



CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Reparación y repotenciación mediante ingeniería inversa del simulador de equipo pesado que permita la capacitación del personal militar en la Escuela Superior de Ingeniería Militar Gral. Guillermo Rodríguez Lara (ESINGM) en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Autores

Jaramillo Andrade, Dennis David

Peláez Garzón, Kevin Marcelo

Director: Msc. Mendoza Chipantasi, Dario José



- Antecedentes
- Justificación e Importancia
- Objetivos
- Fundamento teórico e investigación
- Reparación hardware, ejecución software y puesta en marcha
- Diagramas y Manuales Funcionales
- Pruebas y Resultados
- Evaluación de Hipótesis
- Conclusiones
- Recomendaciones

5DT

En el año 2012 es adquirido el simulador de carga pesada de la empresa 5DT a través de la empresa LATINMEDIA.

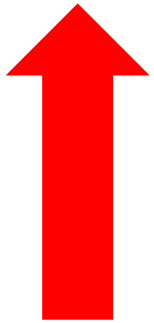
A partir del mes de Octubre del año 2014 el equipo sufre una avería en uno de los UPS y queda paralizado su funcionamiento, LATINMEDIA envía su cotización de servicio técnico y por su alto costo no es aceptado.

En el año 2017 técnicos del CICTE-ESPE, realizan pruebas y recomiendan el cambio de los dos UPS por uno de mayor capacidad que se lo adquiere a la empresa FIRMESA y es instalado en el año 2018.

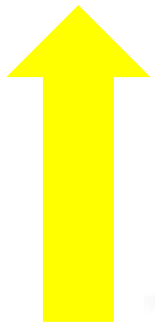
En el mes de noviembre del mismo años posterior a la instalación de los nuevos UPS , el departamento de Sistemas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, recomiendan el cambio de las tarjetas Motherboard de los 6 CPU, por problemas en su funcionamiento.



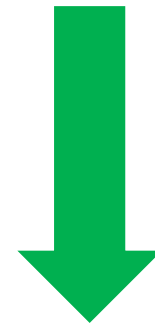
En la Escuela de Ingeniería Militar, actualmente tiene un déficit de operadores de carga pesada para motoniveladora CAT140M, y cuando se realiza capacitaciones es de forma directa con la maquinaria, lo que provoca gran cantidad de daños y disminución de tiempo de aprendizaje.



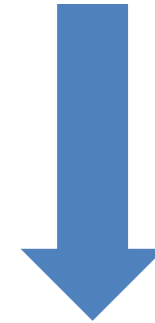
Costos



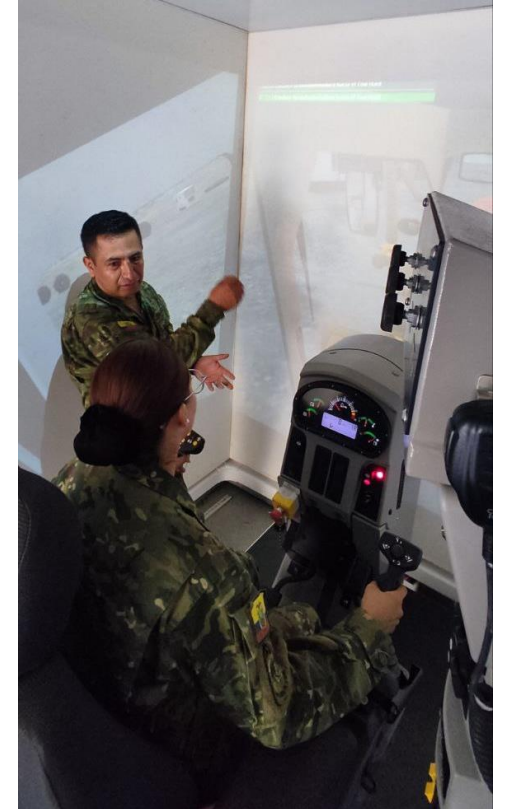
Tiempo de aprendizaje



Costos



Tiempo de aprendizaje

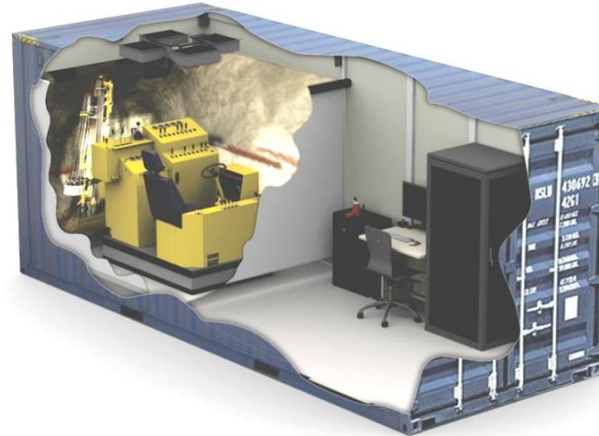


Reparar y repotenciar mediante ingeniería inversa del simulador de equipo pesado que permita la capacitación del personal militar en la Escuela Superior de Ingeniería Militar Gral. Guillermo Rodríguez Lara (ESINGM) en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas

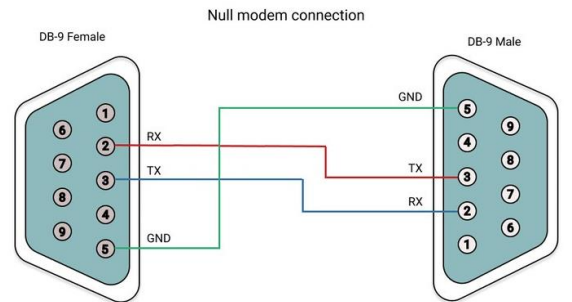
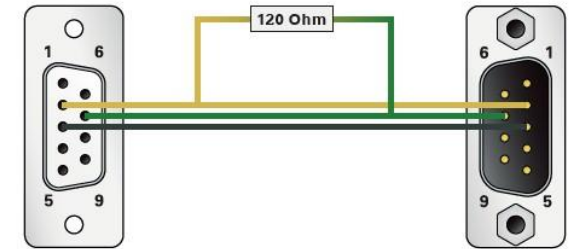
Simulador de motoniveladora CAT 140M



Contenedor del Simulador



Comunicación CAN Bus y RS-232



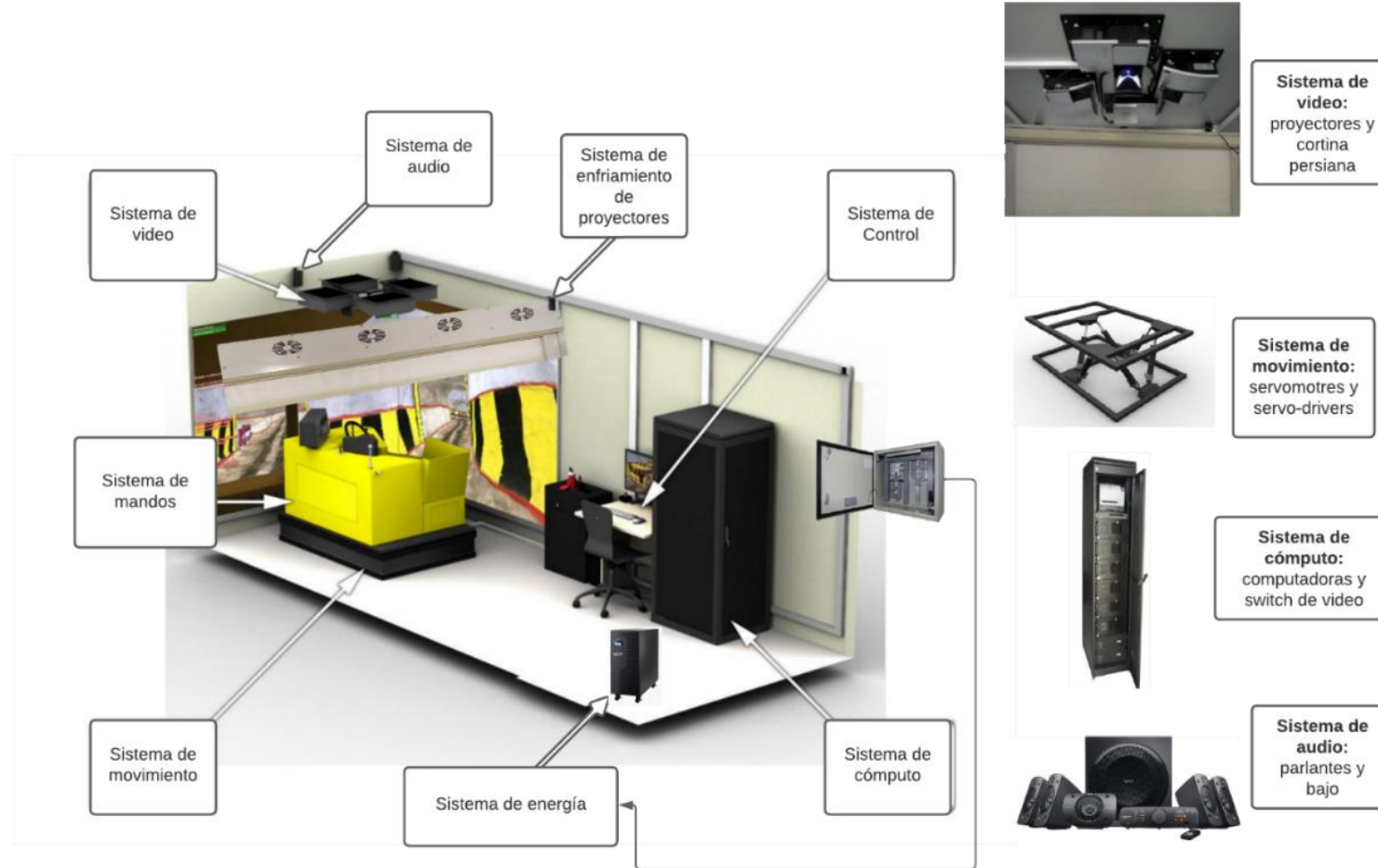
Rack del sistema de cómputo



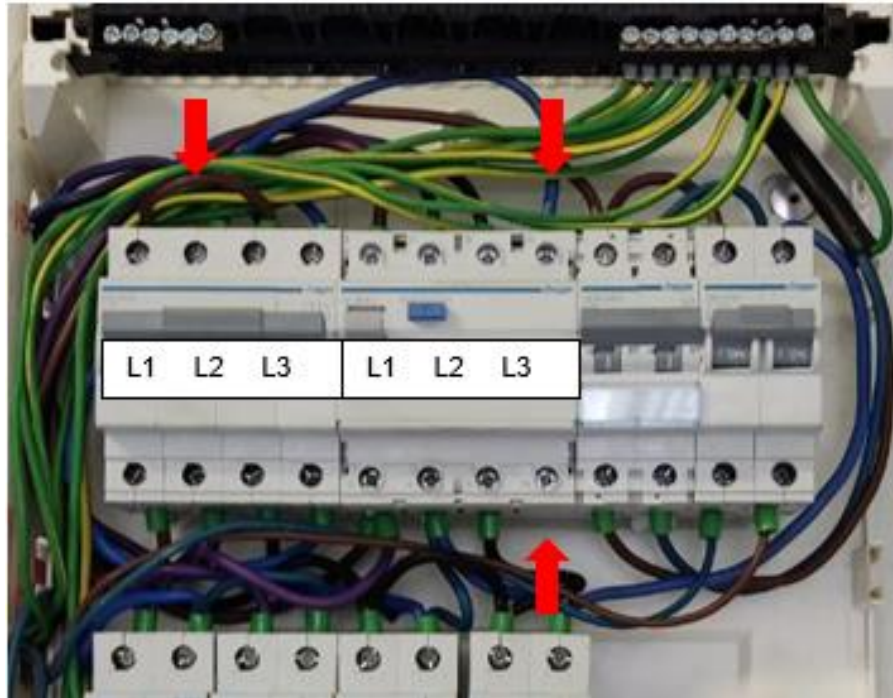
Servo drive y Servo motor



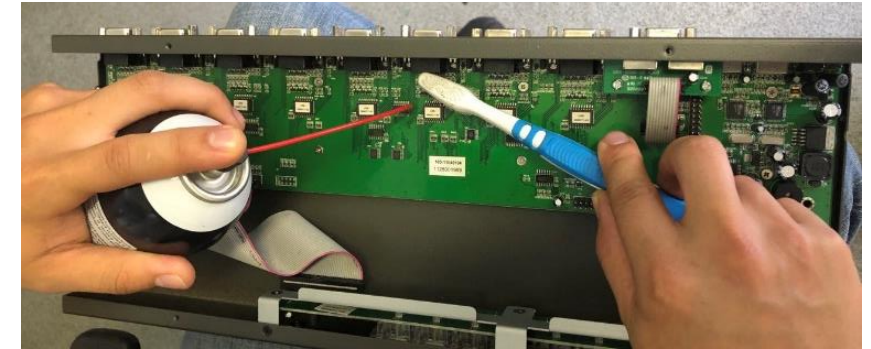
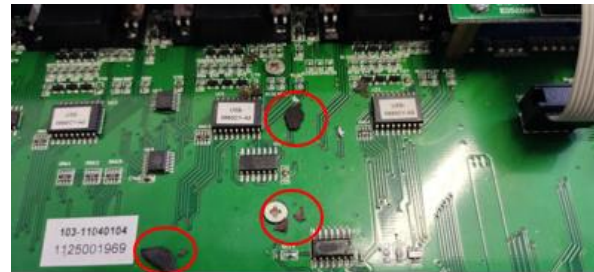
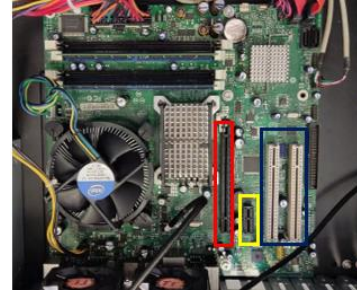
SISTEMAS DEL SIMULADOR



REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA



REPARACIÓN DEL SISTEMA DE CÓMPUTO

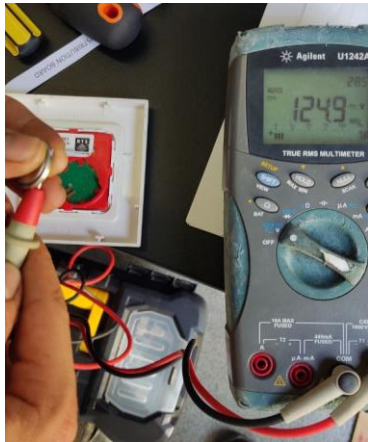


REPARACIÓN DEL SISTEMA DE VIDEO

PROYECTORES

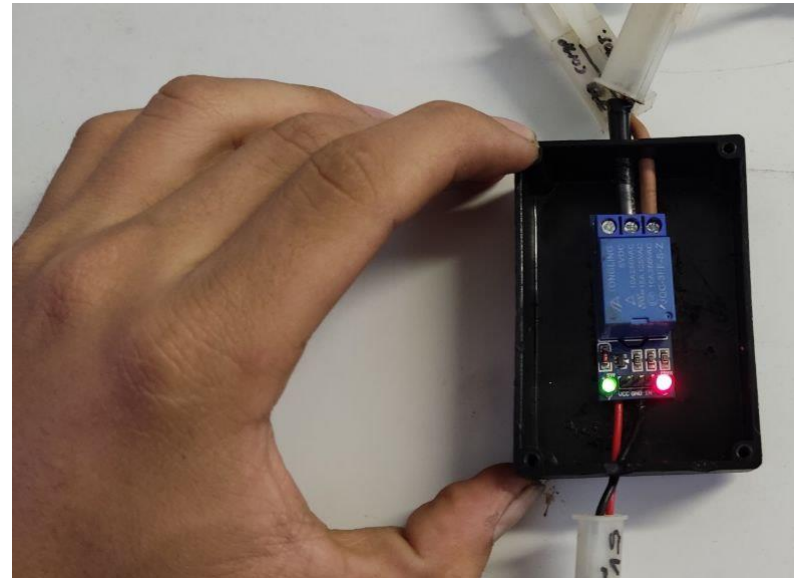
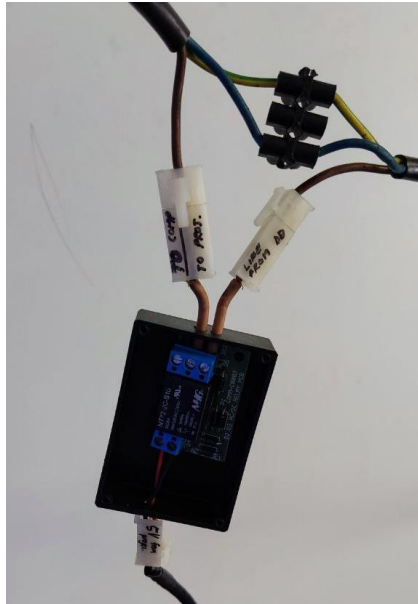


CORTINA PERSIANA



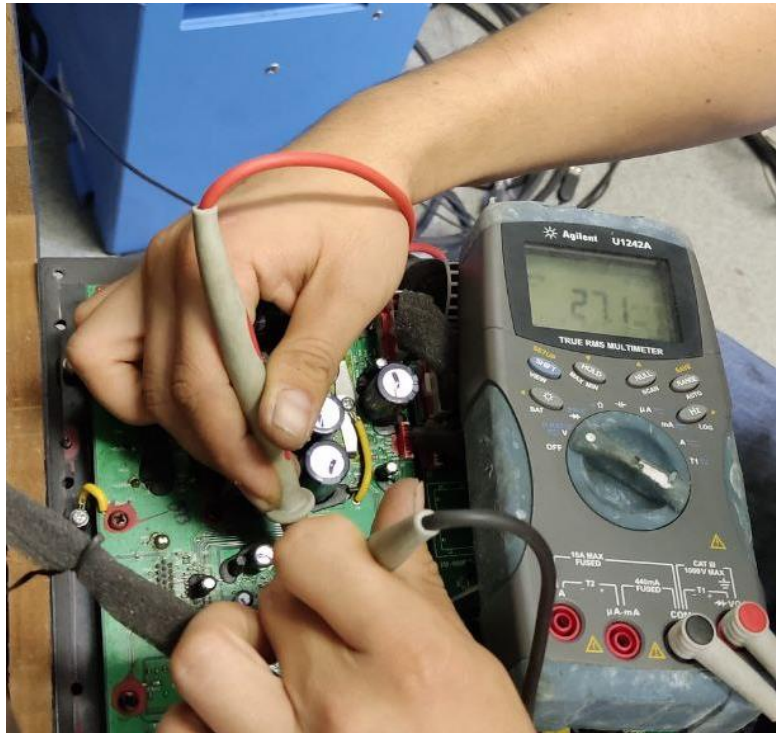
REPARACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PROYECTOS

RELÉ DE ACTIVACIÓN DE LOS VENTILADORES



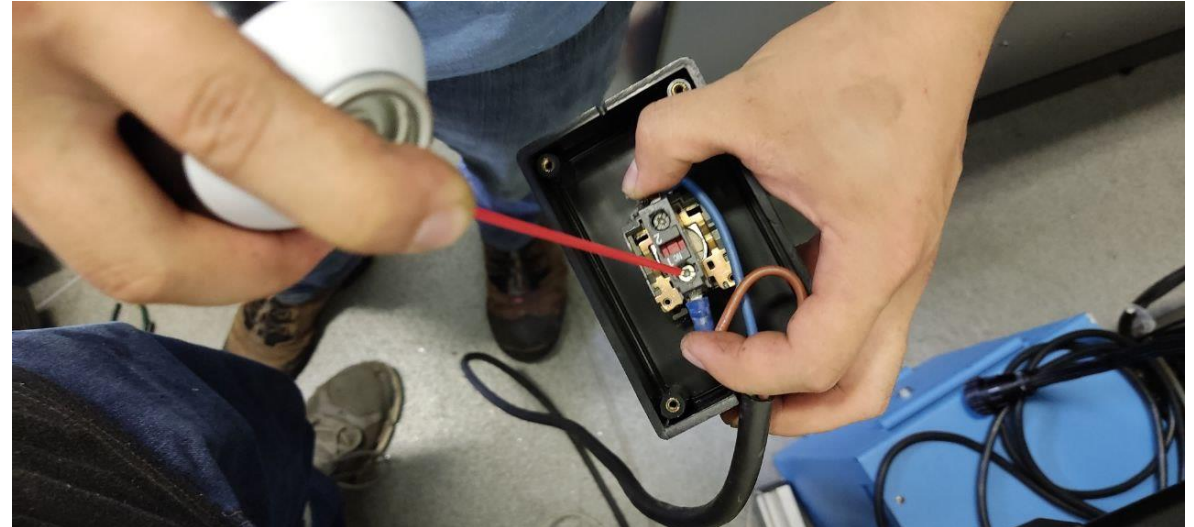
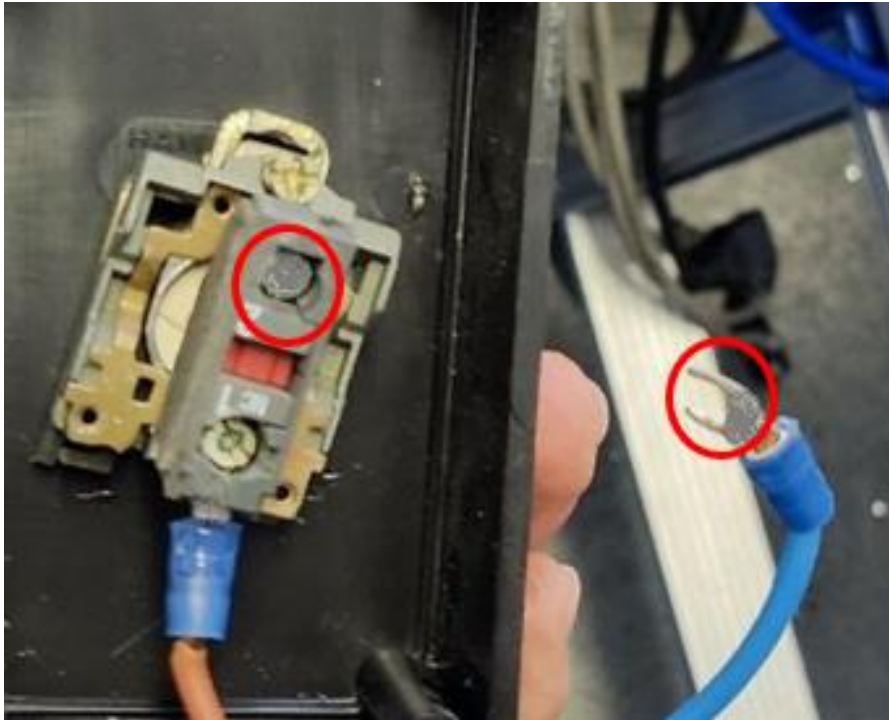
REPARACIÓN DEL SISTEMA DE AUDIO

FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUDIO



REPARACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

PARO DE EMERGENCIA



REPARACIÓN DEL SISTEMA DE MANDOS

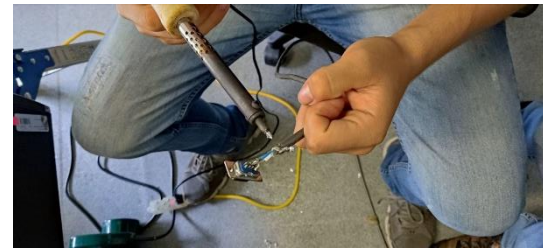
TARJETAS DE COMUNICACIÓN



COMUNICACIÓN CAN BUS (TABLERO)



COMUNICACIÓN RS232



REPARACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO

COMUNICACIÓN CAN BUS (SERVO DRIVE)



SERVO DRIVE (ERROR F04)

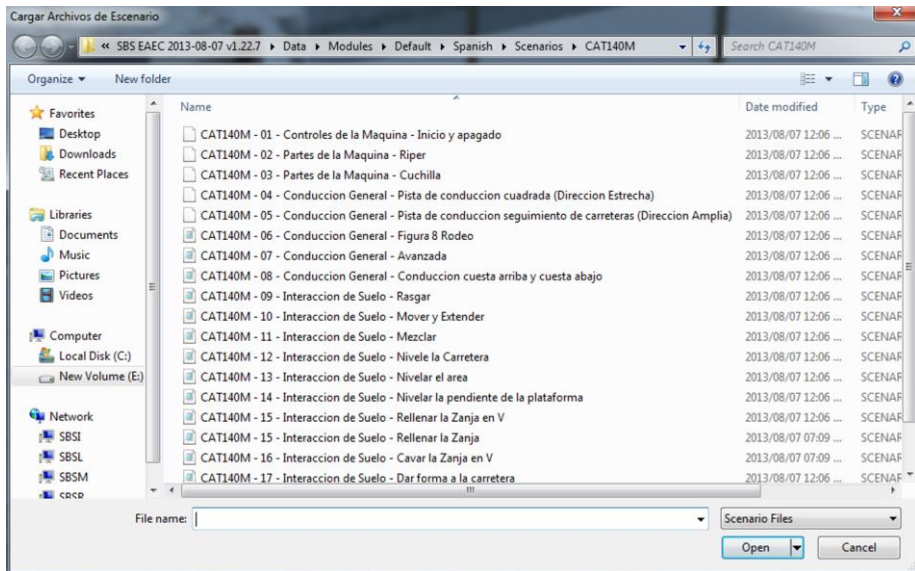


USUARIO Y CONTRASEÑA

SOFTWARE VRSM



ENTORNO VIRTUAL

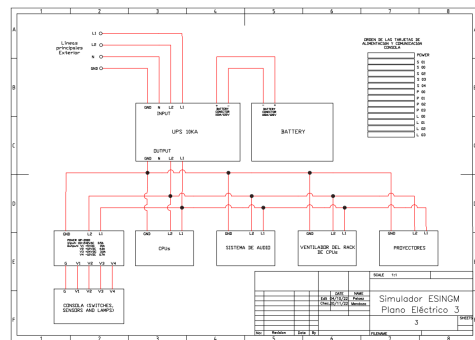
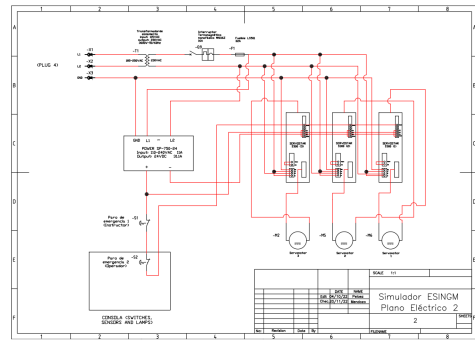
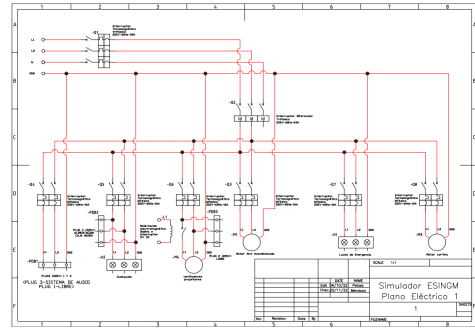


LISTA DE ESCENARIOS

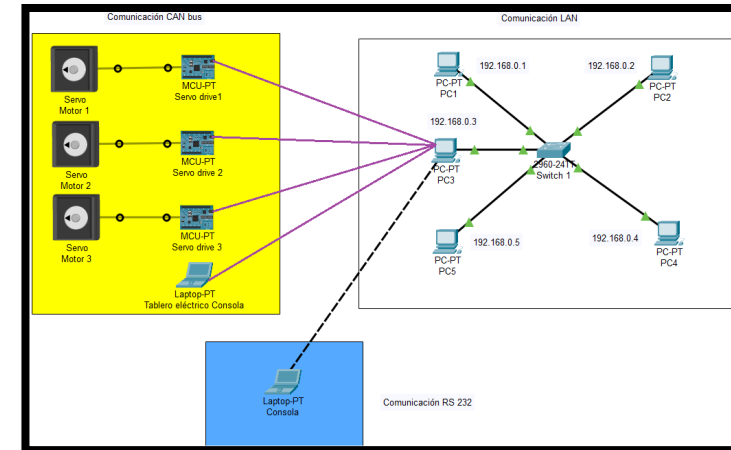
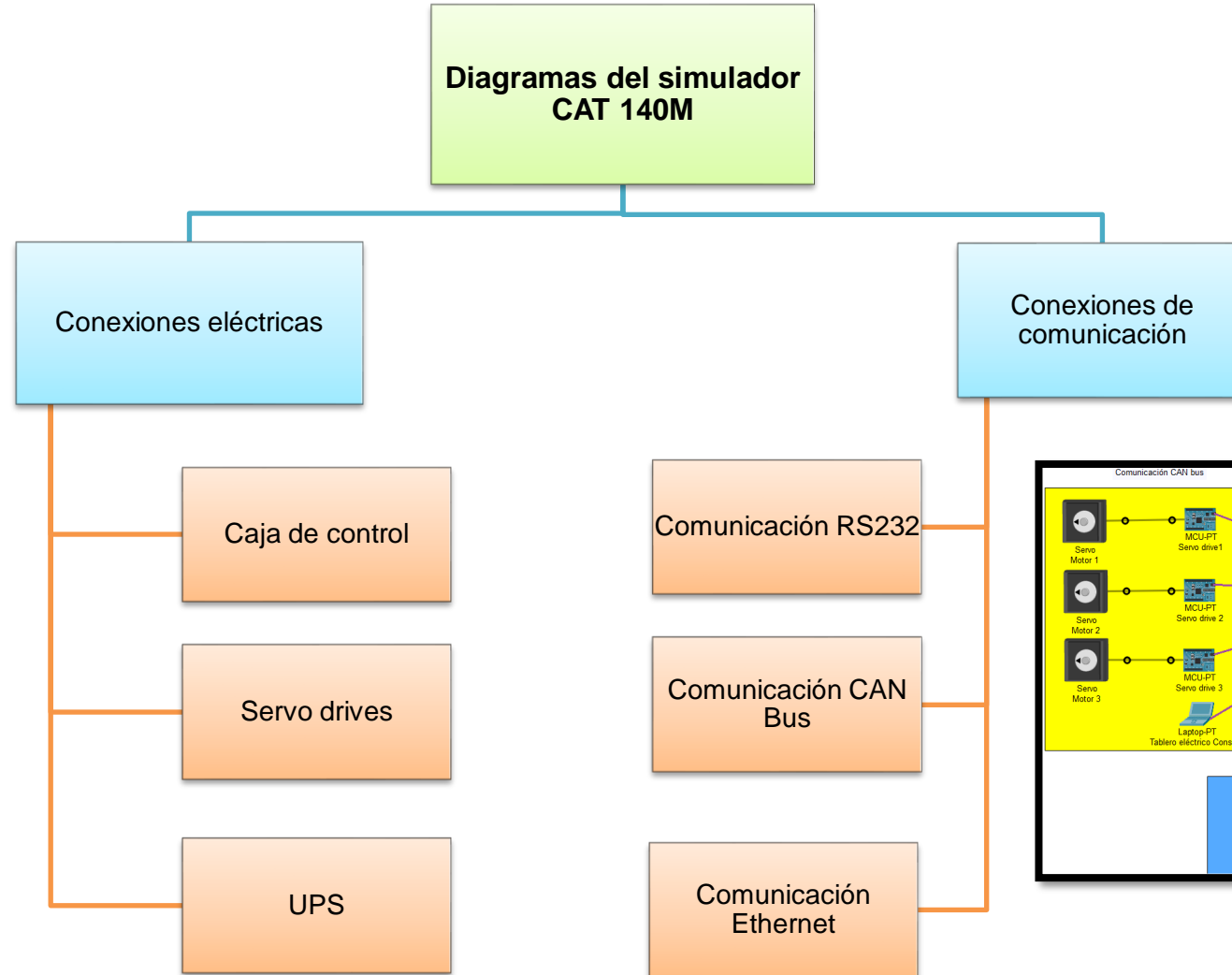
PUESTA EN MARCHA DEL SIMULADOR DE LA MOTONIVELADORA CAT140M



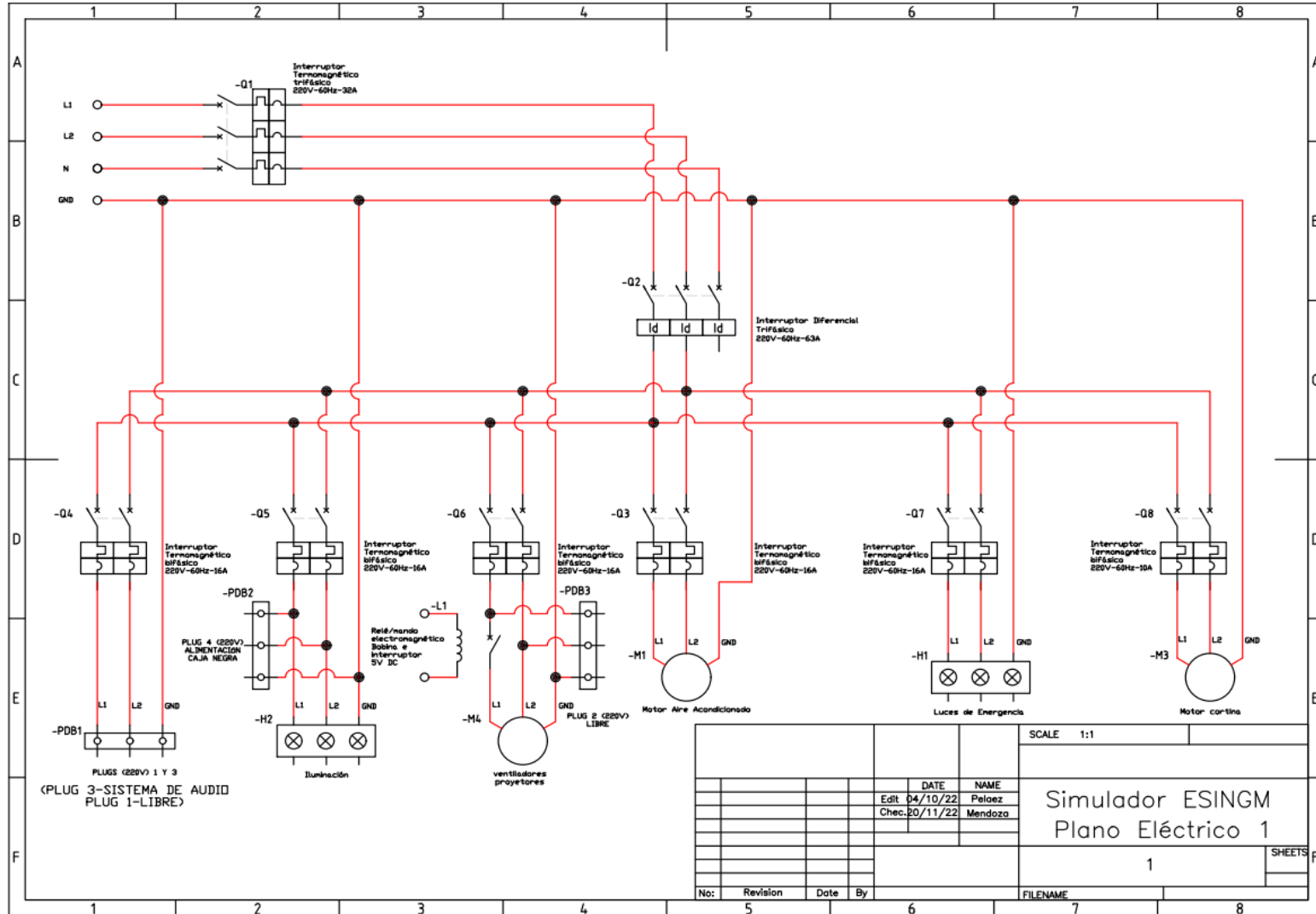
LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS



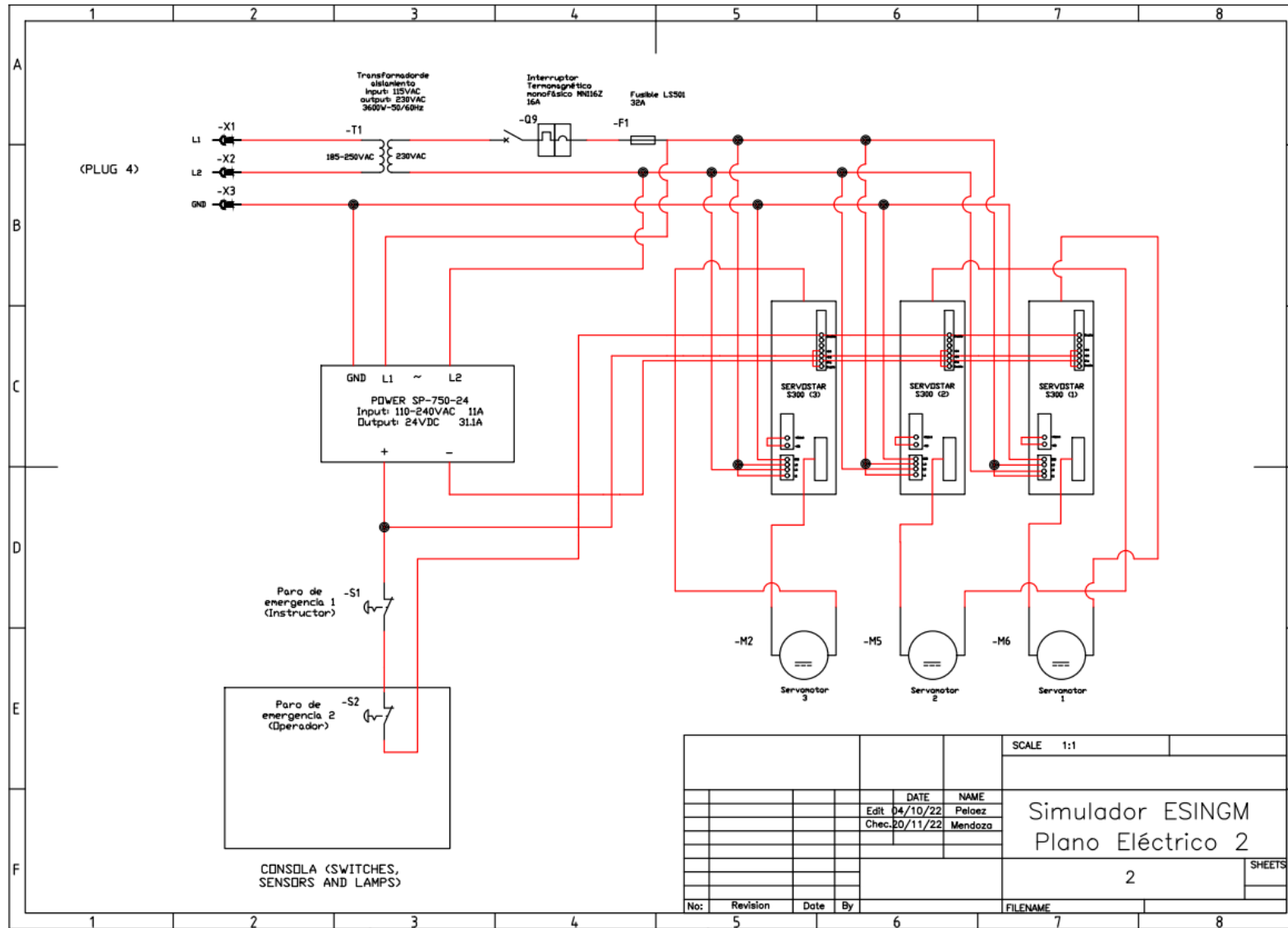
Diagramas del simulador CAT 140M



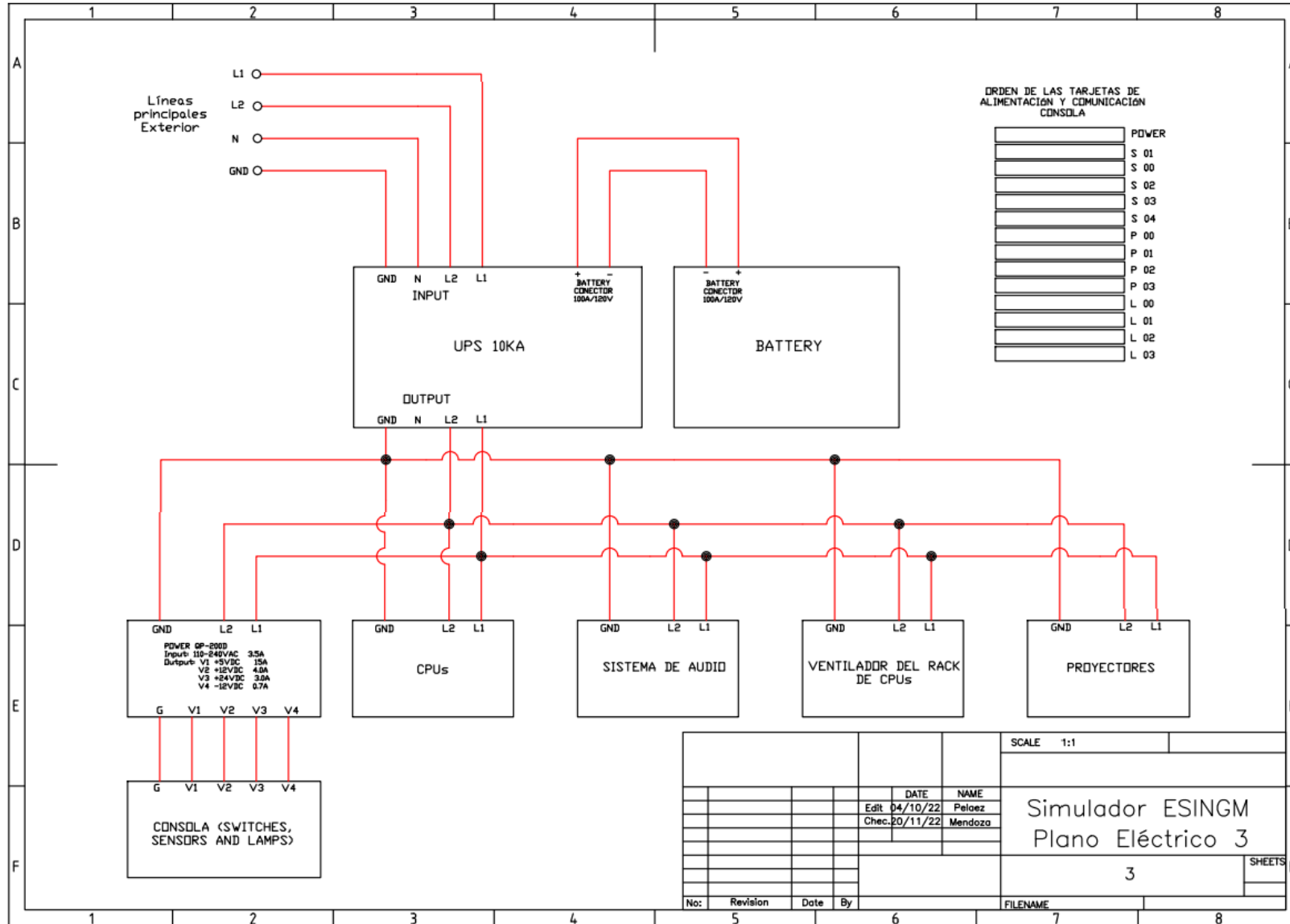
LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS



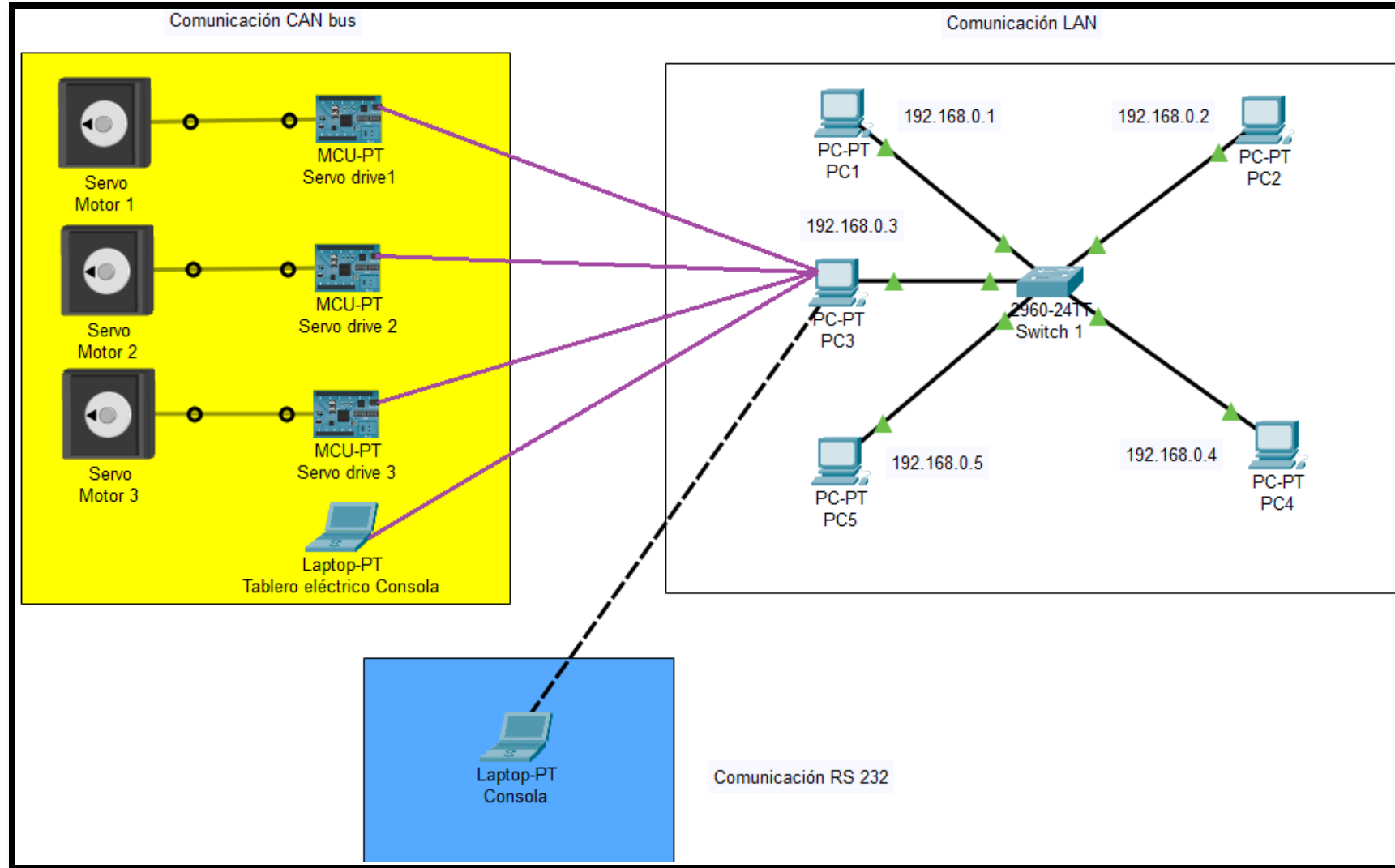
LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS

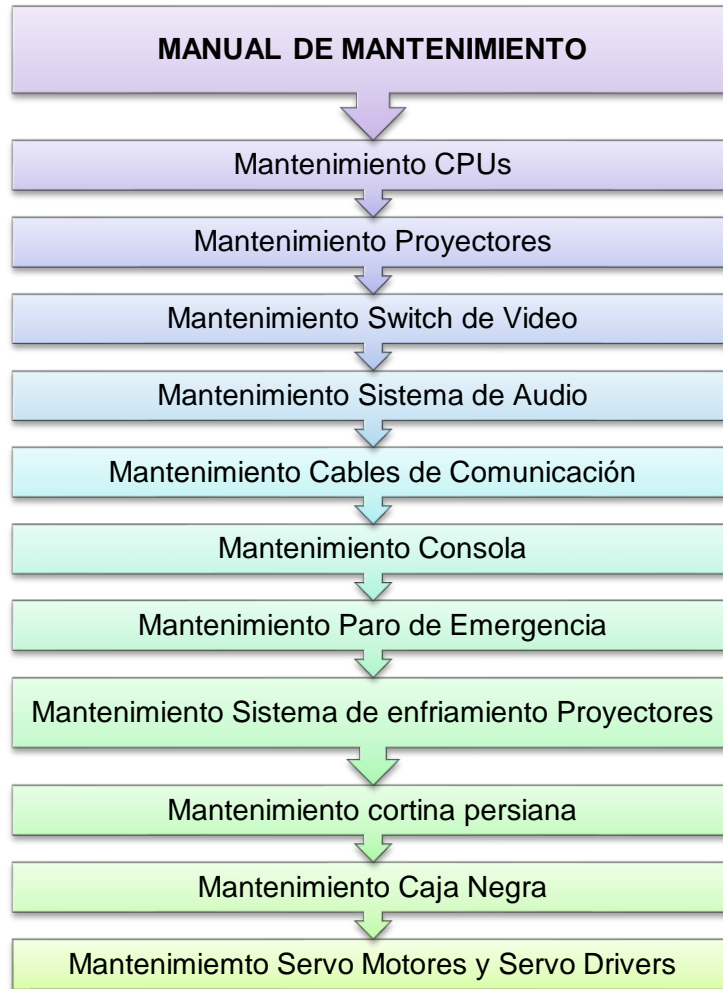


LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS



LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS





PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS

Prueba Simulación 1: Controles de la Máquina – Inicio y apagado

Detalles	Si	No
Se carga el escenario	X	
Funciona sin retardos en cargar el escenario	X	
Responden los joysticks	X	
Responden los pedales	X	
Responden los switches	X	
Responden las luces indicadoras	X	
Existe movimiento en la Motion Base	X	
Funciona sin ningún problema la vista izquierda.	X	
Funciona sin ningún problema la vista derecha.	X	
Funciona sin ningún problema la vista frontal.	X	
Funciona sin ningún problema la vista del instructor	X	

Prueba Simulación 2: Conducción General - Avanzada

Detalles	Si	No
Se carga el escenario	X	
Funciona sin retardos en cargar el escenario		X
Responden los joysticks	X	
Responden los pedales	X	
Responden los switches	X	
Responden las luces indicadoras	X	
Existe movimiento en la Motion Base	X	
Funciona sin ningún problema la vista izquierda.	X	
Funciona sin ningún problema la vista derecha.	X	
Funciona sin ningún problema la vista frontal.	X	
Funciona sin ningún problema la vista del instructor	X	

PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS

Prueba Simulación 3: Interacción de Suelo – Rellenar la Zanja

Detalles	Si	No
Se carga el escenario	X	
Funciona sin retardos en cargar el escenario		X
Responden los joysticks	X	
Responden los pedales	X	
Responden los switches	X	
Responden las luces indicadoras	X	
Existe movimiento en la Motion Base	X	
Funciona sin ningún problema la vista izquierda.		X
Funciona sin ningún problema la vista derecha.		X
Funciona sin ningún problema la vista frontal.	X	
Funciona sin ningún problema la vista del instructor	X	

Prueba Simulación 4: Interacción de Suelo – Rellenar la Zanja

Detalles	Si	No
Se carga el escenario	X	
Funciona sin retardos en cargar el escenario	X	
Responden los joysticks	X	
Responden los pedales	X	
Responden los switches	X	
Responden las luces indicadoras	X	
Existe movimiento en la Motion Base	X	
Funciona sin ningún problema la vista izquierda.	X	
Funciona sin ningún problema la vista derecha.	X	
Funciona sin ningún problema la vista frontal.	X	
Funciona sin ningún problema la vista del instructor	X	

¿La reparación y repotenciación utilizando ingeniería inversa permitirá habilitar el simulador de equipo pesado para la capacitación del personal militar en la Escuela de Ingeniería Militar Gral. Guillermo Rodríguez Lara (ESINGM) en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas?

- H_0 = La reparación y repotenciación utilizando ingeniería inversa no permitirá habilitar el simulador de equipo pesado.
- H_1 = La reparación y repotenciación utilizando ingeniería inversa permitirá habilitar el simulador de equipo pesado.

Para esta hipótesis planteada se desglosa en las siguientes variables:

- **Variable independiente:** Simulador de Equipo Pesado – ESINGM.
- **Variable dependiente:** Reparación y repotenciación utilizando ingeniería inversa del simulador de Equipo Pesado para la capacitación del personal militar

VALIDACIÓN HIPÓTESIS

Para la creación de la tabla de datos se realizó el conteo de la siguiente manera: “Funciona” corresponde a el número de pruebas que tiene el 100% y “Funciona parcialmente” al número de pruebas que tiene menor al 100%.

	Funciona	Funciona parcialmente	Total
Prueba Simulación 1	3	0	3
Prueba Simulación 1	2	1	3
Simulación Prueba 3	0	3	3
Simulación Prueba 3	3	0	3
Total	8	4	12

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - f_z)^2}{f_z}$$

$$\chi^2 = 9$$



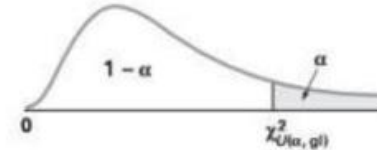
VALIDACIÓN HIPÓTESIS

Ahora se debe encontrar el chi cuadrado por tabla o chi cuadrado crítico (χ_c^2) con la respectiva tabla.

TABLA E.4

Valores críticos de χ^2 .

Para un número particular de grados de libertad, la entrada representa el valor crítico de χ^2 correspondiente a un área de la cola superior específica (α).



Grados de Libertad	Áreas de la cola superior (α)											
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.75	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1			0.001	0.004	0.016	0.102	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.675	6.626	9.236	11.071	12.833	15.086	16.750

$$\chi_c^2 = 7,815$$

Por lo tanto, debido a que el chi cuadrado calculado (χ^2) es mayor al chi cuadrado crítico (χ_c^2), se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa que corresponde a que mediante la reparación y repotenciación utilizando ingeniería inversa permitirá habilitar el simulador de equipo pesado.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se recopiló información sobre el simulador, la conexión y los componentes que lo conforman, a través de búsqueda en fuentes bibliográficas para lograr comprender su funcionamiento eléctrico y electrónico.
- Se identificó los problemas y los componentes averiados en el sistema de cómputo, en el sistema de red, en la comunicación CAN BUS y RS232 (Serial), en el sistema de movimiento y en el sistema de enfriamiento de los proyectores; mediante la revisión de cada componente tomando medidas de voltaje, continuidad y resistencia, además de revisar las señales de datos y códigos de error (Servo Drives); con el fin de repararlos o reemplazarlos para el funcionamiento completo del simulador.
- Se realizó el mantenimiento de los componentes mecánicos y eléctricos del simulador que no presentaban ningún problema en su funcionamiento, pero por factores medioambientales y de falta de mantenimiento se encontraban en deterioro; para ello se realizó la limpieza íntegra de cada componente a través del uso de materiales de limpieza electrónicos (limpia contactos, soplete de aire y herramientas abrasivas no destructivas) y mecánicos (WD40); evitando con esto posibles daños en el futuro.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se revisó el sistema de control que permita tener una comunicación entre el software y hardware del simulador; mediante la medición de voltaje y resistencia en los terminales de señal de los sensores, tarjetas controladoras de la consola, revisando continuidad en los cables de comunicación, el uso del Software AppConsole 2 y la ventana de configuración avanzada de entradas y salidas de señales de comunicación del software VRSM; para así determinar que todos los componentes del sistema de control funcionen sin intermitencias o señales erróneas.
- Se puso en marcha el simulador, vinculando todos los sistemas que presentaban fallas que se resolvieron de forma aislada, para así en conjunto poder realizar pruebas de funcionamiento que permitan afinar detalles de los requerimientos del simulador y así habilitarlo.
- Se generó el diagrama completo de conexión eléctrica y de comunicación del simulador, mediante la revisión de todo el cableado eléctrico y la conexión de todos los equipos que permiten que este funcione, para lograr así un mejor entendimiento de todo el sistema y en caso de problemas futuros poder identificar, aislar y solucionar.
- Se redactó el manual de mantenimiento preventivo y correctivo, a través de todo el análisis y experiencia recolectada sobre problemas frecuentes que este equipo presentó, para evitar y disminuir daños en el simulador.
- Se realizó pruebas de funcionamiento y la revisión del manual de mantenimiento; para las pruebas se ejecutó la simulación de 4 escenarios principales y para el manual se receptó sugerencias del personal militar encargado; con las pruebas se pudo verificar que existen inconvenientes en algunos escenarios por motivo de que todo sistema de cómputo no poseen las mismas características pero pese a esto se puede trabajar y realizar las simulaciones, finalmente el manual servirá como una guía de mantenimiento preventivo y correctivo al igual como guía de capacitación al personal que se quedará a cargo del equipo.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- En caso de presentar problemas de desconexión de la consola y de la base de movimiento se recomienda revisar los cables de comunicación CAN BUS y Serial, un falso contacto que estos presenten provoca los errores de desconexión.
- Si se presenta algún problema con un Switch, pedal o Joystick, primero revisar la ventana de configuración avanzada de entradas y salidas de señales de comunicación del software VRSM, para luego revisar físicamente el sistema.
- En caso de que algún equipo no encienda revisar los diagramas de conexión eléctrica, aislar el equipo y realizar las mediciones pertinentes.
- Después de realizar pruebas y comprobar la importancia de que los equipos de cómputo posean las mismas características a los equipos originales, se sugiere realizar dos tipos de cambios: la primera es cambiar los CPUs (mainboards de 6° generación o inferiores); no se pueden usar de generaciones actuales debido a la actualización de los controladores de la placa principal o la segunda es realizar un cambio de tarjetas gráficas superiores en los CPUs 2, 4 y 5 (Tarjetas gráficas con una capacidad mayor a 1 GB). Con estos cambios el equipo no tendría ningún tipo de interrupción en ningún escenario.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se sugiere la adquisición de un nuevo proyector para la vista posterior, ya que el que se tiene presenta fallos en su lámpara y por el costo de la misma se sugiere adquirir uno nuevo.
- Clonar todos los discos duros del equipo de cómputo para evitar una posible pérdida de información ya que sin el software el equipo quedaría obsoleto.
- Adquirir un equipo que reduzca la humedad del ambiente para evitar que todos los equipos que se encuentran dentro del contenedor sufran daños por las condiciones climáticas de la ciudad de Santo Domingo, además se requiere la reparación del aire acondicionado ya que este también cumple la función de refrigerar a los equipos de cómputo dentro del contenedor, ya que el extractor de calor que posee el Rack de computadoras no abastece para el calor del contenedor cerrado
- Realizar cada 6 meses un mantenimiento general a todos los equipos y cada año el cambio de pasta térmica, como se muestra en el manual de mantenimiento que se desarrolló, con esto se logrará prolongar la vida útil del simulador y se cumplirá al fin su objetivo de capacitar nuevos operadores de motoniveladora para el ejército ecuatoriano.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA