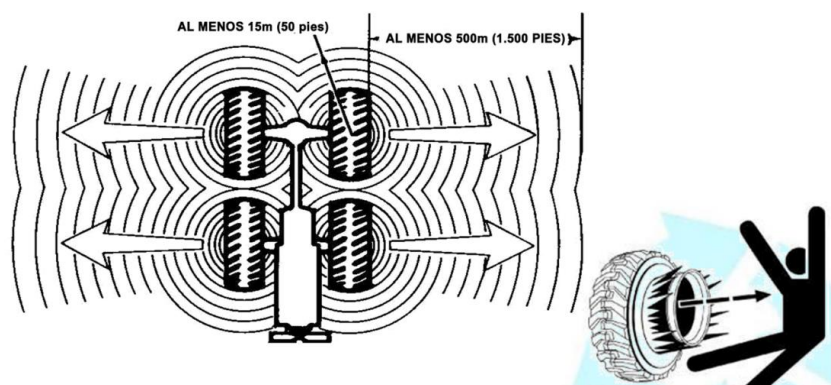
Las explosiones pueden ser causadas por el calor generado durante la soldadura, el calentamiento de los aros, por fuego externo o el uso excesivo de los frenos.

Una explosión de un neumático es mucho más violenta que la ruptura del neumático. La explosión puede lanzar el neumático y los componentes del aro y el eje tan lejos como 500 metros (1500pies) o más de la máquina. Tanto la fuerza de la explosión como los escombros disparados pueden causar daño de la propiedad, lesiones personales e incluso la muerte.

No se acerque a un neumático que su temperatura sea muy alta, mantenga la distancia mínima, como se muestra en la siguiente imagen.

*Ilustración 11: Distancia de neumáticos calientes.*

### **Precauciones con los neumáticos**



**Fuente: Manual de seguridad, Ferreyros Caterpillar.**

No use agua ni calcio como lastre para los neumáticos. Se recomienda el gas nitrógeno seco para el inflado de neumáticos. Si

los neumáticos fueron inflados con aire, es preferible ajustar la presión con nitrógeno. El nitrógeno se mezcla apropiadamente con el aire.

Los neumáticos inflados con nitrógeno reducen el potencial de una explosión del neumático gracias a que el nitrógeno no es combustible. El nitrógeno también evita la oxidación y el deterioro de la goma y la corrosión de los componentes del aro.

### **Precauciones generales de servicio:**

*Ilustración 12: Precauciones de servicio.*



**Fuente: Manual de seguridad, Ferreyros Caterpillar.**

Ponga una etiqueta de advertencia de “No operar” o una etiqueta de advertencia similar en el interruptor de arranque o en los controles, antes de proporcionar servicio a un equipo.

Si es posible, haga todas las reparaciones con la máquina estacionada en una zona plana y dura, la máquina debe bloquearse con el fin de evitar que la misma se mueva.

Familiarícese con el ancho de su equipo para mantener un espacio libre apropiado cuando opere el equipo junto a cercas u obstáculos.

Tenga cuidado de los cables de alto voltaje y de los cables de energía subterráneos, si la máquina se pone en contacto con alguno de esos peligros, puede ocurrir lesiones serias o incluso la muerte por electrocución.

Asegúrese de que todas las guardas de protección y las cubiertas estén en su lugar en el equipo. Si una guarda, cubierta o blindaje debe quitarse al realizar un trabajo de reparación, aumente las precauciones.

No permita personal no autorizado en el equipo.

Desconecte la batería y descargue cualquier condensador antes de comenzar el trabajo en la máquina.

Asegúrese de que el área del trabajo alrededor de la máquina es segura y esté atento de cualquier situación peligrosa que pueda presentarse. Si arrancó el motor en un espacio cerrado, asegúrese de que el escape del motor drene al exterior apropiadamente.

No trabaje en ningún equipo que esté soportado sólo por gatos de levantamiento hidráulicos o grúas. Use siempre bloques o soportes de gato para proporcionar soporte a la máquina antes de realizar cualquier servicio o desarmado.

#### **Fuentes de energía peligrosa:**

- Circuitos eléctricos.
- Dispositivos mecánicos: Transicional, giratorios, acumuladores.
- Tuberías aéreas.
- Presiones: hidráulica, neumática, vacío.
- Resortes.
- Gravedad.

Si el operario va a revisar y realizar alguna maniobra, debe desconectar primero cualquiera de las siguientes fuentes de energía para evitar lesiones graves o incluso la muerte.

#### **Trabas de seguridad:**

*Ilustración 13: Tarjeta de Inoperatividad.*



**Fuente: Manual de seguridad, Ferreyros Caterpillar.**

Es obligatorio que el equipo tenga todas las “trabas de seguridad” antes de realizar un trabajo de servicio. Las cinco causas principales de lesiones mientras se trabajan en el equipo pesado son:

- No se paró el equipo.
- No se desconectaron las fuentes de energía.
- No se disipó la energía residual (purga, neutralización).
- Se arrancó el motor accidentalmente.
- No se limpió el área de trabajo antes de volver a arrancar el equipo.

La “acción de traba” es poner un traba o seguro y una etiqueta en un dispositivo de energía separado que asegure el control sobre el dispositivo y el equipo, garantizando que el dispositivo no podrá ser activado hasta que se quite la traba o el seguro.

El objetivo de la traba de un equipo es aumentar la seguridad, proteger la salud de los empleados y proteger el equipo de daño.

La “acción de traba” se requiere siempre que el empleado:

- Vaya a realizar una reparación.
- Vaya a realizar una limpieza.
- Vaya a realizar un mantenimiento.
- Vaya a quitar una guarda o protector para realizar una inspección o trabajo.

Procedimiento de traba:

- 1) Apague el equipo.
- 2) Ponga el interruptor de la batería en posición DESCONECTADA (OFF).
- 3) Active el dispositivo de traba del interruptor principal.
- 4) Ponga la etiqueta “No operar” en el dispositivo de traba.
- 5) Ponga la etiqueta “No operar” en el compartimiento del motor.
- 6) Alivie todas las presiones.

### 2.2.2 La simulación aplicada a los equipos y máquinas.

Distintas industrias, desde principios del siglo XIX, han utilizado la simulación como herramienta para entrenamiento y capacitación continua de sus operadores. Esta forma de instrucción es sin duda alguna, una de las técnicas de mayor rentabilidad en la prevención

de riesgos laborales, desarrollo de competencias e incremento de la productividad.

Desde inicios del siglo pasado, los simuladores de realidad virtual han sido masivamente utilizados en la simulación de maniobras militares, aviación civil, militar, astronáutica y transporte marítimo, construcción, minería y demás actividades industriales.

Los simuladores han demostrado su eficiencia y eficacia en los programas de entrenamiento de estas industrias, disminuyendo considerablemente los costos de capacitación. Sin embargo, los costos de los equipos, materiales y la tecnología necesaria para su ejecución habían limitado su uso, hasta hoy.

Aprender a operar maquinaria involucrada en cada actividad industrial es una tarea que representa cierta complejidad. En la etapa de formación, no existen herramientas de percepción y prevención de situaciones de riesgo ya que son factores que se aprenden a base de práctica y monitoreo.

En algunas situaciones de riesgo, el operador tiende a sentir pánico y a reaccionar de manera inadecuada, porque no hay una formación teórica a la práctica donde puedan recrear accidentes y emergencias, para así aprender los procedimientos adecuados en cada uno de estos casos y reaccionar de manera natural.

A través de la simulación tanto el participante como el entrenador, se adiestran y capacitan con el objetivo de reducir la curva de aprendizaje del principiante y perfeccionar la técnica del experimentado, refrescando situaciones que con el paso del tiempo y la rutina diaria son olvidadas.

Desde el punto de vista preventivo la formación debe de ser un proceso integral, con el objeto de implementar una capacitación basada en la revisión de procedimientos para evitar situaciones de alto riesgo y adquirir hábitos seguros en la operación de los equipos.



### 2.2.3 Accidentes e incidentes más comunes en entrenamiento de maquinaria pesada.

Debe existir en nosotros los operadores, un pensamiento continuo en nuestra labor: “El trabajo que realizo, ¿puede lastimar a mis compañeros o a mi persona?”

Accidentes al operar un Cargador de ruedas:

**Choques:** Las distracciones durante la operación, pueden ocasionar la pérdida de control de la máquina. Daños personales e incluso mortales pueden ocurrir si no se presta atención a la conducción de la misma. (Caterpillar, 2011)

**Aplastamiento:** En la zona del bastidor, cerca de la traba de la dirección se encuentra ubicada una etiqueta de seguridad, la cual indica que no debe estar una persona en esa zona, en especial cuando la máquina gira. (Caterpillar, 2011)

**Penetración de fluidos:** Para revisar si existen fugas en las líneas hidráulicas, utilice siempre un cartón o una tabla, de lo contrario podrían ocurrir lesiones graves incluso mortales. (Caterpillar, 2011)

**Derrames de fluidos:** Debemos cerciorarnos que no existan derrames cuando realicemos la inspección, mantenimiento, pruebas o ajustes o reparación del equipo. Respete la normativa y reglamentos locales sobre la eliminación de los líquidos. (Caterpillar, 2011)

Incidentes al operar Cargador de Ruedas:

**Contusiones:** Debido a caídas a desnivel, al bajar o subir de la máquina. Se debe utilizar los tres puntos de apoyo, que pueden ser las dos manos y un pie, o los dos pies y una mano. (Caterpillar, 2011)

Cortes: Al inspeccionar la máquina, en especial los implementos, se pueden producir cortes o raspones, es importante usar el equipo de protección personal adecuado, en este caso, guantes.

Contaminación ambiental: Debido a las emisiones del motor diésel, mantenimientos inapropiados o reparaciones incorrectas pueden ocasionar daños al medio ambiente.

Accidentes al operar una Excavadora Hidráulica:

Caídas de altura: Al subir o bajar de la máquina, el operario puede caer, sino tiene en consideración utilizar los 3 puntos de contacto antes mencionados, y darle frente a la máquina. (Caterpillar, 2008)

Peligro de aplastamiento: La máquina gira, los peligros de aplastamiento y atrapamiento pueden causar lesiones graves e incluso la muerte. La parte posterior de la excavadora posee muchos puntos ciegos. (Caterpillar, 2008)

Quemaduras: El contacto con componentes calientes puede ocasionar quemaduras o lesiones. Normalmente los componentes que se ubican cerca al motor poseen temperaturas elevadas. (Caterpillar, 2008)

Volcaduras: Al trabajar en pendientes o zonas a desnivel, la máquina puede volcar y caer, el cinturón de seguridad debe estar abrochado todo el tiempo que la máquina esté trabajando, para así evitar lesiones graves e incluso mortales. (Caterpillar, 2008)

Explosiones: Si la excavadora se encuentra trabajando en un lugar de voladura o explosiones, se debe desactivar el dispositivo Product Link, que viene incorporado en la misma (si está dentro del radio de

12m de los artefactos de detonación), para así evitar lesiones graves o mortales. (Caterpillar, 2008)

Incidentes al operar la excavadora:

Resbalón: De las superficies que se encuentran sucias o con fugas de aceite. (Caterpillar, 2008)

Contusiones: Al girar bruscamente el implemento, se puede producir contusiones del operador contra la cabina. (Caterpillar, 2008)

Ruido: Los decibeles producidos por el motor pueden ocasionar lesiones auditivas, utilice siempre el equipo de protección adecuado, en este caso los tapones auditivos. (Caterpillar, 2008)

Accidentes al operar la Retroexcavadora:

Muerte: Si se opera la máquina, sin seguir las indicaciones de seguridad y haciendo caso omiso al manual del operador, se pueden sufrir lesiones graves e incluso mortales. (Jhon Deere, 2009)

Fracturas: Pueden producirse lesiones graves e incluso mortales, si usted queda atrapado en un componente móvil, antes de examinar pare el motor. (Jhon Deere, 2009)

Sordera: La operación de la máquina produce ruidos que superan los decibeles aceptables, no utilice audífonos para escuchar música mientras opera, utilice siempre su equipo de protección personal y preste atención a la máquina. (Jhon Deere, 2009)

Incendio: Aprenda a utilizar el extintor de incendios, guarde siempre en un lugar adecuado el extintor en su máquina. (Jhon Deere, 2009)

Incidentes al operar la pala retroexcavadora:

Electricidad estática: Para reducir el riesgo de la electricidad estática, es necesario la extracción del azufre y otros componentes del combustible diésel, también es obligatorio que los componentes del sistema de alimentación de combustible estén conectados a masa. (Jhon Deere, 2009)

Contaminación ambiental: El aceite, el combustible, el refrigerante, líquido de frenos, líquido de baterías, son sustancias potencialmente contaminantes, se deben utilizar recipientes herméticos para recibir dichos residuos al hacer mantenimientos o correcciones en los sistemas de la máquina. (Jhon Deere, 2009)

Electrocución: Se debe arrancar la máquina solamente desde el puesto del operador ya que, si se intenta hacer un puente en el motor de arranque, se pueden producir lesiones leves o graves, incluso mortales. (Jhon Deere, 2009)

Caídas de terceros: Nunca lleve o transporte personas en las cucharas o en la cabina del operador, terceras personas pueden resultar heridas al caer o impactar con objetos. (Jhon Deere, 2009)

#### 2.2.4 El software de simulación-tipos.

##### 2.2.4.1 Software y hardware de cargador de ruedas:

En simulación del cargador de ruedas el software que se emplea, así como el hardware cuenta con dispositivos que se muestran en la ilustración 14.

*Ilustración 14: Simulador de cargador de ruedas:*



**Fuente, elaboración propia en base a cotización de e-tech para Jakdic Silva.**

El simulador de cargador frontal, lleva a los alumnos al mando de un cargador de ruedas con capacidad nominal de 24 toneladas (21.8 toneladas métricas), operando junto con un camión de extracción en una cantera virtual.

Este simulador posee una serie de módulos de simulación diseñados para desarrollar cada una de las habilidades técnicas asociadas con la operación de un cargador de ruedas verdadero. Los módulos iniciales ayudan en la enseñanza y dominio de los controles, como también de las operaciones básicas. Los módulos siguientes involucran tareas más difíciles, como excavar, cargar, descargar y desplazar el cargador.

El simulador admite una cantidad de situaciones de operación variadas, para tratar las diferentes necesidades de entrenamiento de cada usuario. Incorpora los siguientes módulos de simulación:

1. Familiarización con controles.
2. Desplazamiento en corredor ancho.
3. Desplazamiento en corredor estrecho.
4. Ubicación del cucharón.
5. Apilamiento.
6. Carga de camión.
7. Carga y transporte.
8. Carga de camión con señalamiento.

*Ilustración 15: Panel de control del simulador de cargador de ruedas*



Cuando el punto de vista del participante es al interior de la cabina, se muestra este panel de control. El panel está compuesto por un subconjunto de componentes encontrados en los cargadores verdaderos adecuados al simulador.

El panel está formado por los siguientes componentes:

- Tacómetro.
- Velocímetro.
- Lector de marcha / dirección.
- Indicador de bloqueo del acelerador.

Ilustración 16: Simulador de Cargador de Ruedas



Tabla 1: Cotización de simulador de cargador de ruedas

<b>Cargador Frontal</b>	
Software del cargador frontal	\$ 6,000.00
Software del Instructor Sim Manager	\$ 2,000.00
2 controles replica de 8 botones USB de calidad industrial	\$ 2,500.00
2 soportes para 2 controles de 8 botones USB de calidad industrial	\$ 500.00
3 Pedales Replica de calidad industrial	\$ 1,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12,500.00</b>

**Fuente: Cotización de la empresa E-tech a Jakdic, 2019.**

- 2.2.4.2 Software y hardware de retroexcavadora:  
En la ilustración 17 se muestra las características del hardware de una retroexcavadora, que conjuntamente con el software permiten la capacitación del aprendiz.

*Ilustración 17: Simulador de Retroexcavadora*



**Fuente, elaboración propia, en base a cotización de e-tech a Jakdic Silva.**

El simulador de retrocargador, lo sitúa frente a los controles de una simulación de retroexcavadora (a veces denominada también “cargadora retroexcavadora”, “pala cargadora”, o simplemente “excavadora”). Se trata de una máquina que combina la funcionalidad de un cargador de ruedas y de una excavadora, creando como resultado una de las más versátiles máquinas de movimiento de tierra. En particular esta retroexcavadora tiene un motor de 70kw (94CV), tracción en la cuatro ruedas y transmisión automática.

La versión actual del simulador retroexcavadora incorpora los siguientes módulos de simulación:



- 1- Reconocimiento de los controles.
- 2- Ubicación de las cucharas, para desplazar hacia delante y hacia atrás con objetivos separados de las cucharas del cucharón y la retroexcavadora.
- 3- Desplazamiento de la carga, para mover el material de una zona de excavación a una zona de descarga con la cuchara del cargador.
- 4- Carga del camión- cargador, usando piedras.
- 5- Rastrillar la línea, con la excavadora.
- 6- Carga del camión – excavadora, usando piedras.
- 7- Abrir zanjas para instalar tuberías.
- 8- Abertura de conductos subterráneos- En paralelo, el conducto está posicionado paralelamente al alcance de la excavadora.
- 9- Abrir conductos subterráneos- Perpendicular, el conducto está posicionado perpendicularmente al alcance de la excavadora.

*Ilustración 18: Exposición de conductos subterráneos, paralelo.*



Ilustración 19: El simulador de retroexcavadora



Tabla 2: Cotización de software y controladores de retroexcavadora

<b>Backhoe</b>	
Software del Backhoe	\$ 8,000.00
2 Controles replica de 2 botones USB de calidad industrial	\$ 2,500.00
2 Soportes para 2 Controles replica de 8 botonees USB de calidad industrial	\$ 500.00
Logitech G920 con conexión USB, que incluye un volante, 3 pedales y una palanca de cambios con botonera	\$ 700.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11,700.00</b>

#### 2.2.4.3 Software y hardware de excavadora:



Ilustración 20: Simulador de Excavadora



*Ilustración 21: Simulador de Excavadora*

El simulador de excavadora hidráulica pone a los operadores en mando de una excavadora hidráulica mediana, provisto de un cucharón de 1.0 y de radio periférico 1.444mm.

Este simulador de excavadora tiene un compendio de secciones de simulación diseñados en un área virtual, que se asemeja a la realidad para entrenar cada una de las habilidades técnicas asociadas con la operación de una excavadora hidráulica real.

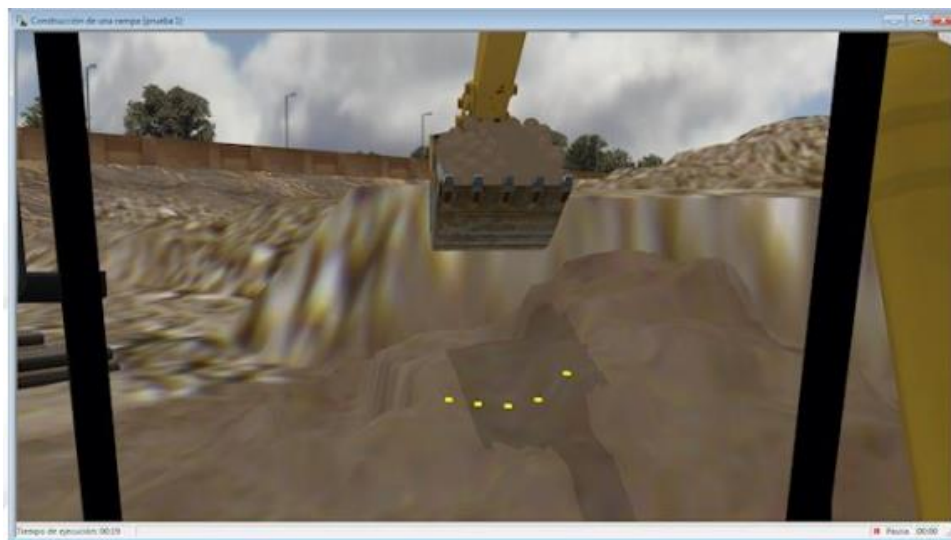
Por lo tanto, el simulador tiene un promedio de doce situaciones de operaciones variadas, para tratar las exigencias de entrenamiento de cada participante. La versión normal del simulador de excavadora hidráulica incorpora los siguientes módulos de capacitación simulada:

1. Función de los controles.
2. Ubicación de la excavadora.
3. Rastrillado en línea recta.
4. Seguir la trayectoria de un arco.
5. Subir y bajar del banco.
6. Pasar por una zanja.
7. Excavación y descarga de una pasada.
8. Abrir zanjas.
9. Exposición de zanjas y carga.

10. Cargar material desde un banco con señalamiento de un camión.
11. Carga de un banco con señalamiento del camión-rocas grandes.
12. Elaboración de una rampa.

Para cada módulo de simulación, indicadores clave de rendimiento son medidos en cada prueba para evaluar el trabajo simulado, por ejemplo, el tiempo para completar una tarea simulada, y la cantidad de material excavado o cargado. Una vez que termine la prueba, los valores de estos indicadores son mostrados en una ventana de “Resultados”. Cuando el participante acciona la bocina, inicia la siguiente prueba.

Cuando culmina la sesión de formación con el simulador en uno de los módulos, se guardan los valores mínimo, medio y máximo de los indicadores de prestaciones de todas las pruebas completadas.



*Ilustración 22: Módulo de carga con arena con excavadora.*

Tabla 3 Cotización de controles de Excavadora



Excavadora Hidráulica	
Software del Excavadora Hidráulica	\$ 8,000.00
Software del Instructor Sim Manager	\$ 2,000.00
2 controles replica de 2 botones USB de calidad industrial	\$ 2,500.00
2 Soportes para 2 Controles replica USB de calidad industrial	\$ 500.00
2 Pedales Replica de calidad Industrial	\$ 1,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 14,600.00</b>

### 2.2.5 La industria de la construcción.

Según, (Tapia, 2012) que menciona a García Valcárcel, la industria de la construcción se entiende “Como la unidad de producción, integrada por el capital y el trabajo, cuya actividad está al servicio del bien común y tiene fin lucrativo”.

Según la L.O.E. (LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN).

## 2.2.6 Costos asociados a la capacitación con maquinaria pesada.

Alquiler de maquinaria:

Cargador de ruedas (S/.280.00 x hora)

Retroexcavadora (S/120.00 x hora)

Excavadora (S/.300.00 x hora)

Golpes y choques con la maquina:

Insumos: Combustibles, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

## 2.3. Marco conceptual

Seguridad: Es estar libre de peligro y riesgos. (TECSUP, 2019)

Seguridad Industrial: Es la unión de normas y medidas técnicas destinadas a cuidar tanto la vida como la integridad física de los trabajadores y a mantener los materiales, maquinarias, equipos e instalaciones en óptimas condiciones de operatividad y productividad. (SENATI, 2012)

Incidente: Es aquello que puede tener la probabilidad de causar daño. (SENATI, 2012)

Accidente: Es un acto inesperado que causa daño y que interfiere o interrumpe el proceso normal de trabajo. (SENATI, 2012)

Riesgo: Probabilidad de que un peligro se convierta en pérdida. (SENATI, 2012)

Peligro: Todo aquello que tiene potencial de causar daño a la personas, equipos, procesos y ambientes. (SENATI, 2012)

Condición subestándar o peligrosa: Se puede corregir mediante la observación, tiene mucho potencial para causar los accidentes, ejemplos: maquinarias con guardas inadecuadas, herramientas o equipos defectuosos, superficies de trabajo desiguales, ventilación o alumbrado inadecuados. (SENATI, 2012)

Acto subestándar o inseguro: Otra causa de los accidentes es el acto subestándar, que es producido por una persona y que puede causar un accidente o ser parte del mismo. Ejemplo: cargar, colocar o mezclar en postura o posición contraria a lo establecido por la seguridad; trabajar con equipos en movimiento, descuido al utilizar ropas inseguras o muy holgadas, la distracción, el azuzamiento. (SENATI, 2012)

Maquinaria: Conjunto de elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento hace posible aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo determinado. (ASFAHL, 1999)

Maquinaria pesada: Normalmente se les conoce a los equipos destinados a la construcción, minería, agricultura y demás industrias, que cumplen funciones tales como: excavar, transportar materiales, cargar, compactar, nivelar o conformar terrenos. (ASFAHL, 1999)

Excavadora: Máquina mecánica-hidráulica, que posee un motor diésel que posee una alta fuerza de desprendimiento, pertenece a la familia de máquinas de movimiento de tierras. Potencia hidráulica es la clave en estas máquinas. (TECSUP, 2018)

Cargador de ruedas: Es una máquina mecánica-hidráulica, que cuenta con implementos hidráulicos en la parte frontal para realizar trabajos según diseño. Posee un motor diésel que proporciona la energía para mover los sistemas del cargador. (TECSUP, 2017)

Retroexcavadora: Es una máquina de construcción, utilizada para realizar trabajos de carga y también de excavación. Es una variante de la excavadora. También posee un motor diésel que le brinda la potencia para poder mover sus sistemas hidráulicos y de traslación. (Tecsups, 2017)

Software empleado: Simlog. Ha sido desarrollado en Simlog Simulation – Estados Unidos. (Simlog, 2017)

EPP: Equipo Personal de Protección. (ASFAHL, 1999)

Casco: Elemento de seguridad que nos blindamos de impacto o penetración de objetos que caen sobre la cabeza. (SENATI, 2012)

Lentes: Protegen a las personas de riesgos para sus ojos. (SENATI, 2012)

Tapones auditivos: son un implemento de protección, que cubre el ingreso de ruidos al sistema auditivo. (SENATI, 2012)

Guantes: Provee protección para las manos, contra rasguños, cortes y golpes leves. (ASFAHL, 1999)

Respirador: Brinda protección respiratoria contra los contaminantes suspendidos en el aire. (ASFAHL, 1999)

Calzado de seguridad: Es un equipo misceláneo de protección personal, el cual protege los pies, de objetos que caen o impactan sobre esa zona del cuerpo, normalmente son mas costosos debido a que se desgastan con facilidad y se hacen por piezas separadas. (ASFAHL, 1999)

Check List: Lista pre operacional de inspección de la maquinaria. (Tecsup, 2017)

Costos de mantenimiento: Valor que se genera, al transcurrir un periodo de tiempo y que se realiza siguiendo una programación, para evitar costos innecesarios.

Costo de averías: Valor que se genera, muchas veces de manera fortuita, debido a malas operaciones o mantenimientos no realizados.

Controles de simulador: Conjunto de componentes físicos que operan junto con el software para realizar los movimientos y el desplazamiento de la máquina a simular, pueden ser de origen de fabrica o alternativos. (Simlog, 2017)



Configuración: Conjunto de codificaciones que permiten que el software y el hardware funcionen con normalidad. (Simlog, 2017)

## 2.4. Sistema de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

Mediante el simulador se disminuye en 90% la probabilidad de incidentes y accidentes en el uso de maquinaria pesada.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

Mediante el simulador los costos por incidente son mínimos.

El cuidado del medio ambiente es mayor, debido a que no se hacen pruebas durante la capacitación con el simulador.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Variable independiente(X):

X: Simulador.

### 2.5.2. Variable dependiente(Y):

Y: Incidentes y accidentes

### 2.5.3 Operacionalización de variables.

En la operacionalización de variables se menciona la definición de cada una de ellas, su dimensión, indicador y su unidad de medida. (ver tabla nº4)

*Tabla 4 Operacionalización de variables*

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Incidentes y accidentes	Incidente: que puede resultar en daño.	Se evidenciará mediante la aplicación	Evaluación de incidentes y accidentes en simulador	Índice de frecuencia de incidentes.	0 incidentes.
	Accidente: acción del daño, sea	de un check-list	y máquina real.	Índice de frecuencia de accidentes.	0 accidentes.

	a lo material, al medio ambiente o a la persona.	en la máquina.		Índice de riesgos.	
Variable independiente	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Simulador			Organización de habilidades. Dirección de habilidades. Control de capacitación.	Capacitación de pre entrenamiento	Nº de errores x horas de práctica.

Fuente de elaboración propia.

### III. METODOLOGIA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de metodología Descriptivo, explicativo, predictivo.

3.1.2. Nivel de investigación descriptivo y predictivo.

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1.1. Población

La población está conformada por 20 estudiantes que participan en la capacitación para el entrenamiento en la operación de maquinaria pesada.

##### 3.2.1.2. Muestra

Se ha tomado por conveniencia 03 estudiantes en simuladores de maquinaria pesada, cargador de ruedas, excavadora y pala excavadora.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.3.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo los objetivos específicos se procederá a emplear, las siguientes técnicas:

- 3.3.1.1.1. Técnicas de observación
- 3.3.1.1.2. Técnica de encuesta
- 3.3.1.1.3. Técnica de entrevista
- 3.3.1.1.4. Reporte de la empresa Ceintec Piura

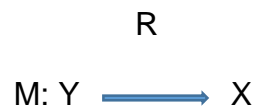
Esta información que presenta la empresa, corresponde a los últimos 02 años donde se certifica a los estudiantes a nivel del ministerio de trabajo y promoción del empleo en Perú.

- 3.3.1.1.5. Instrumento Check-list
- 3.3.1.1.6. Instrumento Cuestionario

### 3.4. Diseño de investigación

#### 3.4.1.1. Diseño de investigación

Se utilizó el diseño descriptivo representado por el siguiente esquema.



Donde:

M: muestra representativa

X: variable independiente.

Y: variable dependiente.

R: relación entre las dos variables.

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

- a) Empleará el software para la operación de cargador de ruedas, tipo Jhon Deere.
- b) Empleará el software para la operación de excavadora Caterpillar.
- c) Empleará el software para la operación de excavadora Jhon Deere.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Respecto al objetivo 01 de los resultados

El pre entrenamiento en los simuladores implica a que el estudiante o alumno participante manifieste directamente con la unidad de maquinaria pesada específica para su objetivo y aplicación en particular, promueva el aprendizaje real y efectivo involucrando recreaciones audiovisuales que competen y corresponden a la realidad efectiva donde el elemento como ser humano participante al estar en contacto directo físicamente con la maquinaria pesada proyecta todas sus fortalezas generadas en la experiencia misma frente a un simulador donde las acciones y reacciones aplicadas a la potencia, fuerza y energía conllevada a los comandos y controles son los mismos a aplicar en el momento de la experiencia física frente a la maquinaria pesada en particular donde sus técnicas y fortalezas de habilidad se ven verdaderamente fortalecidas con un producto y logro óptimo en el resultado final.

### 4.2. Respecto al objetivo 02 de los resultados:

Los siguientes cuadros puestos en manifiesto muestran y proyectan de manera real la gran ventaja de recurrir a una previa preparación muy profesional a través de los simuladores, esto pues pone en alerta a los empresarios dedicados a la propuesta del alquiler de maquinaria pesada o bien empresarios relacionados directamente con una pequeña, mediana o mega obra donde se ha de tener en consideración la propuesta de la participación de estas impresionantes unidades, pues un operador no calificado y no preparado convenientemente puede llevar a que desembolsen innecesariamente una pérdida monetaria que desde ya se puede evitar, pues los accidentes por muy pequeños que sean en una maquinaria pesada demandan costos de inversión muy impresionantes tal como lo muestran los siguientes casos:

- Ruptura de manguera hidráulica:

“La manguera del sistema del control de la pluma se rompió, debido a una mala operación.”

*Tabla 5 Costos por avería diversas.*

Línea hidráulica de la pluma.	S/.1800
Balde 05/ galones aceite hidráulico.	S/. 600
Mano de obra.	S/. 800
Recodar horas detenida la maquina	
	S/.3200

**Fuente, elaboración propia en base a precio de mercado.**

- Motor fuera de servicio

“El motor dejo de funcionar debido a un calentamiento indebido. El operador no observo sus medidores en el tablero.”

*Tabla 6 Costos por avería en motor.*

Reparación de motor y mano de obra.	S/. 5000
Repuestos (Motor)	S/. 25000
Tornero	S/. 10000
Insumos (Aceite, refrigerante)	S/. 2000
	S/. 42000

**Fuente, elaboración propia.**

#### 4.3. Respecto al objetivo 03 de los resultados:

El producto o resultado de la evaluación real del operador como elemento humano ante una maquinaria pesada en particular de acuerdo a las experiencias de practica efectiva en campo abierto, terreno o ambiente apropiado o cantera, nos deja como manifiesto un producto optimo donde el estudiante o alumno participante vuelca todas sus propuestas de habilidad, destreza, control, seguridad, sobriedad, responsabilidad y técnica adquiridas a través de la experiencia y sesiones prácticas, al frente de un simulador donde sus habilidades psicomotrices son los agentes fundamentales para poder dominar con la destreza y habilidad esperada una de estas impresionantes unidades de maquinaria pesada en particular.

Sustancialmente está demostrado y comprobado que la preparación y capacitación de personas, en lo que es referente al rubro de la maquinaria pesada, es altamente situación de riesgo y de perjuicio, no solo para quien opera el elemento en particular sino por sobre todo para su entorno considerándose como tales, a personas como material humano, propiedad privada y urbanística como material físico y esto literalmente relacionado con bienes no solo de carácter de muebles sino de inmuebles como automóviles así como también elementos que cumplen situación de servicios elementales para la sociedad, como lo son los postes y cableados de energía eléctrica( aéreos y subterráneos), tuberías de agua potable y también de alcantarillado, puntos referenciales de redes telefónicas y perjuicio desde ya a la naturaleza(flora) y seres vivos correspondientes a la fauna.

Podemos concretizar y sustentar lo anterior puesto de manifiesto con un sencillo ejemplo y que está basado en la realidad misma:

Pedro Pérez es un joven de 26 años con mucha ilusión de ingresar al rubro de la operación de maquinaria pesada y solicito a su padre que es un experto en la operatividad de una retroexcavadora y lo invito a su unidad de trabajo a que ponga de manifiesto sus precarias habilidades, su padre con los conocimientos que lo justifican como un experto en

maquinaria pesada le dio algunas directivas y reglas a seguir, pero Pedro Pérez aun con todo su entusiasmo reconocía que no tenía fortalezas de habilidad para operar tal maquinaria y se dejó llevar por su entusiasmo y se dijo así mismo: “Querer es Poder”... pero una cosa es la experiencia que se forja con las acciones repetitivas y donde se corrigen los errores y otra el entusiasmo y confianza que son buenos y útiles si van de la mano con la experiencia y potencian los errores a los aciertos y al producto optimo y esperado... es entonces que Pedro Pérez motivado y alentado por su padre y considerando las directivas del mismo tomo los controles de la retroexcavadora y a campo abierto y con una notoria torpeza en el brazo hidráulico lo introdujo a tierra firme y opero el siguiente control, el movimiento en la cuchara se activó, y este aplicativo lo hizo con tanta torpeza que genero tanta potencia y fuerza en el brazo hidráulico que provoco que una de las mangueras hidráulicas que promueven el movimiento del brazo reventase y la cuchara dentro de tierra rompió y provoco la ruptura de una cañería de agua potable, provocando en instantes un enorme aniego, en su total impotencia y nerviosismo Pedro Pérez manipulo ineficientemente otro comando provocando que el brazo hidráulico se levante sin control y gire a ángulo abierto, golpeando a un longevo árbol y prácticamente fue desgarrado de raíz de la tierra que lo sostenía...

Si analizamos este real ejemplo nos damos cuenta todo el perjuicio que puede generar la ineficiente preparación y capacitación de un entusiasta ser humano: se perjudico la maquinaria, la propiedad privada, se generó muerte en la flora (árbol) y la fauna porque en el mismo había varios nidos de crías de aves, agreguémosle a todo esto la molestia y el perjuicio de la comunidad, por la inundación generada, por el corte del servicio de agua y demás aconteceres perjudiciales para los involucrados.

Es por ello que como resultado fundamental hemos rescatado que la preparación y capacitación de entusiastas jóvenes en los bien equipados simuladores son la propuesta de firme convicción profesional a mediano plazo para lograr un producto optimo y calificado de primer nivel para

operar de forma experta todo equipo de maquinaria pesada... a las pruebas nos remitimos con nuestros ex estudiantes hoy por hoy considerados como personal calificado por las más importantes empresas en este rubro: mineras, petroleras, pesqueras y de servicio público en general.

#### 4.4. Propuesta de la investigación

Es un hecho comprobado y demostrado que la capacitación y preparación de los jóvenes estudiantes en función directa de nuestros simuladores es la acción representativa que conlleva a que estos promuevan una eficiente acción frente a los comandos de una maquinaria pesada en particular, pues las reiteradas sesiones experimentadas en los simuladores les permiten a nuestros jóvenes estudiantes corregir sus flaquezas, tal vez su faltas de habilidad y todo ello conlleva a potenciar en cada uno de ellos sus seguridades tanto como su confianza, esto promueve ventajosamente la seguridad del "Yo Personal" acontecer que ha sido demostrado en las canteras donde frente a los comandos de una maquinaria pesada han podido salir airoso de las rutinas operativas que se les encomendó, tales como: abrir zanjas con promedios indicados de longitud, profundidad, amplitudes angulares, promedios de ajuste y distancias para levantar y trasladar elementos... todo ello ejecutado con maquinarias pesadas tales como: cargador frontal, retroexcavadoras, excavadoras hidráulicas y demás.

### V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### 5.1. Interpretación de resultados

Los siguientes cuadros exponen y muestran el manifiesto de los resultados a través de las pruebas ejecutadas en los simuladores teniendo en consideración la operatividad de una maquinaria pesada específica, la cual muestran los rangos a considerar y sus respectivos promedios, así como las acciones repetitivas hasta obtener el resultado esperado por los márgenes de lo permitido, para en un futuro estas acciones sean puestas de manifiesto a campo abierto, en cantera o donde sea necesario manipular la maquinaria a considerar, donde los errores no estarán considerados como permisibles.



LISTA DE SESIONES Y PROCEDIMIENTOS DE LAS MAQUINARIAS PESADA (CARGADOR FRONTAL, RETROEXCAVADORA Y EXCAVADORA HIDRAULICA) PARA REALIZAR CON EL SIMULADOR.

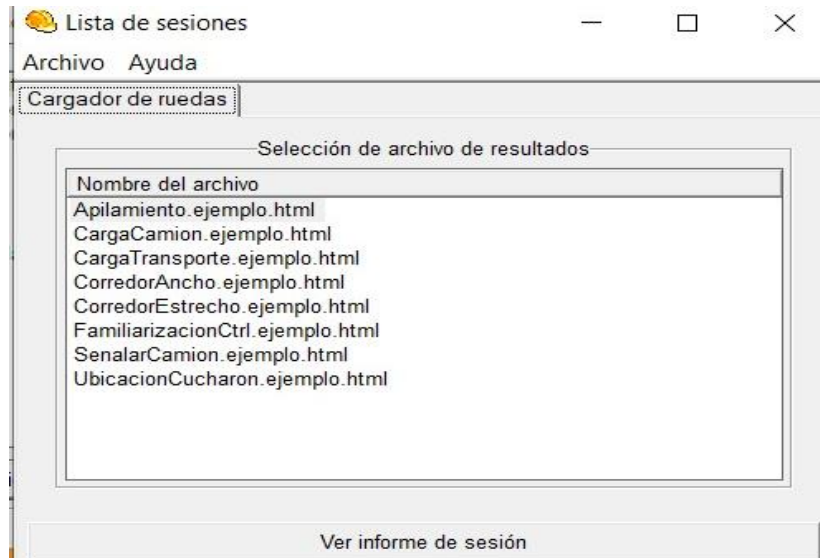


Ilustración 23: Lista de sesión de cargador de ruedas

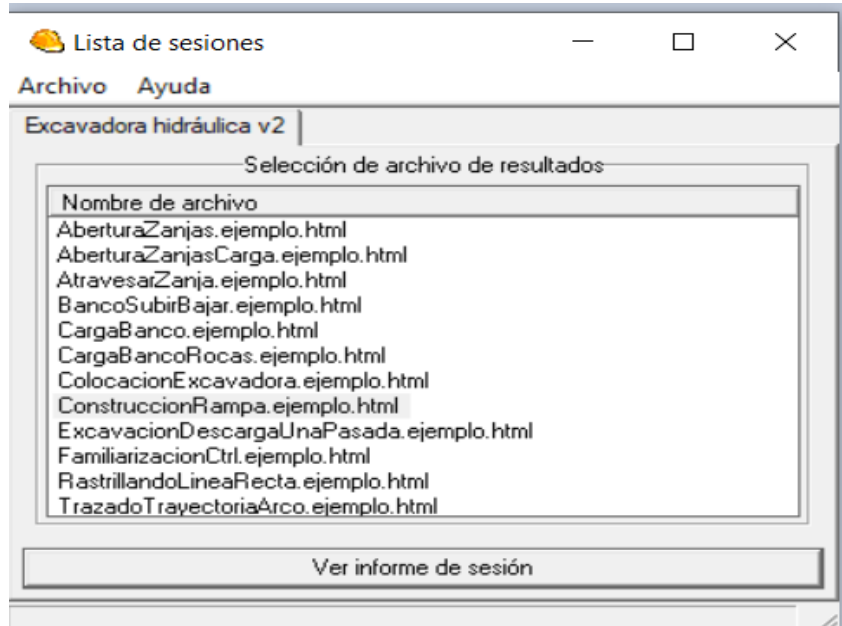


Ilustración 24: Lista de sesión de excavadora hidráulica.

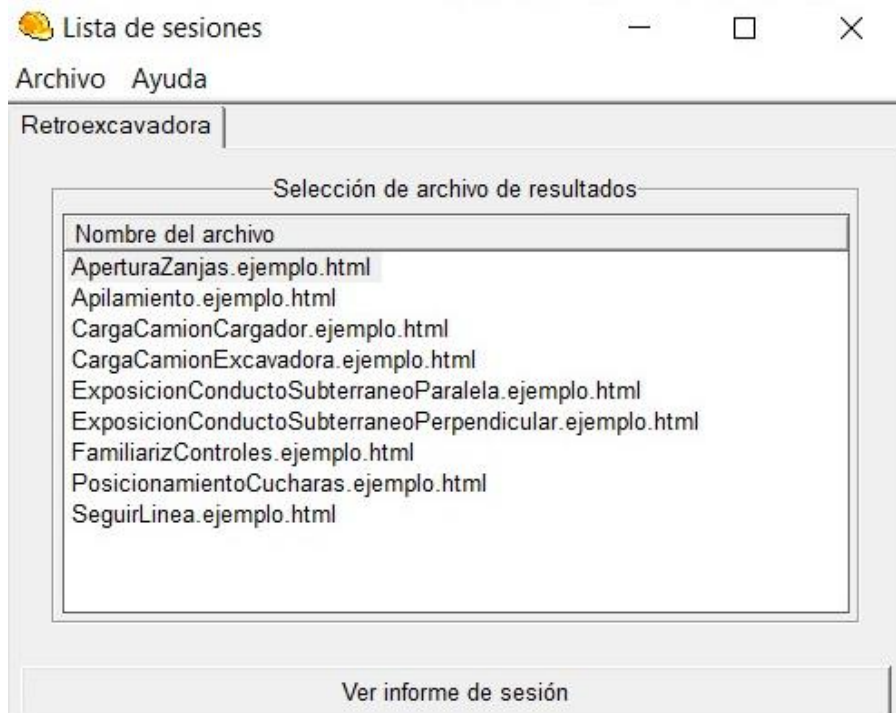


Ilustración 25: Lista de sesión de retroexcavadora

EN ESTA PRUEBA SE REALIZA LA OPERACIÓN DE APILAMIENTO CON EL USO SIMULADOR DE CARGADOR FRONTAL, MOSTRANDO SUS PRUEBAS Y RESULTADOS DE LAS MISMAS



Simulador personal de cargador de ruedas

Apilamiento

Comienzo de la sesión: 27/07/2017 09:52:42  
 Fin de la sesión: 27/07/2017 11:05:34  
 Duración de la sesión: 01:12:52

Sumario de las pruebas	Cuenta
Pruebas iniciadas	53
Pruebas completadas	52
Pruebas reiniciadas	1

Indicador de rendimiento	Promedio	Mínimo	Máximo
Tiempo de ejecución	01:12	01:03	01:27
Tiempo pasado con el cucharón en la zona de excavación	00:25.5	00:20.3	00:34.0
Ángulo de articulación al primero entrar en la zona de excavación (deg)	5.0	1.4	8.7
Orientación del cucharón al primero entrar en la zona de excavación (deg)	3.6	0.8	7.7
Ángulo de ataque del cucharón al primero entrar en la zona de excavación (deg)	-0.1	-1.0	0.9
Altura del cucharón al primero entrar en la zona de excavación (m)	0.33	0.29	0.40
Tiempo pasado con el cucharón en la zona de descarga	00:12.4	00:7.83	00:14.3
Ángulo medio de articulación al entrar en la zona de descarga (deg)	4.1	0.8	9.5
Altura media del cucharón al entrar en la zona de descarga (m)	1.42	0.95	1.92
Masa de material descargada en la zona de descarga (t)	18.78	13.35	22.45
Tiempo pasado entre las zonas de excavación y de descarga	00:34.1	00:30.1	00:44.5
Altura máxima del cucharón entre las zonas de excavación y de descarga (m)	2.91	2.14	3.68
Altura media del cucharón entre las zonas de excavación y de descarga (m)	1.13	0.85	1.29
Masa de material derramado entre las zonas de excavación y de descarga (t)	1.41	0.00	8.90
Golpes del sistema hidráulico de la articulación	0.35	0	2
Golpes del sistema hidráulico de los brazos	0.13	0	1
Golpes del sistema hidráulico del cucharón	2.63	2	4
Tiempo pasado con las ruedas resbalando	00:1.42	00:0.0	00:2.84
Aplicaciones de cierre del cucharón antes de levantar el brazo	0.23	0	1
Productividad (t/h)	989.67	691.29	1145.95
Colisiones del cucharón con el suelo	3.63	1	8

Ilustración 26: Prueba de apilamiento con el uso del simulador de cargador frontal.

Apilamiento (prueba 1, escena 001)

Resumen de las pruebas

**Apilamiento**  
**Resultados de la prueba 1, escena 001**

Tiempo de ejecución	04:35
Tiempo total en visualización exterior	01:42
Tiempo transcurrido con la cuchara del cargador en la zona de excavación	01:09
Orientación de la cuchara al entrar por primera vez en la zona de excavación (°)	10.1
Ángulo de ataque de la cuchara al entrar por primera vez en la zona de excavación (°)	1.1
Altura de la cuchara al entrar por primera vez en la zona de excavación (m)	0.00
Tiempo transcurrido con la cuchara del cargador entre las dos zonas	02:02
Altura máxima de la cuchara entre las dos zonas (m)	3.07
Altura media de la cuchara entre las dos zonas (m)	1.38
Volumen de material derramado (m³)	0.44
Tiempo transcurrido con la cuchara del cargador en la zona de descarga	00:43.9
Altura de la cuchara al entrar por primera vez en la zona de descarga (m)	1.28
Volumen de material descargado en la zona de descarga (m³)	0.90
Finales de carrera: brazos de elevación del cargador	1
Finales de carrera: cuchara del cargador	6
Colisiones: excavadora / obstáculo	0

Activar la bocina para pasar a la prueba siguiente.

Ilustración 27: Resultados de la prueba de apilamiento.

EN ESTA PRUEBA SE REALIZA LA OPERACIÓN DE APILAMIENTO EXPOSICION DE CONDUCTAS SUBTERRANEAS - PARALELO CON EL USO DE SIMULADOR DE RETROEXCAVADORA



**Simulador personal de retroexcavadora**

Sim log

Exposición de conductos subterráneos - Paralela

Inicio de la sesión: 09/11/2018 09:05:12  
 Fin de la sesión: 09/11/2018 10:09:22  
 Duración de la sesión: 01:04:10

Características de la sesión	
Orden de las pruebas	Aleatorio
Elementos gráficos de la cabina	Semitransparente

Resumen de la prueba	Cuenta
Pruebas iniciadas	5
Pruebas completadas	5
Pruebas reiniciadas	0

Indicador de rendimiento	Medio	Mínimo	Máximo
Tiempo de ejecución	12:30	10:22	16:23
Tiempo total en visualización exterior	00:41.6	00:30.6	00:51.2
Tiempo total de desplazamiento hacia adelante	00:19.1	00:17.6	00:21.6
Tiempo total de desplazamiento en marcha atrás	00:12.9	00:08.37	00:16.6
Tiempo transcurrido con los estabilizadores desplegados	09:58	07:43	12:37
Espacio libre alrededor del conducto: porcentaje (%)	66.76	40.78	99.40
Espacio libre alrededor del conducto: altura mínima (m)	0.00	0.00	0.00
Espacio libre alrededor del conducto: altura máxima (m)	1.90	1.71	2.06
Espacio libre alrededor del conducto: altura media (m)	1.52	1.41	1.60
Espacio libre alrededor del conducto: uniformidad	0.160	0.121	0.197
Número de giros del asiento	1.00	1	1
Finales de carrera: pluma/brazo de la excavadora	16.67	9	32
Finales de carrera: cuchara la excavadora	26.00	22	33
Colisiones: cuchara de la excavadora / conducto	12.00	6	16
Colisiones: cuchara de la excavadora / retroexcavadora	0.00	0	0
Colisiones: retroexcavadora / obstáculo	0.00	0	0

Ilustración 28: Prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo con el uso del simulador de retroexcavadora.

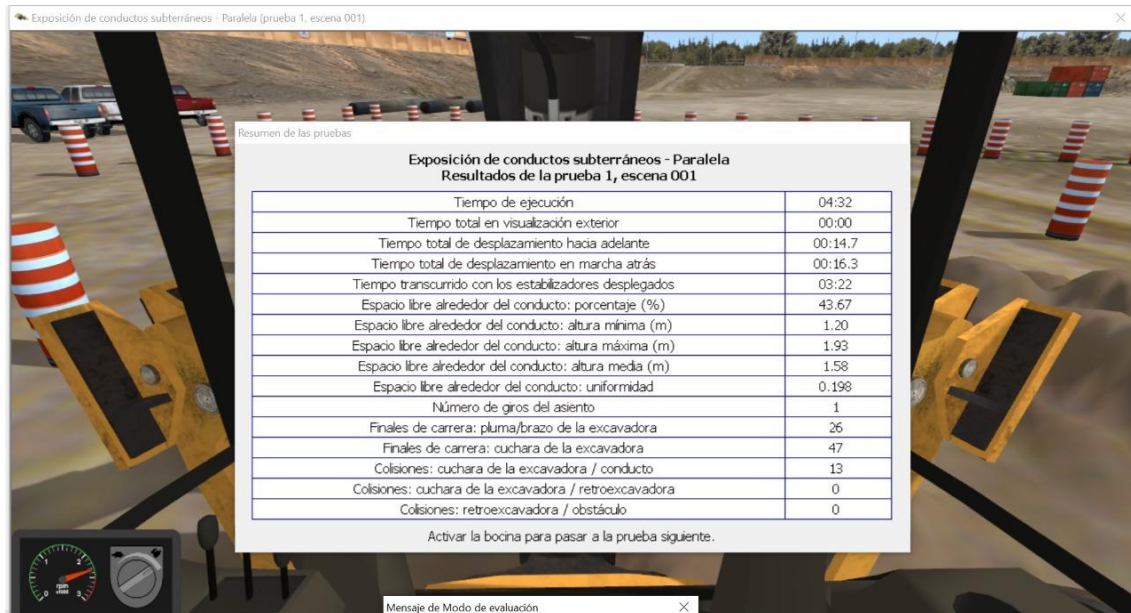


Ilustración 29: Resultados de la prueba de exposición de conductos subterráneos - paralelo.

EN ESTA PRUEBA SE REALIZA LA OPERACIÓN DE CARGA DESDE UN BANCO SEÑALAMIENTO DEL CAMION - CARGA DE ROCAS CON EL USO DE SIMULADOR DE EXCAVADORA HIDRAULICA



**Simulador personal de excavadora hidráulica**

Carga desde un banco señalamiento del camión - carga de rocas

Comienzo de la sesión: 04/05/2011 12:45:01  
 Fin de la sesión: 04/05/2011 14:53:01  
 Duración de la sesión: 02:08:00

Sumario de las pruebas	Cuenta
Pruebas iniciadas	25
Pruebas completadas	24
Pruebas reiniciadas	0
Pruebas con señalización adelantada con bocina	1
Pruebas con señalización correcta con bocina	22
Pruebas con señalización atrasada con bocina	1
Pruebas en las que el cucharón pasa sobre la cabina del camión	0

Indicadores de rendimiento	Promedio	Mínimo	Máximo
Tiempo de ejecución	04:54	04:28	05:47
Volumen de material descargado en el camión (m <sup>3</sup> )	6.13	5.20	6.24
Distancia de caída promedio del material excavado (m)	1.41	1.15	1.94
Productividad (m <sup>3</sup> /h)	75.06	61.10	83.82
Número de golpes fuertes del cucharón con el suelo	0.208	0	2
Golpes del sistema hidráulico del cucharón	2.708	0	6
Altura máxima del cucharón sobre el suelo (m)	2.86	2.14	3.01
Altura media del cucharón sobre el suelo (m)	0.78	0.61	0.96
Número de colisiones del cucharón con el camión	0.458	0	3
Número de colisiones del brazo/pluma con el camión	0.458	0	3
Número de otras colisiones de la excavadora con el camión	0.000	0	0
Número de colisiones del cucharón con las orugas	0.000	0	0

Ilustración 30: Prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - carga de rocas con simulador de Excavadora Hidráulica.

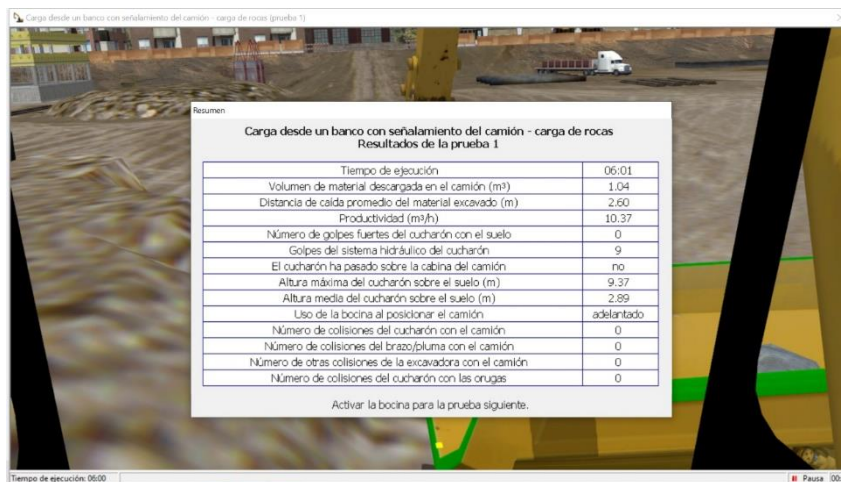


Ilustración 31: Resultados de la prueba de carga desde un banco señalamiento del camión - Carga de rocas.

## 5.2. Comparación de resultados

Los siguientes cuadros muestran de forma explícita y clara las ventajas y desventajas, promovidas en el aprendizaje efectivo teniendo en consideración el uso del simulador o el uso directo y físico de la maquinaria pesada. Ver tabla 7.

Tabla 7 Tabla de aprendizaje con y sin simulador

APRENDIZAJE	
CON SIMULADOR	SIN SIMULADOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evitar accidente con los implementos.</li> <li>-Desarrolla destreza psicomotriz.</li> <li>-Productividad al cargar material.</li> <li>- Conducción segura.</li> <li>-Conocimiento de mantenimiento preventivo.</li> <li>-Ahorro combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Posible choques y golpes</li> <li>-Errores en la manipulación de comandos y controles.</li> <li>- Ralentización de las operaciones.</li> <li>-Conducción temeraria.</li> <li>- Desconocimiento de mantenimiento.</li> <li>-Mayor gasto y contaminación del medio ambiente por mal uso de combustible.</li> </ul>

Tabla 8 Tabla de costo de operación de maquinaria.

COSTOS DE OPERACIÓN MAQUINARIA PESADA	
CON SIMULADOR	SIN SIMULADOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Practica en simulador(S/.5000) de:</li> <li>-Cargador de ruedas</li> <li>-Retroexcavadora</li> <li>-Excavadora</li> <li>-Evaluación objetiva y cuantificable</li> <li>-Óptimas condiciones de entrenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Practica real en Maquina (S/.15000)</li> <li>-Alquiler de maquinaria:</li> <li>MONTOS</li> <li>Cargador de ruedas (S/.280.00 x hora)</li> <li>Retroexcavadora (S/120.00 x hora)</li> <li>Excavadora (S/.300.00 x hora)</li> </ul>

<p>-Bajos costos de utilización y cero riesgos de accidentes.</p>	<p>-Golpes y choques con la máquina. Costos aproximados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pintado de maquina lado cucharon (S/.3000).</li> <li>- Construcción de pared de 5m x 2m (S/.10000)</li> <li>- Choque de maquinaria a auto sin seguros (pintura y repuestos auto S/.7500)</li> <li>-Gastos de Insumos: Combustibles (50 galones x 4 horas de uso aprox. S/. 1000) mantenimiento preventivo y correctivo (Cambio de aceite, filtros y diagnóstico de motor S/.4500),</li> <li>-contaminación ambiental. (derrames de petróleo o aceite quemado, daño al ecosistema).</li> </ul>
---	--

*Tabla 9 Ventajas del uso del simulador*

VENTAJAS DE USO DEL SIMULADOR	
CON SIMULADOR	SIN SIMULADOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bajo costo de entrenamiento</li> <li>-no uso de combustible.</li> <li>-reducción de costos de mantenimiento.</li> <li>- cero índices de riesgo laboral.</li> <li>- índices nulos de daño de maquinaria pesada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor costo de entrenamiento</li> <li>- Mayor contaminación de gases por el uso de maquinaria pesada.</li> <li>- Riesgo de accidentes provocando daños al medio ambiente, bienes materiales, y atentando contra la integridad del operador.</li> </ul>

- Menor tiempo de uso de la maquinaria fuera de sus tareas de productividad. Evaluación de operadores, según habilidades y curva de aprendizaje.	- Procedimientos erróneos en la operación.
---	--

<b>Incidencias: Colisiones de cucharón en el uso del simulador</b>		
<b>Simulador de retroexcavadora</b>	<b>Modulo: Apilamiento</b>	
<b>Secuencia de entrenamiento: 3 semanas (9 días)</b>		
<b>Etapa inicial (semana 1)</b>	<b>Etapa Intermedia (semana 2)</b>	<b>Etapa final (semana 3)</b>
<b>Colisiones</b>	<b>Colisiones</b>	<b>Colisiones</b>
<b>80%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>

*Tabla 10 Incidencias: Colisión del cucharón con el suelo en simulador.*

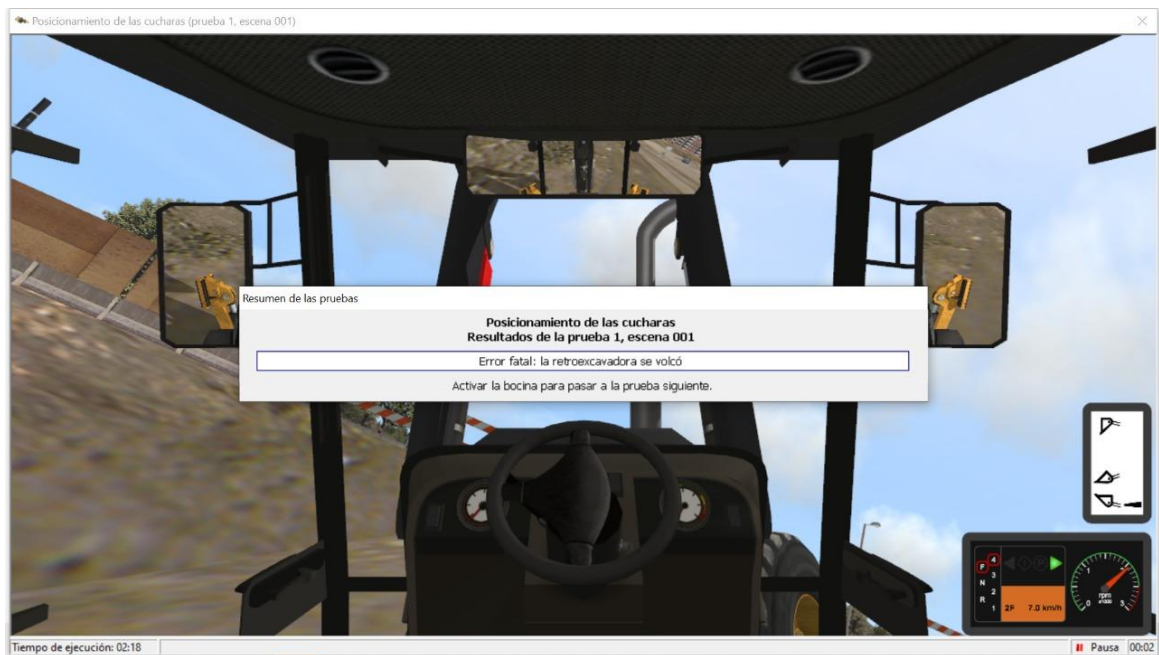
<b>Accidentes: Volcadura de Retroexcavadora</b>		
<b>Simulador de retroexcavadora</b>	<b>Modulo: Posicionamiento de las cucharas</b>	
<b>Secuencia de entrenamiento: 3 semanas (9 días)</b>		
<b>Etapa inicial (semana 1)</b>	<b>Etapa Intermedia (semana 2)</b>	<b>Etapa final (semana 3)</b>
<b>Volcadura</b>	<b>Volcadura</b>	<b>Volcadura</b>
<b>10%</b>	<b>0.5%</b>	<b>0%</b>

*Tabla 11 Accidentes: Volcadura con fatalidad en simulador.*





*Ilustración 32 Incidente, colisión del cucharon sobre el suelo.*



*Ilustración 33 Accidente por volcadura con fatalidad.*

## CONCLUSIONES

### 1.- Preentrenamiento en simuladores de operación de maquinaria pesada.

El pre entrenamiento con el uso del simulador permite que en el aprendizaje de maquinaria pesada se eviten accidentes e incidentes cuyos costos se han presentado en la tabla 7, así mismo se pudo determinar que en el proceso de aprendizaje inicialmente se obtuvieron evaluaciones bajas, incrementándose estas, según las horas de practica en el simulador.

Se pudo determinar el desarrollo de destrezas psicomotoras en el simulador que fueron reflejadas cuando se desarrollo la práctica de campo, evitándose errores en las maniobras. Ver tablas de evaluación inicial N°7 y final N°10

### 2.- Determinar los costos de operación de maquinaria pesada.

Se determinó qué, si el practicante acude directamente a la operación y manejo de la maquinaria pesada, sin el previo uso del simulador, se arriesga a causar situaciones irreversibles como: daño al equipo de trabajo, medio ambiente, uso indebido de combustible, esto costos se consideraron no sólo en el daño producido sino en la reparación y el mantenimiento de maquina que ascienden al menos 3000 soles (ver tabla N° 8)

### 3.-Evaluar la operación real con el uso de maquinaria pesada.

Se evaluó al operador haciendo uso de la maquinaria y se observó que los errores cometidos en el simulador, habían sido superados logrando los objetivos del entrenamiento de manera satisfactoria.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer uso del simulador para camiones mineros, dado que, en el departamento de Piura, tenemos la mina de Bayóvar, donde requieren personal calificado que domine el manejo de camiones mineros de alto tonelaje.

Se recomienda realizar un estudio de simulación con el uso de pala minera que necesita 720 horas de entrenamiento.

Identificar áreas para el entrenamiento de maquinaria pesada que complementen lo enseñado en el simulador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASFAHL, C. R. (1999). *SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD*. MÉXICO: UNIVERSITY OF ARKANSAS.

Bailon Ticlavica, C. (2019). *Implementación de un laboratorio de simuladores de maquinaria pesada y el uso y empleo de equipos mecanicos de cadetes del arma de ingeniería de la escuela militar de chorrillos*. Lima-Perú: Escuela Militar de Chorrillos "Coronel Francisco Bolognesi".

Caterpillar. (2008). *Manual de Operación y Mantenimiento Excavadora 320D*. Estados Unidos : CATERPILLAR.

Caterpillar. (2011). *Manual de Operación y Mantenimiento de Cargador de Ruedas*. Estados Unidos: Caterpillar.

Criscione, J. (2014). *Realidad virtual y su aplicación como servicio de entrenamiento*. San Andres, USA: Universidad de San Andrés.

Espinoza Agüero, J. F. (2019). *Capacitación y entrenamiento en simulador camión y las competencias de los colaboradores de la compañía minera Miski Mayo*. Sechura-Piura: Universidad César Vallejo.

Ferreyros S.A.A. (S/F). *Manual de Operación y Mantenimiento*. Canadá: Caterpillar.

Jhon Deere. (2009). *Manual del operador Pala retro excavadora*. USA: Jhon Deere.

Rivadeneira Aguirre, J. J. (2014). *Simulación de escenarios de radar usando Matlab*. Piura-Perú: Universidad de Piura.

Sáez Muñoz, N. E. (2014). *Simulación On-line para el despacho de camiones mineros en operaciones a cielo abierto*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Salazar Vasquez, C. A. (2015). *Implementación de un simulador de manejo básico, aplicado en la escuela de operadores de maquinaria pesada Ayrton Senna*. Huancayo-Perú: Universidad Alas Peruanas.

SENATI. (2012). *Seguridad e Higiene Industrial*. Lima: Senati.

Simlog. (2017). *HEX-Brochure-ES*. USA: SIMLOG.

Tapia, I. O. (2012). *Selección y control del factor humano en empresas de construcción civil*. Lima: Universidad César Vallejo.

TECSUP. (2017). *Formación de operadores de Cargador Frontal*. Arequipa: TECSUP.

Tecsup. (2017). *Formación de Operadores de Retroexcavadora*. Lima: Tecsup.

TECSUP. (2018). *Operación de Excavadora*. Lima: Tecsup.

TECSUP. (2019). *Seguridad Camión Minero 797F*. Cajamarca: TECSUP.

||

## ANEXOS:

Ilustración 34: Encuesta final aplicada al participante.

CEINTEC  
CENTRO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

954484888 Ceintec Piura  
ceintec.piura@gmail.com

ROTOR

Participante: Juan Carlos Calle Gonzales Curso: Retroexcavadora

1.- ¿Qué entiende por simulador?  
*Es una experiencia que le da la confianza para estar con más seguridad en un trabajo real.*

2.- ¿Qué importancia tiene para usted el simulador?  
*es de mucha importancia porque me da más seguridad*

3.- ¿Es importante para usted practicar en un simulador certificado? ¿Por qué?  
*porque estoy encontrando una confianza en mí mismo*

4.- ¿Qué dificultades encontró en las prácticas con simulador?  
*Al inicio muchas pero luego con dificultades se fueron desapareciendo*

5.- ¿Qué tipo de peligros se pueden evitar con el uso del simulador?  
*choques, golpes etc.*

6.- ¿Qué posibles peligros se pueden presentar en la operación de maquinaria pesada, si no hubiera prácticas en simulador?  
*Desconocimiento de los tipos de simbología*

7.- ¿Qué dificultades has tenido al usar la maquinaria pesada, luego de practicar con un simulador?  
*que en simulador te puedes colocar pero con la maquina real no puedes y tienes daño*

8.- ¿Cree que el tiempo de entrenamiento en simulación es adecuado?  
*por su parte que es adecuado si hubiera aún más tiempo*

9.- ¿Los equipos de simulación son totalmente ergonómicos?  
*exacto...*

10.- ¿Los mandos y controles del simulador, se asemejan a los controles de la maquina real?  
*por su parte*

Somos Centro de Ingeniería y Tecnología a su servicio

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35: Encuesta final aplicada al participante.

CEINTEC CENTRO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

954484888 Ceintec Piura  
ceintec.piura@gmail.com

Participante: Velasquez Posas Cristhian Manuel Curso: Retroexcavadora

1.- ¿Qué entiende por simulador?  
*Es un equipo de Práctica, la cual hace el parentesco con la cabina de la Retroexcavadora*

2.- ¿Qué importancia tiene para usted el simulador?  
*Es importante porque practicas y te desenvuelves y tienes a conocer los controles, Pedales, botones y muchas cosas más para así tener conocimiento o Referencia de una cabina.*

3.- ¿Es importante para usted practicar en un simulador certificado? ¿Por qué?  
*Es importante porque desarrollas más conocimiento de una cabina de Retroexcavadora.*

4.- ¿Qué dificultades encontró en las prácticas con simulador?  
*Ninguna.*

5.- ¿Qué tipo de peligros se pueden evitar con el uso del simulador?  
*Se evita, el mal uso de la maquina Retroexcavadora, lesiones, golpes, contusiones.*

6.- ¿Qué posibles peligros se pueden presentar en la operación de maquinaria pesada, si no hubiera prácticas en simulador?  
*el mal Reconocimiento de los controles, Provocar accidentes, malaxar la maquina o alguno otro Avería.*

7.- ¿Qué dificultades has tenido al usar la maquinaria pesada, luego de practicar con un simulador?  
*Ninguno.*

8.- ¿Cree que el tiempo de entrenamiento en simulación es adecuado?  
*Si, aunque debería más tiempo*

9.- ¿Los equipos de simulación son totalmente ergonómicos?  
*Si todo bien.*

10.- ¿Los mandos y controles del simulador, se asemejan a los controles de la maquina real?  
*Si, se asemejan a la maquina*

Somos Centro de Ingeniería y Tecnología a su servicio

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36: Encuesta final aplicada al participante.



954484888 📞 Ceintec Piura 📧  
ceintec.piura@gmail.com 📧

Participante: keny Antony Morales Farfan Curso: Retroexcavadora

1.- ¿Qué entiende por simulador?

es un equipo que nos permiten a desarrollar  
nuestras habilidades en el campo

2.- ¿Qué importancia tiene para usted el simulador?

nos hace personas con habilidades  
en el campo

3.- ¿Es importante para usted practicar en un simulador certificado? ¿Por qué?

claro nos sirve para mucho para ser operadores en campo

4.- ¿Qué dificultades encontró en las prácticas con simulador?

no mucho mas bien nos ayuda a hacer  
buenos operadores

5.- ¿Qué tipo de peligros se pueden evitar con el uso del simulador?

voladuras en el campo  
y choques

6.- ¿Qué posibles peligros se pueden presentar en la operación de maquinaria pesada, si no hubiera prácticas en simulador?

voladuras o choques

7.- ¿Qué dificultades has tenido al usar la maquinaria pesada, luego de practicar con un simulador?

si al momento de acelerar lo hacemos rapido.

8.- ¿Cree que el tiempo de entrenamiento en simulación es adecuado?

claro 10 o 3 horas es suficientes

9.- ¿Los equipos de simulación son totalmente ergonómicos?

~~no~~ esta bien la postura en el simulador pero dolores

10.- ¿Los mandos y controles del simulador, se asemejan a los controles de la maquina real?

claro son todas iguales


---

Somos Centro de Ingeniería y Tecnología a su servicio

---

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37: Encuesta final aplicada al participante.

  
**CEINTEC**  
CENTRO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

954484888 ☎ Ceintec Piura ⓘ  
ceintec.piura@gmail.com 📧

Participante: Jeanpierre Revallado Benites Curso: Retroexcavadora

1.- ¿Qué entiende por simulador?  
Simulador te capacita para Reconocimiento de controles de la maquina

2.- ¿Qué importancia tiene para usted el simulador?  
la Importancia de estar capacitado y NO cometer accidentes

3.- ¿Es importante para usted practicar en un simulador certificado? ¿Por qué?  
Porque Demuestra que he sido Intruido por personas expertas en el caso

4.- ¿Qué dificultades encontró en las prácticas con simulador?  
Ninguna, Pacientemente cada prueba fue superada.

5.- ¿Qué tipo de peligros se pueden evitar con el uso del simulador?  
Evitar MALA Manipulación de LA Maquina y Prevenir Accidentes.

6.- ¿Qué posibles peligros se pueden presentar en la operación de maquinaria pesada, si no hubiera prácticas en simulador?  
Choque o Accidente.

7.- ¿Qué dificultades has tenido al usar la maquinaria pesada, luego de practicar con un simulador?  
Ninguna tube una buena Experiencia

8.- ¿Cree que el tiempo de entrenamiento en simulación es adecuado?  
Proceso No tan lento pero seguro.

9.- ¿Los equipos de simulación son totalmente ergonómicos?  
Exacto


10.- ¿Los mandos y controles del simulador, se asemejan a los controles de la maquina real?  
si totalmente igual.




Somos Centro de Ingeniería y Tecnología a su servicio

**Fuente: Elaboración propia**



Ilustración 38: Encuesta final aplicada al participante.

  
**CEINTEC**  
CENTRO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

954484888  Ceintec Piura   
ceintec.piura@gmail.com 

Participante: Marco Ruiz Paz Curso: Retroexcavadora

1.- ¿Qué entiende por simulador?  
Es un instrumento que nos ayuda pero el manejo de la excavadora y no causar daños.

2.- ¿Qué importancia tiene para usted el simulador?  
Es importante para los manejo de maquina y evitar accidentes.

3.- ¿Es importante para usted practicar en un simulador certificado? ¿Por qué?  
Si es importante porque te familiarizas con la maquina real.

4.- ¿Qué dificultades encontró en las prácticas con simulador?  
El tiempo para realizar la posición de las cucharas y para manejar el tiempo.

5.- ¿Qué tipo de peligros se pueden evitar con el uso del simulador?  
Accidentes como volcaduras, esforzar la maquina puedes causar rompimiento de esta. Margen tienes que ver la presión de la revolución.

6.- ¿Qué posibles peligros se pueden presentar en la operación de maquinaria pesada, si no hubiera prácticas en simulador?  
Volcaduras y daños a la maquina.

7.- ¿Qué dificultades has tenido al usar la maquinaria pesada, luego de practicar con un simulador?  
Es una sensación que tienes real y una responsabilidad.

8.- ¿Cree que el tiempo de entrenamiento en simulación es adecuado?  
Si es muy importante y adecuado.

9.- ¿Los equipos de simulación son totalmente ergonómicos?  
Si es ergonómico.

10.- ¿Los mandos y controles del simulador, se asemejan a los controles de la maquina real?  
Si completamente.

Somos Centro de Ingeniería y Tecnología a su servicio

**Fuente: Elaboración Propia**

Ilustración 39: Certificado de curso de operación de maquinaria pesada con simulador.



# CERTIFICADO

OTORGADO A:

## CRISTHIAN MANUEL VELASQUEZ ROSAS

Por haber aprobado el Curso de:  
**FORMACIÓN EN OPERACIÓN DE RETROEXCAVADORA**

Desarrollado el de 10 Setiembre al 27 de Noviembre de 2022  
Con una duración total de **120 horas académicas (Teóricas-Prácticas)**  
Piura, 27 de Noviembre de 2022

  
**Augusto David Santillán Hernández**  
Director Académico  
CEINTEC PIURA



## CERTIFICACIÓN EN MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN. ESCUELA DE OPERADORES

TEORÍA:	PRÁCTICAS EN SIMULADOR:	PRÁCTICAS EN CANTERA:
<ol style="list-style-type: none"><li>1. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA.</li><li>2. FAMILIARIZACIÓN CON LOS CONTROLES DE LA MÁQUINA.</li><li>3. INSPECCIÓN DE LA MÁQUINA.</li><li>4. SECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.</li><li>5. TÉCNICAS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.</li></ol> <p style="text-align: center;">NOTA: 16 / 20</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. FAMILIARIZACIÓN CON CONTROLES.</li><li>2. UBICACIÓN DE LAS CUCHARAS.</li><li>3. APILAMIENTO.</li><li>4. CARGA DE CAMIÓN CON CARGADOR.</li><li>5. SEGUIR LA LINEA.</li><li>6. CARGA DE CAMIÓN CON EXCAVADORA.</li><li>7. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.</li><li>8. EXPOSICIÓN DE CONDUCTO EN PARALELO.</li><li>9. EXPOSICIÓN DE CONDUCTO EN PERPENDICULAR.</li></ol> <p style="text-align: center;">NOTA: 16 / 20</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. LLENADO DE CHECK LIST.</li><li>2. LLENADO DE ATS.</li><li>3. CARGA DE MATERIAL ARENA.</li><li>4. NIVELADO DE SUELO.</li><li>5. CARGA DE MATERIAL AFIRMADO.</li><li>6. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.</li><li>7. LLENADO DE ZANJAS Y NIVELACIÓN DE TERRENO.</li><li>8. CARGA DE MATERIAL DESMONTE.</li></ol> <p style="text-align: center;">NOTA: 18 / 20.</p>

CALIFICACIÓN TOTAL: 17 / 20 PUNTOS

  
**Augusto David Santillán Hernández**  
Director Académico CEINTEC PIURA

**Fuente: Elaboración Propia**

Ilustración 40: hoja de evaluación práctica.



%
<b>NOTA</b>

**EVALUACIÓN PRÁCTICA DE RETROEXCAVADORA**

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL OPERADOR:** \_\_\_\_\_

**DNI:** \_\_\_\_\_

**SEDE:** PIURA

**NOMBRE DEL EVALUADOR:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**NOTA:** La evaluación práctica ratifica la capacidad operativa y el nivel del operador, otorga la aptitud práctica; el puntaje mayor o igual al 80% de eficacia en la operación.

N°	Descripción	Sí	No	Observaciones
01	Seguridad (EPPS)			
02	Realiza inspección adecuada, aplica los procedimientos para una inspección más objetiva.			
03	Rellena adecuadamente el formato de check list			
04	Reconoce cuantos fluidos revisa			
05	Reconoce partes y componentes de la máquina (EXTERNAS)			
06	Usa los puntos de apoyo para subir y bajar de la máquina			
07	Conoce las partes y función del EMS			
08	Conoce los controles y sus funciones correctas dentro de cabina			
09	Realiza el encendido correcto del motor			
10	Hace uso correcto de la bocina y de las luces de trabajo			
11	Realiza el desplazamiento correcto d la máquina			
12	Ubicación del tren de rodamiento en la zona de trabajo			
13	Construye, mantiene el área de trabajo de la excavadora y del volquete (limpia y nivelada).			
14	Aplica distancia y llenado correcto de carga del cucharón			
15	Aplica ángulos cortos de giro para cargar los camiones (60° – 30°)			
16	Mantiene ángulos de brazo y cuchara para las labores			
17	Aplica nivelación / rastrillado con las uñas (piso suave y nivelado)			
18	Mantiene un talud adecuado para cargar al camión.			
19	Golpes al camión, cucharon o zapatas.			
20	Procedimiento de Parqueo y correcto Apagado de un motor.			
<b>Totales:</b>				

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**EVALUADO**

\_\_\_\_\_  
**EVALUADOR**

**Fuente: Elaboración Propia**

Ilustración 41: Check - list o inspeccion de rutina.



Operador/Inspector _____		Fecha _____		Hora _____	
¿Qué está inspeccionando?	✓	¿Qué evalúa?	✓	Comentarios del evaluador	
<b>DESDE LA PARTE INFERIOR</b>					
Pala de carga, herramientas de puesta a tierra (GET), dispositivos de retención		Desgaste, daño, grietas			
Cilindro de la pala de carga y acoplamiento		Desgaste excesivo, daño, fugas			
Pala retroexcavadora, GET, dispositivos de retención		Desgaste, daño, grietas			
Cilindro de la pala retroexcavadora y acoplamiento		Desgaste excesivo, daño, fugas			
Palanca retroexcavadora		Daño, grietas			
Brazo retroexcavador, cilindros		Desgaste, daño, fugas			
Pivote retroexcavador		Desgaste, daño, fugas, grasa			
Debajo de la máquina		Fugas, daño, pernos flojos			
Estructura		Grietas, daño			
Escalones, asideros		Estado y limpieza			
Luces		Daño, limpieza, dirección			
Estado general de la máquina		Tuercas y pernos flojos o faltantes, dispositivos de seguridad flojos, limpieza			
<b>EN LA MÁQUINA</b>					
Limpiaparabrisas y dispositivos de lavado		Desgaste, daño, nivel de líquido			
Refrigerante del motor		Nivel de líquido			
Radiador		Bloqueo de las aletas, fugas			
Refrigerante del aceite hidráulico		Residuos, fugas			
Tanque de aceite hidráulico		Nivel de líquido, daños, fugas			
Tanque de combustible		Nivel de combustible, daños, fugas			
Matafuego		Carga, daño			
Espejos		Daño, limpieza			
<b>COMPARTIMIENTO DEL MOTOR</b>					
Aceite del motor		Nivel de líquido			

SAFETY.CAT.COM™



Todas las mangueras		Grietas, zonas de desgaste, fugas			
Todas las correas		Tensión, desgaste, grietas			
Baterías y sujeciones		Limpieza, tuercas y pernos flojos			
Filtro de aire		Indicador de restricción			
Estado general del compartimiento del motor		Residuos o acumulación de suciedad, fugas			
<b>DENTRO DE LA CABINA</b>					
Asiento		Ajuste			
Cinturón de seguridad y montaje		Daño, desgaste, ajuste			
Bocina, alarma de emergencia, luces		Funcionamiento adecuado			
Estado general del interior de la cabina		Limpieza			

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 42: Clase teórica del curso de maquinaria pesada con simulador.



**CLASES AUDIO-VISUALES**  
**MODERNOS LABORATORIOS DE CLASES**

Fuente: Elaboración Propia

*Ilustración 43: Charla de seguridad y uso de equipo de protección personal.*



**Fuente: Elaboración Propia**

*Ilustración 44: Evaluación de operación real de maquinaria pesada.*



**Fuente: Elaboración Propia**