

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DE  
MAQUINARIAS PARA MOVIMIENTO  
DE TIERRAS UTILIZANDO REDES  
NEURONALES ARTIFICIALES**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Sara Munarris Matamoros

**Línea de Investigación Institucional:**

Nuevas Tecnologías y Procesos

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Nuevas Tecnologías y Procesos

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO-PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, quien me ha otorgado la vida, salud asimismo a mis padres para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.

**BACH. SARA MUNARRIS MATAMOROS**

## **AGRADECIMIENTO**

Tenía muchas dificultades en el proyecto de mi tesis, pero gracias a mis padres pude lograrlo a tiempo, por más dificultades estuvieron ellos dispuestos a ayudar en los buenos y malos momentos es lo que hace la diferencia al final.

**BACH. SARA MUNARRIS MATAMOROS**

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 0149- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulada:

### PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. MUNARRIS MATAMOROS SARA  
 Facultad : INGENIERÍA  
 Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL  
 Asesor(a) : MG. GERSON DENNIS PAREJAS SINCHITULLO

Fue analizado con fecha 02/04/2024; con 152 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 22 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N° 15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 02 de abril de 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI  
 JEFA  
 Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. LARRAZABAL SANCHEZ LIDIA BENIGNA**  
**JURADO**

---

**MTRA. AYUQUE ALMIDON NELFA ESTRELLA**  
**JURADO**

---

**MTRO. PORRAS ARROYO EDINSON JOSE**  
**JURADO**

---

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO GENERAL**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS</b> .....	v
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	vi
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
1.1. Planteamiento del problema .....	19
1.2. <b>Formulación del problema</b> .....	20
<b>1.2.1. Problema General</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2.2. Problemas Específicos</b> .....	<b>20</b>
1.3. Justificación .....	20
<b>1.3.1. Practica</b> .....	<b>21</b>
<b>1.3.2. Social</b> .....	<b>21</b>
<b>1.3.3. Metodología</b> .....	<b>21</b>
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO .....	21
1.5. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
<b>1.5.1. Delimitación Espacial</b> .....	<b>23</b>
<b>1.5.2. Delimitación Temporal</b> .....	<b>23</b>
<b>1.5.3. Delimitación Económica</b> .....	<b>23</b>
1.6. Limitaciones de la investigación .....	23
1.7. Objetivos de la investigación.....	23
<b>1.7.1. Objetivos Generales</b> .....	<b>23</b>
<b>1.7.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	24
2.1. ANTECEDENTES .....	24
<b>2.1.1. Antecedentes Internacionales</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1.2. Antecedentes Nacionales</b> .....	<b>25</b>

2.2. Marco Conceptual .....	26
<b>2.2.1. Rendimiento De maquinarias para movimiento de tierras</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.2. Redes Neuronales Artificiales</b> .....	<b>39</b>
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS .....	45
2.4. HIPOTESIS.....	50
<b>2.4.1. HIPOTESIS GENERAL</b> .....	<b>44</b>
<b>2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICOS</b> .....	<b>45</b>
2.5. VARIABLES .....	45
<b>2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE</b> .....	<b>45</b>
<b>2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE</b> .....	<b>46</b>
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	47
CAPÍTULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	47
3.1. Método de la investigación .....	47
3.2. Tipo de investigación .....	47
3.3. Nivel de investigación .....	47
3.4. Diseño de investigación.....	47
3.5. Población y muestra .....	48
<b>3.5.1. Población</b> .....	<b>48</b>
<b>3.5.2. Muestra</b> .....	<b>48</b>
3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACION DE DATOS.....	48
<b>3.6.1. Técnicas</b> .....	<b>48</b>
<b>3.6.2. Instrumentos</b> .....	<b>48</b>
3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO .....	49
<b>3.7.1. Validez</b> .....	<b>49</b>
<b>3.7.2. Confiabilidad</b> .....	<b>49</b>
3.8. TECNICAS Y ANALISIS DE DATOS.....	49
3.9. METODOS DE ANALISIS DE DATOS .....	50
3.10. METODOLOGIA DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.....	50
<b>3.10.1. Recopilación y Estructuración de la Información</b> .....	<b>51</b>
<b>3.10.2. Análisis Preparatorio</b> .....	<b>56</b>
<b>3.10.3. Desarrollo del modelo de la Red Neuronal Artificial</b> .....	<b>61</b>
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	63
4.1. Recopilación de base de datos y desarrollo de la estructura de la RNA .....	63
<b>4.1.1. Base de datos desarrollados empleando bibliografía e investigaciones</b> .....	<b>63</b>

<b>4.1.2. Factores que intervienen en el rendimiento de las Maquinarias Pesadas</b> .....	<b>74</b>
4.2. Análisis de datos .....	74
<b>4.2.1. Selección de datos de entrada</b> .....	<b>75</b>
<b>4.2.2. Topología y aprendizaje del Modelo de Red Neuronal Artificial</b> .....	<b>75</b>
<b>4.2.3. Resultados y Desarrollo de las Redes Neuronales Artificiales</b> .....	<b>77</b>
4.3. Análisis de la eficiencia del modelo desarrollado con datos reales de proyectos (correlación para la validación del modelo de red neuronal).....	82
4.4. DISCUSIONES DE RESULTADOS .....	103
<b>4.4.1. Discusión 1</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4.2. Discusión 2</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4.3. Discusión 3</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4.4. Discusión 4</b> .....	<b>104</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	107
ANEXOS .....	109



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Factores de eficiencia fh.....	31
<b>Tabla 2.</b> Estímulo a la producción.....	31
<b>Tabla 3.</b> Pérdida de tiempo.....	32
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de variables.....	46
<b>Tabla 5.</b> Tractores utilizados en el entrenamiento, prueba y validación.....	52
<b>Tabla 6.</b> Excavadoras utilizadas en el entrenamiento, prueba y validación.....	53
<b>Tabla 7.</b> Base de datos de los componentes.....	54
<b>Tabla 8.</b> Datos de entrada y salida.....	57
<b>Tabla 9.</b> Criterio del parámetro $R^2$ de bondad de ajuste.....	62
<b>Tabla 10.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de tractor s/orugas CAT D9L.....	64
<b>Tabla 11.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8L.....	64
<b>Tabla 12.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8T.....	64
<b>Tabla 13.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8R.....	65
<b>Tabla 14.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8K.....	66
<b>Tabla 15.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7R.....	66
<b>Tabla 16.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7E.....	66
<b>Tabla 17.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7G.....	67
<b>Tabla 18.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6T.....	67
<b>Tabla 19.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6R.....	68
<b>Tabla 20.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6N.....	68
<b>Tabla 21.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6D.....	69
<b>Tabla 22.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6K.....	69
<b>Tabla 23.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D155.....	69
<b>Tabla 24.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D85.....	70
<b>Tabla 25.</b> Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D65.....	70
<b>Tabla 26.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 DL/CH.....	71
<b>Tabla 27.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 DL/J.....	71
<b>Tabla 28.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 D/CH.....	71
<b>Tabla 29.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 D/J.....	72
<b>Tabla 30.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 322 DL.....	72
<b>Tabla 31.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 325 DL.....	72
<b>Tabla 32.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL.....	73

<b>Tabla 33.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 336 DL.....	73
<b>Tabla 34.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350.....	73
<b>Tabla 35.</b> Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora Volvo EC220.....	74
<b>Tabla 36.</b> Variables de entrada y salida.....	75
<b>Tabla 37.</b> Maquinarias utilizadas para la investigación .....	76
<b>Tabla 38.</b> Análisis de regresión lineal utilizando variables de entrada.....	76
<b>Tabla 39.</b> Condiciones geográficas de trabajo (altitud sobre el nivel del mar).....	77
<b>Tabla 40.</b> Tiempo atmosférico o climatología.....	77
<b>Tabla 41.</b> Tipo de material.....	77
<b>Tabla 42.</b> Funciones que desarrolla la maquinaria.....	77
<b>Tabla 43.</b> Resumen de resultados del ajuste de correlaciones de la RNA versus la base de datos recopilada...	82
<b>Tabla 44.</b> coeficiente de correlación.....	83
<b>Tabla 45.</b> Resumen de resultados del ajuste de correlaciones de la RNA versus los de Datos en Obra .....	96
<b>Tabla 46.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8R (Corte y relleno).....	96
<b>Tabla 47.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8R (Excavación y Empuje).....	97
<b>Tabla 48.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor Komatsu D65 (Corte y Relleno).....	97
<b>Tabla 49.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor Komatsu D65 (Excavación y Empuje).....	98
<b>Tabla 50.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Corte y Relleno).....	99
<b>Tabla 51.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Excavación).....	99
<b>Tabla 52.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Empuje).....	100

<b>Tabla 53.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Corte y Relleno).....	100
<b>Tabla 54.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Excavación).....	101
<b>Tabla 55.</b> Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Empuje).....	101
<b>Tabla 56.</b> Comparación de resultados obtenidos con la RNA y el del laboratorio de la Excavadora CAT 330DL. .....	102
<b>Tabla 57.</b> Comparación de resultados obtenidos con la RNA y el del laboratorio de la Excavadora Komatsu PC350 .....	102
<b>Tabla 58.</b> Matriz de Consistencia .....	135
<b>Tabla 59.</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tractor CAT sobre cadenas.....	34
<b>Figura 2.</b> Tractor CAT sobre llantas.....	34
<b>Figura 3.</b> Excavadora CAT sobre cadenas .....	35
<b>Figura 4.</b> Excavadora CAT sobre llantas.....	35
<b>Figura 5.</b> Retroexcavadora CAT sobre cadenas .....	36
<b>Figura 6.</b> Retroexcavadora CAT sobre llantas .....	36
<b>Figura 7.</b> Cargador Frontal CAT sobre llantas.....	37
<b>Figura 8.</b> Cargador frontal CAT sobre orugas.....	37
<b>Figura 9.</b> Volquete JAC de 15m3.....	38
<b>Figura 10.</b> Motoniveladora CAT .....	38
<b>Figura 11.</b> Compactadoras .....	39
<b>Figura 12.</b> Configuración de una neurona artificial .....	39
<b>Figura 13.</b> Modelo de una Neurona Biológica y el proceso de la sinapsis.....	41
<b>Figura 14.</b> Modelo de una Neurona Artificial.....	41
<b>Figura 15.</b> Arquitectura unidireccional con tres capas .....	42
<b>Figura 16.</b> Desarrollo Metodológico de la Investigación .....	51
<b>Figura 17.</b> Procedimiento del desarrollo del modelo neuronal .....	51
<b>Figura 18.</b> Reconocimiento de datos de entrada y salida.....	57
<b>Figura 19.</b> Datos independientes y dependientes de los tractores .....	58
<b>Figura 20.</b> Ventana de configuración de entrenamiento para los tractores .....	58
<b>Figura 21.</b> Ventana de configuración de red para los tractores .....	58
<b>Figura 22.</b> Ventana de configuración de tiempo de ejecución para los tractores .....	59
<b>Figura 23.</b> Datos independientes y dependientes de las excavadoras.....	59
<b>Figura 24.</b> Ventana de configuración de entrenamiento para las excavadoras.....	60
<b>Figura 25.</b> Ventana de configuración de red para las excavadoras.....	60
<b>Figura 26.</b> Ventana de configuración de tiempo de ejecución para las excavadoras .....	61
<b>Figura 27.</b> Administrador de conjunto de datos .....	75
<b>Figura 28.</b> Ventana de configuración de entrenamiento. ....	76
<b>Figura 29.</b> Rendimientos del Tractor CAT D8R en las actividades de Corte y Relleno.....	110
<b>Figura 30.</b> Rendimientos del Tractor CAT D8R en las actividades de Excavación y Empuje.....	111
<b>Figura 31.</b> Rendimientos del Tractor KOMATSU D65 en las actividades de Corte y Relleno.....	111
<b>Figura 32.</b> Rendimientos del Tractor KOMATSU D65 en las actividades de Excavación y Empuje.....	112

<b>Figura 33.</b> Rendimientos de la Excavadora KOMATSU PC350 en las actividades de Excavación.....	112
<b>Figura 34.</b> Rendimientos de la Excavadora CAT 330DL en las actividades de Corte y Relleno.....	113
<b>Figura 35.</b> Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Corte y Relleno.....	114
<b>Figura 36.</b> Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Excavación .....	114
<b>Figura 37.</b> Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Empuje. ....	115
<b>Figura 38.</b> Rendimientos del Tractor CAT D8T en las actividades de Corte y Relleno .....	115
<b>Figura 39.</b> Rendimientos del Tractor CAT D8T en las actividades de Excavación .....	116
<b>Figura 41.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (1 parte).....	117
<b>Figura 42.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (2 parte).....	118
<b>Figura 43.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (3 parte).....	119
<b>Figura 44.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (1 parte).....	120
<b>Figura 45.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (2 parte).....	121
<b>Figura 46.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (3 parte).....	122
<b>Figura 47.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (4 parte).....	123
<b>Figura 48.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (5 parte).....	124
<b>Figura 49.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (6 parte).....	125
<b>Figura 50.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (7 parte).....	126
<b>Figura 51.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (8 parte).....	127
<b>Figura 52.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (9 parte).....	128
<b>Figura 53.</b> Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (10 parte).....	129
<b>Figura 54.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8R (Corte y Relleno) .....	130
<b>Figura 55.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8R (Excavación y Empuje).....	130
<b>Figura 56.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor KOMATSU D65 (Corte y Relleno).....	131
<b>Figura 57.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor KOMATSU D65 (Excavación y Empuje).....	131
<b>Figura 58.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Corte y Relleno).....	132
<b>Figura 59.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Excavación).....	132
<b>Figura 60.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Empuje). ....	133
<b>Figura 61.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Corte y Relleno).....	133
<b>Figura 62.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Excavación).....	134
<b>Figura 63.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Empuje). ....	134
<b>Figura 64.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada de la Excavadora CAT 330DL. ....	135
<b>Figura 65.</b> Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada de la Excavadora KOMATSU PC350.....	135

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Análisis de regresión para el entrenamiento (Tractor).....	78
<b>Gráfico 2.</b> Análisis de regresión para el modelo total (Tractor). .....	79
<b>Gráfico 3.</b> Análisis de regresión para el modelo total. ....	79
<b>Gráfico 4.</b> Análisis del impacto relativo de las variables usadas en la investigación.....	80
<b>Gráfico 5.</b> Análisis de regresión para el entrenamiento (Excavadora). .....	80
<b>Gráfico 6.</b> Análisis de regresión para el modelo total (Excavadora). ....	81
<b>Gráfico 7.</b> Análisis de regresión para el modelo total. ....	81
<b>Gráfico 8.</b> Análisis de regresión para el modelo total. ....	82
<b>Gráfico 9.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno) .....	84
<b>Gráfico 10.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno) .....	84
<b>Gráfico 11.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje). .....	85
<b>Gráfico 12.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje). .....	85
<b>Gráfico 13.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno) .....	86
<b>Gráfico 14.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno) .....	86
<b>Gráfico 15.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).....	87
<b>Gráfico 16.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).....	87
<b>Gráfico 17.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).....	88
<b>Gráfico 18.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).....	88
<b>Gráfico 19.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Excavación). .....	89
<b>Gráfico 20.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Excavación). .....	89

<b>Gráfico 21.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Empuje)..	90
<b>Gráfico 22.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Empuje).....	90
<b>Gráfico 23.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).....	91
<b>Gráfico 24.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).....	91
<b>Gráfico 25.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Excavación). .....	93
<b>Gráfico 26.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Excavación).....	93
<b>Gráfico 27.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Empuje).....	94
<b>Gráfico 28.</b> Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Empuje). .....	94
<b>Gráfico 29.</b> Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL) de RNA y Datos de obra. .....	94
<b>Gráfico 30.</b> Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL) de RNA y Datos de obra. .....	94
<b>Gráfico 31.</b> Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350) de RNA y Datos de obra. .....	95
<b>Gráfico 32.</b> Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350) de RNA y Datos de obra. .....	95

## RESUMEN

La presente investigación que lleva por título “PREDICCIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIAS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES”, propone hacer un pronóstico de los rendimientos de las maquinarias por las actividades preliminares de movimiento de tierra, que consiste en el corte y relleno, excavación, empuje y extendido, carguío y acarreo, haciendo uso de la inteligencia computacional, en este caso los modelos de redes neuronales artificiales, para lo cual se debe partir de ciertos factores o elementos que intervienen en los rendimientos de las maquinarias, como la marca y modelo de la maquinaria, potencia, la condición o zona, la climatología, el tipo de material, la función que realiza y el rendimiento o producción teórica.

Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos, la recolección y elección de la base de datos de los factores que intervienen en la determinación de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierra, por la cual se tuvo que recurrir a la bibliografía e información de investigaciones realizadas a cerca de rendimientos de maquinarias pesadas en las actividades de movimiento de tierras, luego de la recopilación de la base de datos, se procedió a realizar el aprendizaje o entrenamiento del modelo neuronal, por medio de las variables de entrada que este caso vienen a ser los siguientes factores que intervienen en el rendimiento de las maquinarias (marca/modelo, potencia, condición o zona, climatología, material, función y rendimiento teórico) y las variables de salida que este caso viene a ser el rendimiento real de las maquinarias para las distintas fases de movimiento de tierras, por tanto se realizó las pruebas necesarias con el objetivo de encontrar la mejor red neuronal haciendo uso de un programa de predicción que es el software NeuralTools, de este modo se obtuvo los mejores modelos neuronales, la mecánica del software consiste en que utiliza el 80% de base de datos para el aprendizaje o entrenamiento de los modelos neuronales y el 20% restante de los datos para la prueba del modelo, a continuación se procedió a recopilar los datos de rendimientos de las maquinarias en la fase preliminar de movimiento de tierras de los proyectos realizados.

Por lo tanto, este modelo neuronal nos permite obtener rendimientos aproximados con los factores señalados anteriormente, con lo cual se puede determinar la culminación de ciertas actividades y esto nos permite controlar de manera eficiente cada una de esas actividades, y esto se traduce en el aumento de la productividad y el cumplimiento de las metas sin exceder los costos programados.

Palabras clave: Inteligencia computacional, Red Neuronal Artificial, Rendimientos de maquinarias, movimiento de tierras.



## ABSTRACT

The present research entitled "PREDICTION OF MACHINERY PERFORMANCE FOR MOVING LAND USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS" proposes to make a forecast of the performance of the machinery for the preliminary activities of earthwork, which consists of cutting and filling, excavation, push and spread, loading and hauling, making use of computational intelligence, in this case models of artificial neural networks, for which it must be based on certain factors or elements that intervene in the performance of machinery, such as the brand and model of the machinery, power, the condition or area, the climatology, the type of material, the function it performs and the theoretical output or production.

For which the following objectives were proposed, the collection and selection of the database of the factors involved in the determination of the performance of the machinery for earth movement, for which it had to resort to the bibliography and information of investigations carried out about yields of heavy machinery in the activities of earthworks, after the compilation of the database, we proceeded to make the learning or training of the neuronal model, by means of the input variables that this case comes to be the following factors that intervene in the performance of the machinery (brand / model, power, condition or area, climatology, material, function and theoretical performance) and the output variables that this case comes to be the real performance of the machinery for the different phases of earthmoving, therefore the necessary tests were carried out in order to find the best r neural network making use of a prediction program that is the NeuralTools software, in this way the best neuronal models were obtained, the mechanics of the software consists in using 80% of the data base for the learning or training of the neuronal models and the remaining 20% of the data to test the model, then proceeded to collect the performance data of the machinery in the preliminary phase of earthwork of the projects, therefore, this neuronal model allows us to obtain approximate returns with the factors indicated above, with which the completion of certain activities can be determined and this allows us to efficiently control each of these activities, and this translates into an increase of productivity and the fulfillment of the goals without exceeding the programmed costs.

Keywords: Computational intelligence, Artificial Neural Network, Machine yields, earth movement.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación tendrá como principal objetivo de desarrollar un modelo para el pronóstico de los rendimientos de los equipos para las actividades de movimiento de tierras, utilizando una Red Neuronal Artificial.

Dicha necesidad de desarrollar un tema de esta naturaleza radica en el impulso de revelar los aspectos fundamentales de dichas predicciones para poder mejorar los procesos constructivos y los costos que ellos implican en la mayoría de proyectos de ingeniería, el costo de cada actividad realizada está relacionada al rendimiento, en el caso de las operaciones de movimiento de tierras, los precios unitarios están compuestos básicamente por las maquinarias, pasando a un segundo plano la mano de obra y los materiales que no se consideran dentro de estas, sin embargo, el costo del operario de la maquinaria si está considerado dentro del costo de la maquinaria. En otras palabras, el rendimiento está relacionado directamente con el costo directo en un proyecto. Por otro lado, el no tener conocimiento del rendimiento de una maquinaria en una obra puede resultar perjudicial y como consecuencia el incumplimiento de las actividades programadas, y esto se traduce en pérdidas económicas para la entidad encargada del proyecto. Tener información acerca del rendimiento de maquinarias de movimiento de tierras resulta muy difícil ya que no se cuenta con mucha bibliografía, las empresas encargadas de la fabricación de estos equipos difícilmente proporcionan esta información, por otra parte, tener el conocimiento de los rendimientos de las maquinarias en los proyectos. Un mismo equipo puede tener el mismo rendimiento, ya que solo no depende de sus características sino de las condiciones externas a la que está sometida.

Bajo lo expuesto, para poder contar con la información en campo a cerca de los rendimientos de las maquinarias, es primordial proponer una metodología capaz de brindarnos tal información, puesto que sea eficiente y con una precisión aceptable en la obtención de esos datos, además de no ser complicado, esto quiere decir que los valores de entrada deben ser fáciles de obtener, también se pueden incluir datos bajo ciertos parámetros establecidos, dentro de este marco la presente investigación se enfoca en el desarrollo de un modelo de red neuronal artificial que pueda ser capaz de hacer un pronóstico de los rendimientos de las maquinarias (Tractores y Excavadoras) para las operaciones de movimiento de tierras, estos valores deben ser los más próximos a los alcanzados en la realidad por tal motivo la investigación se apoyara en el software NeuralTools, ya para el desarrollo del modelo de red neuronal artificial con el software se cuenta con una secuencia, definir las variables de entrada que en este caso vienen a ser: marca y modelo del equipo, la potencia, la condición geográfica, el tiempo atmosférico, el tipo de material, la función que realiza, el rendimiento teórico (puedes ser calculado), estas variables de entrada son independientes luego una variable de salida que es el rendimiento real. Para desarrollar el modelo neuronal se llevó a cabo los siguientes procesos, el aprendizaje del modelo, prueba y validación, y para obtener el indicador de confiabilidad del modelo neuronal, se recurre al factor de correlación entre los valores que se han

determinado mediante la Red Neuronal Artificial (pronostico) y los obtenidos en las investigaciones anteriores acerca del tema, de esta manera se obtiene un modelo neuronal de predicción basado en las Redes Neuronales Artificiales.

Para poder entender de mejor manera la investigación, se ha agrupado en cinco capítulos:

En el capítulo I, se describe el planteamiento de la investigación donde se aprecia la problemática, objetivos, justificación, delimitación de la investigación, formulación de la hipótesis y las variables que se investigan.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, donde se describen los antecedentes respecto a las redes neuronales artificiales como metodologías para predecir diversos problemas; en las bases teóricas se presentan y describen puntos importantes para la investigación como: Red Neuronal Artificial, procesos para el diseño de un modelo neuronal óptimo, Movimiento de tierras, Maquinarias pesadas, Rendimientos de maquinarias en actividades de movimiento de tierras.

En el capítulo III, se presenta el marco metodológico, por lo que se detalla el tipo, nivel, diseño, método de la investigación. Aquí también se describe la población, muestra, instrumentos para la recolección y análisis de datos.

En el capítulo IV, se realiza el análisis y discusión de resultados, en los cuales se presentan la base de datos que se recopilaron, así como los datos obtenidos en obras de investigaciones realizadas anteriormente a cerca de rendimientos de maquinarias en las operaciones de movimiento de tierras, también se presenta los procesos de desarrollo del modelo neuronal, así como la validación de este.

En el capítulo V, se responden a las preguntas de los problemas de investigación mediante todas las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron.

Finalmente se presentan los anexos que comprenden los datos recopilados de las investigaciones pasadas, memorias de cálculos y las fichas técnicas de las maquinarias.

**BACH. SARA MUNARRIS MATAMOROS**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

En el mundo hablar de Red Neuronal Artificial es una de las soluciones de problemas complejos del mundo real es el rumbo que ha tomado la computación avanzada inspirada en el cerebro por lo que hablar de movimiento de tierras, dentro de la ingeniería implica una serie de actividades sobre los terrenos inalterados, con el objetivo de modificar el ambiente o de aportar materiales útiles en obras viales, minería o industria. Para lo cual es necesario el empleo de maquinaria pesada tal como: excavadoras, cargadores frontales, tractores, volquetes, rodillos, motoniveladoras, etc. Cuyo desempeño depende de sus funciones y rendimientos. (<https://robertocamana.wordpress.com>, 2015)

En el Perú se han estado utilizando RNA para varios tipos de trabajo dentro de la Ingeniería por lo que fue un éxito, los proyectos de ingeniería, el valor del precio unitario para una actividad está ligado de manera inversa al rendimiento, en los proyectos de movimiento de tierras, el análisis de precios unitarios está compuesto exclusivamente por equipos, visto que no se tiene en consideración tanto la mano de obra como materiales, además el costo del operador está incluido en la tarifa de cada equipo.

El rendimiento de la maquinaria en movimiento de tierras es indispensable ya que nos permite proyectar presupuestos más ajustados a la realidad, sin embargo la falta de información de aquella perjudica la etapa de programación visto que no se puede determinar con exactitud los tiempos de culminación de cada actividad, además el no tener la información acerca del rendimiento imposibilita realizar actividades posteriores al movimiento de tierra lo que obliga a reprogramar los plazos ya establecidos en obra. (José R. Hilera, 2014)

En la actualidad en muchos proyectos de construcción no se tiene determinado el costo horario real de los equipos pesados, ni la productividad de los mismos, a causa de no tener conocimiento de los rendimientos en obra, lo que trae como consecuencia una subutilización de equipos en obra, además de un sobre costo en el presupuesto final por una mala consideración de costo horario, muchas veces desactualizado.

Conocer el rendimiento de cada equipo en obra, nos permite controlar de manera eficiente cada actividad realizada, de tal manera que se pueda aumentar la productividad, también cumplir cada meta sin exceder los costos programados.

Por tal motivo la presente investigación pretende hacer una estimación del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras usando redes neuronales artificiales, además de plantear una herramienta que facilitará el control del rendimiento de la maquinaria. (Herbert Jones, 2019)

## **1.2. Formulación del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera las Redes Neuronales Artificiales será predictor del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿De qué manera se deberá recopilar información para una base de datos y desarrollar una estructura de una Red Neuronal Artificial para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?

¿Cuál es la topología de una Red Neuronal Artificial y como estimar los pesos para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?

¿Cuál es el rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales en la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Practica**

La presente investigación tiene como finalidad mejorar los procesos constructivos, generados por la falta de conocimiento de rendimiento de la maquinaria para movimiento de tierras, que implica no poder realizar de manera ajustada el presupuesto para los proyectos, además esto

permite que el proyecto no cumpla con los plazos establecidos en el cronograma previsto, por tal motivo el cronograma previsto, por tal motivo el cronograma ejecutado, difiere demasiado programado, perjudicando tanto al contratista como al cliente. por el contrario, si se tiene cierta información aproximada de los rendimientos de la maquinaria el ingeniero o personal de campo podrá controlar cada actividad realizada en movimiento de tierra.

### **1.3.2. Social**

La investigación es de suma importancia dado que las características de los proyectos, que generan sobre costos en la ejecución de las obras, no permiten el mejor aprovechamiento de los recursos asignados a los municipios locales, gobiernos regionales y otras entidades del estado.

Por lo tanto, se obtendrá mejores rendimientos mediante la aplicación de algoritmos con el objetivo de desarrollar un modelo para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras, utilizando una Red Neuronal Artificial.

### **1.3.3. Metodología**

La importancia de llevar a cabo esta investigación desde un punto de vista metodológico es proporcionar datos e información que enriquecen las áreas de conocimiento relacionadas con la obtención de mejores rendimientos y los inconvenientes asociados. Del mismo modo, contribuirá el desarrollo de futuras investigaciones.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La ausencia de información del rendimiento de los equipos para los ejercicios para preparar el terreno y no poder realizar de manera ajustada el presupuesto para los proyectos, además esto permite que el proyecto no cumpla con los tiempos planificados en el cronograma planeado, razón por la cual estos cronogramas de ejecución y el planeado difieren en demasía, en consecuencia, esto va a perjudicar a ambas partes que son el cliente y el contratista. Por el contrario, si se tiene cierta información o una información aproximada de los rendimientos de la maquinaria el ingeniero o personal de campo podrá controlar cada actividad realizada en campo.

Por tal motivo esta investigación pretende simplificar el procedimiento para conocer los rendimientos aproximados de los equipos para las actividades de corte y relleno usando redes neuronales artificiales.

## 1.5. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1. Delimitación Espacial

La investigación se realizará en la Región Cajamarca, donde se obtuvo del resumen de reportes de partes diarias de supervisión y controlador de equipos de la obra cierre de mina Pachacute – La Quinua – Yanacocha.

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente propia : <https://www.deperu.com/calendario>

### **1.5.2. Delimitación Temporal**

La investigación según el cronograma del plan programado, se llevará a cabo durante el periodo 2022.

### **1.5.3. Delimitación Económica**

Los gastos generados de la investigación serán asumidos por medios propios para alcanzar los objetivos de la investigación.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

El tiempo que se tiene es limitado, para recoger los datos en las obras que se encuentren en la fase preliminar, además se debe señalar que hay pocas obras en ese proceso por los cambios de los factores del clima en esta temporada, no obstante, se planificará para obtener la mayor cantidad de información y podamos desarrollar cada objetivo planteado.

## **1.7. Objetivos de la investigación**

### **1.7.1. Objetivos Generales**

Determinar de qué manera la Red Neuronal Artificial será predictor del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

Determinar de qué manera se deberá recopilar información para una base de datos y desarrollar una estructura de la Red Neuronal Artificial para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.

Evidenciar la topología de una Red Neuronal Artificial y determinar los pesos para predecir los rendimientos de las maquinarias para rendimiento de tierras.

Determinar el rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales en la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Para, (Paredes Rodriguez, 2018), En la tesis titulada Plataforma Cloud De Monitoreo, Adquisición, Visualización Y Previsión De La Contaminación Del Aire, Basado En Modelos De sistema conexionistas. Para titularse como ingeniero civil fija como objetivos: Implementar una plataforma cloud de monitoreo, adquisición, visualización y previsión de la polución, analizar datos históricos de la polución, implementar un sistema de medición de la polución basado en hardware libre, entrenar un modelo de RNA en la previsión a un día de la polución. Aplicando una metodología del tipo aplicada, experimental, se obtuvo como resultados lo siguiente: quea medida que se incrementa los datos en las neuronas capa intermedia (NCI) el Error cuadrático medio (EMC), el Error Absoluto (EA) y el Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE) disminuyen de la siguiente manera NCI(16), EMC(0.0060), EA(0.0564), MAPE(0.0069); NCI(32), EMC(0.0045), EA(0.0458), MAPE(0.0056); NCI(64), EMC(0.0036), EA(0.0394), MAPE(0.0048), concluyéndose. Que los niveles de concentración de material particulado registrados en el campo se encuentran por debajo de los límites establecidos por la OMS, además se puede observar que el incremento de material particulado está ligado con el incremento de la temperatura y el descenso de la humedad, finalmente al analizar los datos de la previsión con RNA, se obtienen mejores resultados con el modelo de red con 24 entradas, 64 neuronas en la capa intermedia y una neurona en el estrato de partida.

Además, (Olguín Rodríguez, 2018), En la tesis titulada Clasificación De Líneas Espectrales Variante

Con Métodos de sistemas conexionistas. Para optar el grado de Maestro en ciencias fija como objetivos: plantear como modos para solucionar si hay modelos en los perfiles de líneas espectrales y si estos se rehacen como función de tiempo, usar los MN (mapas de neuronas) para definir los perfiles observados en el telescopio óptico Nórdico (NOT) y generar una organización, usar los MN para definir los perfiles generados con modelos TIDES y generar una organización, usar los MN para definir los perfiles observados TIDES y generar una organización de los perfiles NOT, estudiar las clasificaciones generadas, resolver si existen patrones en los perfiles de líneas espectrales y comprobar si estos patrones se rehacen como función del tiempo, comparar los resultados tanto de las MN como las estudiadas haciendo uso de la estadística y los coeficientes que las relacionan. Aplicando una metodología del tipo aplicada, cuasi experimental, se obtuvo como resultados lo siguiente: El análisis de la correlación de los perfiles Not y Tides nos arroja un  $R^2 = 0.9$ ; concluyéndose, que los mapas neuronales tienen la capacidad de organizar los perfiles de líneas espectrales de acuerdo a su fase orbital, por lo tanto, se puede usar ambos grupos estudiados.

Finalmente, (Arroyo Orozco, Alvarado Peralta, & Alarcón Segura, 2018), En el Artículo de investigación titulada *Calculo De Productividad Y Optimización Del Equipo Pesado Utilizado En Movimiento De Tierras*. Fija como objetivos: determinar los rendimientos de los equipos de manera de manera particular, también en conjunto, por otro lado, determinar los equipos que trabajan eficientemente. Aplicando una metodología descriptiva, se obtuvo como resultados y se concluyó con lo siguiente: conocer el rendimiento en un proyecto es importante, ya que con ella se puede saber si el equipo es eficiente, por tanto tener conocimiento de esto es fundamental por la cual se puede tener mayor producción en una obra, y maximizar los recursos, evitando pérdidas y obteniendo mejores costos en las operaciones que se realice, y esto nos conduce a tener mejores ingresos de las obras desarrolladas por la unidad que la ejecuta.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Según, (Alvarez Ledesma, 2015), En la tesis titulada *Generación De Caudales Con Modelos De sistemas Neuronales Artificiales A Partir De Las Características De Una Cuenca*. Para titularse como ingeniero civil fija como objetivos: fijar las condiciones meteorológicas, reconocer las características fisiográficas que influyen y analizar la influencia de los usos de suelo en la generación de caudales con modelos de RNAs en la microcuenca de Huayanay. Aplicando una metodología del tipo descriptivo, no experimental, se obtuvo como resultados lo siguiente: El área de la cuenca y la longitud de los ríos intervienen en la generación de caudales usando modelos de RNAs, siendo ( $r^2$ ) 0.84, siendo esta la relación entre el área de la cuenca y el caudal que producirá. También los caudales mensuales

generados se han verificado realizando mediciones en el río durante el periodo de la elaboración de la investigación, además de hacer comparaciones con los datos elaborados por SENAMHI; concluyéndose que tanto como las características y los usos del suelo influyen en la generación de caudales, por otra parte, la fisiografía representada por sus parámetros característicos y más importantes como el área de la cuenca y la longitud de ríos si intervienen en la generación de caudales con modelos de RNAs .

Por otro lado (Callacna Custodio, Diaz Huamanchuco, & Vasquez Villalobos, 2018) , En el Artículo de investigación titulada Previsión Por sistemas Neuronales Artificiales Del Peso Corporal De Capra Hircus En Crianza Semiextensiva. Fija como objetivos: predecir por sistemas conexionistas (RNA) el peso corporal de caprinos en crianza semiextensiva. Aplicando una metodología secuencial, se obtuvo como resultados lo siguiente: Los sistemas conexionistas resulto ser ligeramente más adecuada que la regresión múltiple en la previsión del peso vivo de caprinos. Es importante indicar que en el preparamiento de la red no se utilizaron patrones normalizados, sin embargo, Hulya y Akilli (2015) sometieron sus datos a un procesamiento previo de normalización con el propósito de reducir las dificultades durante el aprendizaje y apresurar el periodo de planificación de la red. Así mismo Vega *et al.* (2015) con el fin de obtener datos más relevantes para ser usados en la fase de preparación de la RNA, realizaron el proceso de normalización y selección de datos; concluyéndose que en la previsión del peso corporal de caprinos en crianza semiextensiva, el sistema conexionista y el modelo de regresión múltiple tuvieron un rendimiento similar.

También, (Malpica Quijada, 2014) , En la tesis titulada “Determinación De Rendimientos en maquinarias para Operaciones Movimiento De Tierras en la Mina”. Para titularse como ingeniero civil fija como objetivos: evaluar la eficiencia de los equipos, comparar los rendimientos tanto teóricos como en campo. Aplicando una metodología del tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal, se obtuvo como resultados lo siguiente: La rentabilidad dado de la Excavadora difiere del rendimiento real en un 37,31%, La rentabilidad dado del Bulldozer difiere del rendimiento real en un 20,38%, La rentabilidad dado del Cargador Frontal difiere del rendimiento real en un 26.98%, La rentabilidad dado de la Motoniveladora difiere del rendimiento real en un 34,38% concluyéndose que hay una diferencia entre los rendimientos dados por la empresa quien los fabrica y los alcanzados en una obra, siendo estas menores que aquellas., para las actividades de carguío, empuje, transporte, corte y nivelación; además se calculó el tiempo que tarda los equipos en cada ciclo y los de la obra, para finalizar señalaremos otros factores que perjudican los rendimientos que pueden ser: el área reducido del trabajo, las demoras en las

voladuras, obstáculos en la ruta de transporte y otros que pueden reducir la productividad .

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Rendimiento De maquinarias para movimiento de tierras

#### 2.2.1.1. Definición

El rendimiento de un equipo de un equipo es la cantidad de unidades de trabajo que efectúa en una unidad de tiempo, por lo general es 1 hora (60 minutos)

$$\text{Rendimiento} = \text{Unid. Trabajo} / \text{hora}$$

Con las unidades de trabajo o de obra que comúnmente son considerados en un movimiento de tierra son el metro cubico, pero en las otras labores de la construcción se utiliza otras unidades más apropiadas, como el metro lineal en la construcción de cimientos corridos o el metro cuadrado en los muros de concreto. La unidad de tiempo que más se utiliza es la hora, no obstante, en algunas oportunidades en rendimiento se puede expresar por día. (Andrés Gonzales Aguilar, 2016).

#### 2.2.1.2. Factores que intervienen en el rendimiento

Señala que esta cifra no es una constante del modelo de maquinaria, sino que depende de una serie de factores particulares de cada aplicación: (Andrés Gonzales Aguilar, 2016).

##### a) Eficacia Horaria: condiciones del trabajo de la obra;

- Naturaleza, disposición y grado de humedad del terreno: Los materiales en estado seco tienen un volumen aparente que es el que ocupa la capacidad de la maquinaria, pero el estado húmedo presenta la adherencia que hace aumentar la capacidad.
- Si la humedad es excesiva, entonces no aumenta.
- En el caso de margas y arcillas humedad el rendimiento de excavación puede bajar considerablemente por adherirse el material a las paredes.
- Accesos (pendientes, estado del firme): repercusión de los accesos en el coste final de una obra, porque repercuten:

En la potencia necesaria de los vehículos y por consiguiente, en el consumo de combustible.

En el tiempo de transporte, al conseguirse menores velocidades si están en mal estado.

En la capacidad de transporte al ser mayores las cargas si están bien conservadas.

En la propia logística, si se producen averías y no hay zonas de estacionamiento.

- Climatología (visibilidad, pluviometría, heladas): la climatología no solo afecta a la interrupción de trabajo sino al estado del firme pues el barro y la humedad reducen la tracción de las maquinarias (fracabilidad). Cuando la temperatura es inferior a 2°C en la sombra, deben suspenderse los trabajos de relleno.
- Altitud: que puede reducir la potencia de las maquinarias.

**b) Escenario de trabajo de la obra:**

- Planificación: Afecta a la producción de la maquinaria; esperas, maniobras, debido a que hay que cuidar el orden de los trabajos para reducir el mínimo el número de maquinarias necesarias y evitar embotellamientos y retrasos.
- Incentivos a la producción.

**c) Habilidad y experiencia del operador:**

Estos factores no son de aplicación total y cada uno deberá emplearse solo cuando lo requieran las circunstancias.

**2.2.1.3 Ciclo De Trabajo**

Es un intervalo de tiempo que demora en el prendido, función, paros y algunos tiempos perdidos o muertos de un mecanismo. (Aguilar Andrés, 2015)

**fórmula de la producción**

Los cálculos del ciclo de trabajo, nos conllevan a calcular los ciclos en un tiempo determinado que vendría a ser una hora, sumado a esto se tiene el volumen y con estos datos se obtiene la producción, La producción (P) no es más que la relación de la capacidad (C) dado en metros cúbicos sobre el número de ciclos (N° ciclos).

$$\text{Producción (t ó m}^3\text{)} = \text{capacidad (t ó m}^3\text{/ciclo)} \times n^\circ \text{ ciclos/hora... EC (2)}$$

Lo anterior es la producción teórica en una hora, sin embargo, la producción real se obtendrá considerando elementos que afectan a la producción. Por lo tanto, la producción efectiva será:

$$P_r = C \times n^\circ \text{ ciclos/hora} \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots \times f_n \dots \text{ EC(3)}$$

Lo anterior es la producción teórica en una hora, sin embargo, la producción real se obtendrá considerando elementos que afectan a la producción. Por lo tanto, la producción efectiva será:

#### 2.2.1.4. Abundamiento y Factor de Esponjamiento

Cuando se excava el terreno natural o el material en banco, el material es removido y debido a esto hay un cambio de volumen y este aumenta. Este suceso se debe tener en consideración para poder hallar la producción con la cual se excava y dimensionar de manera apropiado cada equipo o medio de traslado. Siempre se debe tener conocimiento si el volumen del material que se tienen es del terreno natural o banco o del material suelto que ya fue extraído de la excavación. Por la cual podemos decir que el factor de esponjamiento viene dado por la relación de volúmenes tanto en banco como los sueltos, esto es que el factor de esponjamiento puede ser la relación de volúmenes o densidades de los materiales tanto en banco como los sueltos.

El factor de esponjamiento puede tomar valores menores que 1, sin embargo, podría asumir valores mayores a la unidad en caso se tome la inversa, por otro lado, debemos tener en cuenta el porcentaje de esponjamiento, que no es otra cosa que un incremento de volúmenes de material cuando este es removido del banco.

Existen tablas con valores de esponjamiento para cada tipo de material, por la cual se debe poner énfasis en las relaciones que existe entre densidades y volúmenes tanto en banco como removidos o sueltos.

También podemos relacionar el porcentaje y el factor de esponjamiento. Por lo tanto, se establece que si se pudiera conocer el porcentaje de esponjamiento ya se podría conocer el factor, y viceversa.

$$F_w = \frac{V_B}{V_S} = \frac{d_S}{d_B} \dots\dots (4)$$

**FW:** Factor de esponjamiento (swell)

**VB:** Volumen que ocupa el material en banco

**VS:** Volumen que ocupa el material suelto

**dB:** Densidad en banco

**ds:** Densidad del material suelto

Se tiene que:

$$M = d_s \times V_s = d_B \times V_B \dots (5)$$

El factor de esponjamiento es menor que 1. Sin embargo, si en otro texto figura otra tabla con factores mayores que 1, quiere decir que están tomando la inversa, o sea  $F' = V_s/V_B$  y si se desean emplear las fórmulas expuestas aquí, deben invertirse. Otra relación interesante es la que se conoce como porcentaje de esponjamiento. Se denomina así al incremento de volumen que experimenta el material respecto al que tenía en el banco, o sea:

$$S_w = \frac{V_s - V_B}{V_B} \times 100 \dots (6)$$

**S<sub>w</sub>**: % de esponjamiento

O en funcionamiento de las densidades:

$$S_w = \frac{d - d_s}{d_s} \times 100 \dots (7)$$

Es usual que en las tablas aparezcan los valores de esponjamiento para diversos tipos de materiales al ser excavados y extraídos. Por lo cual es conveniente concluir la relación que hay entre volúmenes o densidades en terreno natural y en material suelto. Por tanto, se tiene para volúmenes lo siguiente:

$$V_s = \left( \frac{S_w}{100} + 1 \right) \times V_B \dots (8)$$

Para densidades resulta:

$$d_B = \left( \frac{S_w}{100} + 1 \right) \times d_s \dots (9)$$

El porcentaje de esponjamiento y el factor de esponjamiento están relacionados:

$$F_w = \frac{d_s}{d_B} = \frac{d_s}{\left( \frac{d_s}{d_B} + 1 \right) \times d_s} = \frac{d_s}{\frac{S_w}{100} + 1} \dots (10)$$

Y por consiguiente conociendo el % de esponjamiento de un material se conoce su factor de esponjamiento, y viceversa, sin más que operar en la expresión anterior.

#### 2.2.1.5. Eficacia Horaria

Se llama producción ideal u optimo (Peak) P (opt.) al mejor rendimiento que se puede alcanzar haciendo trabajos en una hora (60 minutos).

En las obras no se trabaja los 60 minutos de una hora, sino se puede llegar a trabajar de un 75% a un 80% del tiempo.

Por lo tanto, haciendo esas correcciones se tiene que la producción optima ( $P_{op}$ ) por un factor ( $F_h$ ) que varía de 0.75 a 0.80, esto será igual a la producción normal ( $P_n$ ).

$$P_n = \frac{50}{60} * P_{op} = 0,83 P_{op} = f_h * P_{op} \dots (11)$$

Simplicidad y simetría: en lo sucesivo P se referirá siempre a la Producción normal Ph.

La relación  $f_h$  entre los minutos trabajados y los 60' de una hora es lo que se denomina eficiencia horaria, tiempo productivo o factor operacional (operating factor). Los factores de los que depende la producción determinan la eficiencia horaria, como muestra la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Factores de eficiencia  $f_h$ .

CONDICIONES DE TRABAJO	ORGANIZACIÓN DE LA OBRA		
	BUENA	PROMEDIO	MALA
BUENAS	0.9	0.75	0.6
PROMEDIO	0.8	0.65	0.5
MALAS	0.7	0.6	0.45

Fuente: (Aguilar Andrés, 2015).

La mejora a la producción, puede incrementar los coeficientes, pero por ningún motivo estos coeficientes pueden ser mayores a 0,90.

Cuando se tiene condiciones desfavorables de trabajo, el tiempo real se ve reducido a 50% del tiempo que se dispone.

**Tabla 2.** Estímulo a la producción.

INCENTIVO	ORGANIZACIÓN	MIN/HORA	Fh
SI	BUENA	50	0.83
SI	MALA	42	0.7
SI	MALA	30	0.5

Fuente: (Aguilar Andrés, 2015).



Los equipos no trabajan una hora sino por el contrario varias durante el día todo el tiempo que dure el proyecto, que por lo general son varios meses.

Esto nos servirá para calcular la eficiencia media, y que los factores son variantes durante el desarrollo de la obra.

Por otro lado, se debe considerar todo tiempo perdido, puesto que el trabajo de un equipo sería ideal, esto sin considerar (los traslados y las esperas), haciendo un aproximado de 2016h que en la práctica son muy difícil de alcanzar, ya que el trabajo continuo no supera las 1600 horas por diversos factores como: daños en la máquina, la conservación del equipo cada cierto tiempo (horas) y los factores climáticos.

**Tabla 3.** Pérdida de tiempo.

METEOROLOGIA	9%
MANIOBRAS	8%
ESPERAS	11%
AVERIAS MECANICAS	6%
HABILIDAD DEL OPERADOR	15%
TOTAL MAXIMO	60%

**Fuente:** (Aguilar Andrés, 2015).

Antes de iniciar cualquier tipo de proyecto, Se recomienda realizar una investigación tentativa de las condiciones climáticas que tendrán impacto durante el desarrollo de la obra.

#### **2.2.1.6. Nociones y Fundamentos de Ingeniería en Movimiento de Tierras**

Son una serie de actividades que pueden ser secuenciales o llevarse a cabo paralelamente en las diferentes obras de construcción.

Los equipos seleccionados para la fase preliminar de movimiento de suelos, tienen la obligación de cumplir el tiempo establecido en la planificación. Además, los equipos de acarreo deben tener la capacidad de cumplir con el trabajo encomendado dentro de un plazo establecido con esto reducir costos a las actividades. Por otro lado, los equipos destinados a la excavación y carga de materiales deben terminar sus labores en un tiempo razonable.

##### **a) Operaciones Básicas en Movimiento de Tierras**

La fase preliminar de corte y relleno sigue un proceso que corresponde a la siguiente

secuencia:

- Soltar el material (si estuviese en banco, mediante voladura, desgarro o arranque)
- Excavación del material
- El proceso del carguío
- Acarreo o traslado del material
- Descarga del material
- Extendido, y compactación

#### **b) Maquinarias y Equipos en Movimiento de Tierras**

Lo siguiente son equipos:

- Tractores
- Excavadoras y Retroexcavadoras
- Cargadores frontales
- Equipos de transporte
- Motoniveladoras
- Compactadoras

#### **2.2.1.7. Equipos utilizados en Movimiento de Tierras**

##### **2.2.1.7.1 Tractores**

Son equipos hechos para la fase de la excavación y empuje, además de realizar otras funciones, estos equipos pueden desplazarse sobre neumáticos y sobre cadenas, sin embargo, para proyectos u obras es recomendable el uso de equipos sobre cadenas, por otro lado, los equipos sobre ruedas son recomendables para actividades industriales y agrícolas.



**Figura 1.** Tractor CAT sobre cadenas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.



**Figura 2.** Tractor CAT sobre llantas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.

### 2.2.1.7.2 Excavadoras y Retroexcavadoras

Estas maquinarias funcionan hidráulicamente, tiene una función netamente de excavación, es muy indispensable en la excavación de zanjas, donde puede cortar y cargar todo el material en la caja de un medio de transporte, por lo general se le denomina excavadora autopropulsada, y pueden desplazarse sobre llantas o cadenas, estos equipos tienen una capacidad de movilidad extraordinaria dentro de su eje, pueden girar 360°, en dos sentidos, otras funciones que posee es: excavar terrenos, carguío, giros con el material cargado, descarga.



**Figura 3.** Excavadora CAT sobre cadenas.

**Fuente:** Manual Caterpillar.



**Figure 4.**Excavadora CAT sobre llantas.

**Fuente:** Manual Caterpillar.

La retroexcavadora es un equipo que realiza actividades de excavación, cabe señalar que esta puede ser una variante de la excavadora sin embargo no es lo mismo, la diferencia entre estas dos maquinarias es que la retroexcavadora tiene una pala ocucharon adicional, además de tener algunas funciones adicionales aparte de realizar excavaciones o realizar rampas.



**Figura 5.** Retroexcavadora CAT sobre cadenas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.



**Figura 6.** Retroexcavadora CAT sobre llantas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.

### 2.2.1.7.3 Cargadores Frontales

Estos equipos también tienen funciones de excavación y carguío, sin embargo, la función de excavación lo realiza sobre material suave o soltados, además pueden acarrear materiales, pero en distancias cortas. En la actualidad para los problemas de acarreo y carguío de materiales los cargadores frontales nos dan una respuesta optima, esto permite poder disminuir los costos y se pueda aumentar en gran manera la productividad. Al igual que las maquinarias para excavación pueden ser sobre ruedas o sobre cadenas.



**Figura 7.** Cargador Frontal CAT sobre llantas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.



**Figura 8.** Cargador frontal CAT sobre orugas.  
**Fuente:** Manual Caterpillar.

#### 2.2.1.7.4 Equipos de Transporte

Los equipos de transporte o acarreo de materiales se encuentran en gran cantidad, modelos y marcas, estos equipos pueden alcanzar grandes distancias, y su función es exclusivamente la de acarreo de materiales sueltos, dentro de estos equipos encontramos a los camiones, volquetes, d mperes y otras variedades.



**Figura 9.** Volquete JAC de 15m<sup>3</sup>.

**Fuente:** Manual Equipos pesados.

#### 2.2.1.7.5 Motoniveladoras y Compactadoras

La motoniveladora tiene una función netamente de nivelar el terreno, tiene escarificadores esto nos sirve cuando se encuentra con un terreno solido o duro, estos equipos por lo general son de tres ejes, otras funciones es la de pulir o refinar los taludes con distintas inclinaciones.

La compactadora es un equipo autopropulsado sobre llantas y cuenta con distintostipos de rodillos, y esta variedad nos permite que el procedimiento de compactación de tierras sea mucho más fácil y rápida



**Figura 10.** Motoniveladora CAT.

**Fuente:** Manual Caterpillar.

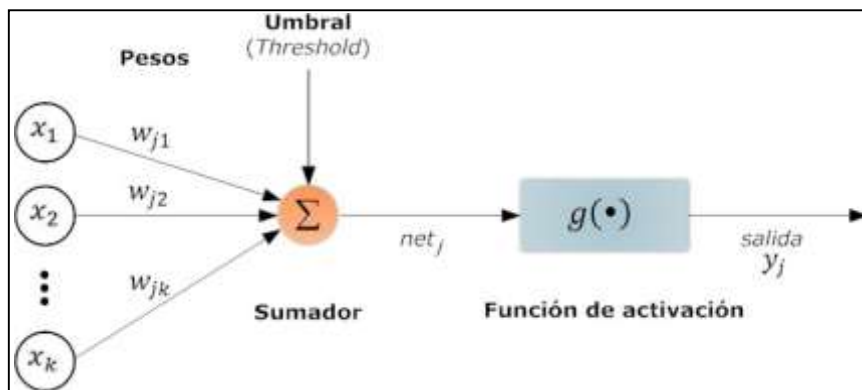


**Figura 11.** Compactadoras.

Fuente: Manual Equipos pesados.

### 2.2.2. Redes Neuronales Artificiales

Las RNAs son patrones rigurosos que intentan copiar la operatividad del sistema nervioso, como la mayoría de modelos, esta realiza un resumen de un organizador real que imitan y solo toman las variantes de mayor importancia para la solución de una labor encomendada. (Federico Bertona, 2005).



**Figura 12.** Configuración de una neurona artificial.

Fuente: (Federico Bertona, 2005).

En la figura podemos observar una Red Neuronal básica donde  $X_i$ , son las neuronas de entrada que ingresan información estandarizada que siendo procesados de acuerdo a estructuras conformadas por el diseños del sistema se obtendrán información de los pesos sinápticos  $W_i$  e información de las capas ocultas “O”, teniendo como resultado una neurona de salida que podrá ser la variable que se está buscando o la variable de salida que servirá para el entrenamiento.



### 2.2.2.1. Características de las RNAs

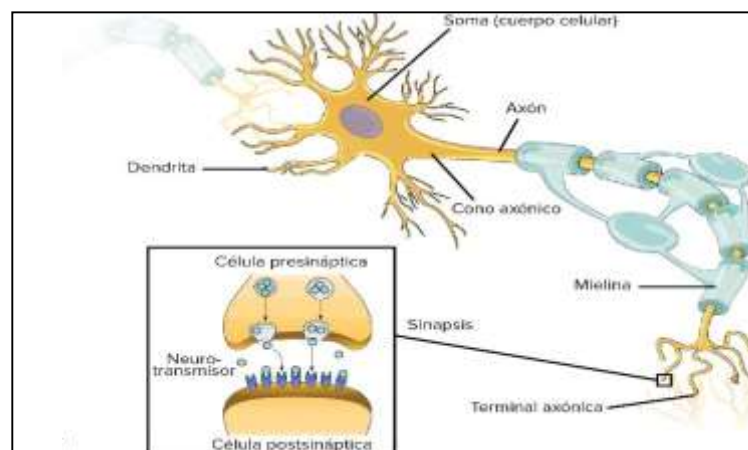
- ❖ **Aprendizaje Adaptativo:** Es la capacidad que tienen las RNAs de asimilar o en todo caso aprender a realizar actividades, basándose en entrenamientos o una experiencia preliminar.
- ❖ **Auto-Organización:** En la etapa de entrenamiento o aprendizaje, esta es capaz de producir su misma organización a partir de los datos que se le ingresa.
- ❖ **Tolerancia a Fallos:** dentro del modelo se puede deshacer una red o fallar alguna de estas, pero aun así su capacidad de funcionamiento no sufre grandes cambios, incluso cuando estas pudieran sufrir un gran daño.
- ❖ **Operación en tiempo Real:** La realización de los procesos complejos se pueden dar de manera paralela y forma muy rápida.

### 2.2.2.2. Modelo Biológico de una Neurona natural y artificial

Una neurona artificial está conformada por un cuerpo celular (soma), dendritas y el axón que tienen funciones en conjunto para llegar a la sinapsis que es la asociación entre neuronas. (Federico Bertona, 2005),

Conforma:

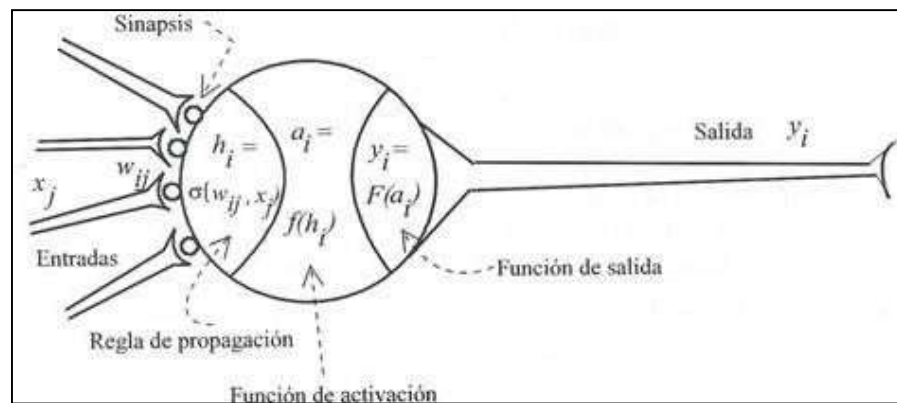
- o **SOMA:** Cuerpo celular, se encarga de las actividades metabólicas, recibe información de otras neuronas por medio de la sinapsis.
- o **AXÓN:** Encargada de transportar la señal eléctrica.
- o **DENDRITAS:** Son estructuras que parten del Soma con ramificaciones que funcionan como receptores de señal de otras neuronas.
- o **SINAPSIS:** Es la conexión entre neuronas.



**Figura 13.** Modelo de una Neurona Biológica y el proceso de la sinapsis.  
**Fuente:** (Federico Bertona, 2005).

### 2.2.2.3. Modelo de una Neurona Artificial

La neurona artificial es un sistema que realiza un proceso simple, pero todo esto a partir de información de entrada para generar una salida. En este proceso podemos encontrar las neuronas de entrada que reciben toda la información, las neuronas ocultas donde ocurren la sinapsis y neuronas de salida que al recibir la información procesada de las neuronas ocultas las emite al exterior. (Federico Bertona, 2005).



**Figura 14.** Modelo de una Neurona Artificial.  
**Fuente:** (Federico Bertona, 2005).

**Donde:**

- **Conjunto de entradas,  $x_j(t)$ :** El conjunto de información de entrada pueden provenir de otras neuronas o del externo.
- **Pesos sinápticos,  $w_{ij}$  :** Aquí se da la denominada comunicación entre neuronas  $i$  y  $j$ .
- **Regla de propagación,  $\sigma_i(w_{ij}, x_j(t))$ :** En esta fase se da la estructuración de la información de las diferentes neuronas artificiales.
- **Función de activación,  $f_i(a_i(t-1), h_i(t))$ :** Se da la activación de la neurona  $i$ .
- **Función de activación,  $F_i(a_i(t))$ :** Para concluir la solución de la neurona  $i$ .

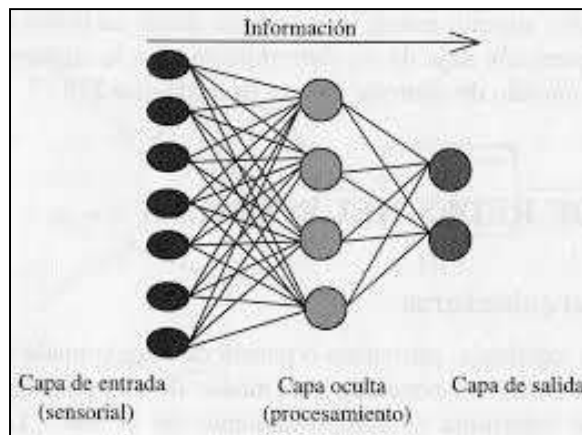
En la figura anterior se puede describir la estructura básica de una RNA.

### 2.2.2.4. Topología de una RNA

Podemos definir a la arquitectura como la topología, estructura o un patrón enlazado de una RNA, en la misma línea se podría decir que viene a ser el arreglo y distribución de neuronas en el interior de la red, ahora bien, la conexión de nodos dentro de una red de neurona artificial se denomina proceso sináptico, por otro lado, la agrupación de neuronas nos representa capas, y

la agrupación de estas una red.

Dentro de las capas podemos diferenciar tres tipos de capas las de entrada, las ocultas y las de salida. Cuando una red está conformada por una capa podemos denominarlo monocapa, pero si en la red hay varias capas, ya se habla de redes multicapas.



**Figura 15.** Arquitectura unidireccional con tres capas.

**Fuente:** (Federico Bertona, 2005)

#### 2.2.2.5. Clasificación de una RNA

La clasificación de las RNAs se puede dar de distintas formas, sin embargo, las que se deberían considerar para tener un mejor entendimiento son las siguientes, por su Arquitectura, por el tipo de aprendizaje y por sus aplicaciones. (Charytoniuk, 2000).

##### Según su arquitectura:

- Monocapa
- Multicapa
- Recurrentes

##### Según su Aprendizaje:

- Estrategia de aprendizaje
  - ✓ Supervisado
  - ✓ No supervisado
  - ✓ Reforzado
- Tipología de aprendizaje
  - ✓ Estocástico
  - ✓ Por corrección de error

- ✓ Hebbiano
- ✓ Competitivo y cooperativo

#### **Según su arquitectura:**

- Memoria asociativa
- Optimización
- Reconocimiento de patrones
- Mapeo de características
- Predicción
- Clasificación

#### **2.2.2.6. Eficiencia del Modelo**

Las pruebas de precisión se deben basar en resultados que se han obtenido en la fase de prueba o nuevos datos que también nos servirán para validar el modelo, en fin, para determinar el indicador de desempeño de un modelo bastará con analizar la función de error. Según indica (Ceylan & Gopalakrishnan, 2014),

Indican que para obtener unas evaluaciones confiables debemos hacer gráficas de los valores que obtenemos en relación a los valores predichos y hallar los indicadores de ajustes y de correlación, esto no es más que determinar ( $r^2$ ). (Beltran & Romo, 2014),

#### **2.2.2.7. NeuralTools V 7.6**

El programa de NeuralTools es un programa auxiliar de las RNAs para Excel, es un programa dinámico que se puede trabajar en todo el dominio de las hojas de Excel. (Tools, 2015).

Neural Tools brinda dos mundos interesantes: la sencillez en cuanto a su uso y los informes de Microsoft Office, las predicciones sólidas y precisas de las redes neuronales.

##### **2.2.2.7.1. Prueba de Estudio del Software NeuralTools**

Las redes neuronales almacenan y comprenden una gran cantidad de datos, esto con el propósito de tratar de imitar las funciones de un cerebro, las RNAs se usan en problemas de dos clases que son las de distribución y los aritméticos.

##### **2.2.2.7.2. Aplicación del Software NeuralTools Y RNAs**

La aplicación del NeuralTools es secuencial de la siguiente manera, en primer lugar, se alistan los datos que serán ingresados, luego se realiza el ensayo de entrada, para lo cual se identifica las variantes, en seguida se realiza la prueba que nos determinara si la previsión esta correcta, finalmente se realiza la previsión final con la cual la red está lista para el pronóstico con datos nuevos.

## **2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

### **✓ Producción**

También conocida como rendimiento de una máquina, es la relación de la cantidad de trabajo que se efectúa en un tiempo determinado, esto por lo general es una hora.

### **✓ Movimiento de Tierra**

Se denomina movimiento de tierras al grupo de actividades que se realizan en la superficie de un terreno que por lo general es inalterada o natural, con el objetivo de modificar la composición del terreno o contribuir de materiales a proyectos públicos.

### **✓ Eficacia Horaria**

Se llama producción ideal u optimo (Peak) P (opt.) al mejor rendimiento que se puede alcanzar haciendo trabajos en una hora (60 minutos).

### **✓ Ciclo de Trabajo**

Es un intervalo de tiempo empleado en prendido, función, paros y algunos tiempos perdidos o muertos de una maquinaria

### **✓ Red Neuronal Artificial**

Las RNAs son un paradigma de aprendizaje y procesamiento de manera automática, que imita el funcionamiento del sistema nervioso, específicamente hablamos de las neuronas y las conexiones que esta tenga dentro del cerebro del hombre, además intenta originar modelos con las cualespodamos solucionar obstáculos que son muy complejos de resolver por medio de procedimientos algorítmicas habituales.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- Las redes neuronales artificiales serán predictoras del rendimiento de maquinarias para movimiento de tierras.

## 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- Se recopilará información para una base de datos desarrollando la estructura de una Red Neuronal Artificial y predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.
- La topología de una Red Neuronal Artificial será diseñada y los pesos serán calculados para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.
- El rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales será desarrollado para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Redes Neuronales Artificiales

### 2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Rendimiento de maquinarias para movimiento de tierras.

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**X = Redes Neuronales Artificiales.**

Paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en el funcionamiento del sistema nervioso humano. Una red neuronal está compuesta por un conjunto de neuronas interconectadas entre sí mediante enlaces.

Cada neurona toma como como entradas las salidas las neuronas antecesoras, multiplica cada una de esas entradas por un peso y mediante una función de activación calculan una salida. Esta salida es a su vez entrada de la neurona a la que precede. La unión de todas estas neuronas interconectadas es lo que compone la red neuronal artificial.

Estas redes no son más que redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.

**Y = Rendimiento de maquinarias para movimiento de tierras**

La Producción o Rendimiento de una máquina es el número de unidades de trabajo que realiza

en la unidad de tiempo, generalmente una hora: Producción = Unid. trabajo / hora m<sup>3</sup>

Las unidades de trabajo o de obra más comúnmente empleadas en un movimiento de tierra son el **o** la **t**, pero en otras actividades de la construcción.

Se usan otras más adecuadas, como el metro lineal en la construcción de zanjas o de pilotes o el m<sup>3</sup> en las pantallas de hormigón. La unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La Operacionalización de variables relaciona cada variable con sus dimensiones e indicadores para tener un mejor panorama de la investigación.

**Tabla 4.** Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Redes Neuronales Artificiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos</li> <li>• Arquitectura del modelo de una RNA</li> <li>• Rendimiento y Nivel de precisión del modelo</li> </ul>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Rendimientos de maquinarias para movimiento de tierras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficacia horaria</li> <li>• Productividad</li> <li>• Control del costo unitario de cada actividad</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de la investigación**

La investigación científica es un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos, que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, formulación, análisis y modificación de las hipótesis, es dinámica cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas, cuantitativa, cualitativas y mixta.

Por lo que considero la investigación cuantitativa por lo que se utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar mediante datos numéricos. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación usada fue la aplicada, porque se utilizaron conocimientos aplicados ya discutidos, para construir y aplicarlo en el campo con el propósito de dar solución a los problemas sociedad. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014);

#### **3.3. Nivel de investigación**

Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. En el caso de la tesis fue descriptiva, porque se describieron un conjunto de pasos sistémicos para llegar a la solución del problema planteado y obtener conclusiones de ello. (Hernández Sampieri y otros, 2014)

#### **3.4. Diseño de investigación**

Fue, no experimental, porque los cálculos son comprobados por fórmulas matemáticas, estos resultados serán comparadas con los resultados obtenidos, por otros métodos de cálculo. Por último, se dice que los diseños de corte transversal son estudios de datos en un solo punto del tiempo de la



investigación, por lo expuesto la investigación tiene un diseño experimental de corte transversal.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población es un conjunto de un fenómeno de estudio, incluye todas sus unidades de análisis entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para determinado estudio integrado un grupo N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación. La población en la presente investigación está conformada por los rendimientos de los equipos para las labores corte y relleno, excavación y extendido, carguío y acarreo en la zona sierra. (Tamayo Tamayo, 2003),

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. La muestra en este estudio serán los rendimientos de los equipos que se utilizan para acciones de corte y relleno, excavación y extendido. De acuerdo a (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

### **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS**

#### **3.6.1. Técnicas**

Las técnicas comprenden métodos y diversas actividades que le permiten al investigador obtener información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación, la observación requiere que el investigador tenga acceso directo al suceso de estudio y esté presente con este, es decir, que sea testigo de todas las manifestaciones del evento. Por la cual la técnica que se llevara a cabo la observación. Según (J Hurtado de Barrera, 2010),

#### **3.6.2. Instrumentos**

También (J Hurtado de Barrera, 2010), señala que la recolección de datos a través de ciertas técnicas e instrumentos implica tres procesos, los cuales no siempre aparecen juntos en el mismo instrumento: la captación, el registro y la medición.

A continuación, se enumera los instrumentos a utilizar:

##### **3.6.2.1. Formatos Excel**

3.6.2.2. Software NeuralTools

3.6.2.3. Fichas de campo

3.6.2.4. Bibliografía de rendimientos de máquina.

### **3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

(Hurtado de la Barrera, 2010), señala que del proceso de construcción depende en gran medida el ajuste de este a las necesidades de la investigación, y esto se ve reflejado en la validez y en la confiabilidad del mismo. Para que la información obtenida acerca de un mismo evento, con diferentes instrumentos, pueda ser utilizada en varias situaciones, e incluso se pueden hacer comparaciones entre unas investigaciones y otras, la medición debe satisfacer ciertas condiciones: en primer lugar, los diferentes instrumentos deben medir la característica en cuestión y no otrasimilar; en segundo lugar, cada instrumento debe arrojar los mismos datos (con un mínimo error) cuando se vuelve a medir la característica en situaciones similares. A la primera condición se le denomina validez, a la segunda, confiabilidad. Un mismo instrumento debe cumplir con los requisitos de validez y confiabilidad

#### **3.7.1. Validez**

También (Hurtado de la Barrera, 2010), fija que la validez se refiere al indicador en que un instrumento realmente mide lo que pretende medir, mide todo lo que el investigador quiere medir y mide sólo lo que se quiere medir, (Thorndike, 1980). A medida que el evento se conceptualiza de manera más abstracta, es más difícil lograr la validez. La validez está en relación directa con la capacidad del instrumento para captar de manera selectiva las manifestaciones del evento de estudio. Para el presente estudio se aplicará la prueba de validez del instrumento (Ficha de datos de campo).

#### **3.7.2. Confiabilidad**

Por otro lado (Carrasco Días, 2005), La confiabilidad es la cualidad o propiedad de un instrumento de medición, que le permite obtener los mismos resultados, al aplicarse una o más veces al mismo sujeto o grupos de sujetos en diferentes periodos de tiempo, sin duda la confiabilidad es un atributo muy importante en los instrumentos de medición, ya que de ello depende la veracidad y objetividad de los datos obtenidos, siendo obvio suponer que la ausencia de ella conducirá a resultados ambiguos y sesgados.

### **3.8. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para proceder a la recolección de datos se cuenta con actividades estrechamente relacionadas entre sí, por tanto, se recomienda la siguiente secuencia de para una buena recolección de información:

- ✓ Seleccionar el instrumento de recolección de la información.
- ✓ Aplicar el instrumento a la muestra de estudio.
- ✓ Finalmente analizar toda la información.

La información será recopilada de bibliografía con datos de utilidad de máquinas, también se tomará datos de campo mediante fichas, que serán procesadas para luego comparar la confiabilidad del modelo planteado.

### 3.9. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los métodos de análisis de datos nos permiten organizar, describir y analizar los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

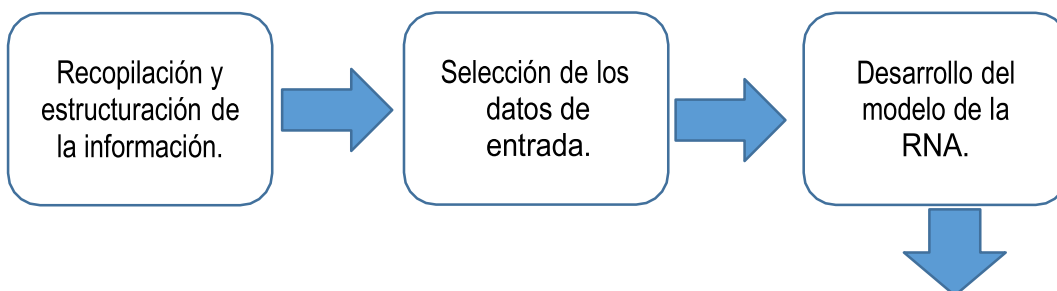
Organizar los datos, implica realizar una matriz de tabulaciones de acuerdo al avance de recopilación de datos, y se van almacenando a medida que se obtiene la información en los diferentes ensayos durante el tiempo de estudio.

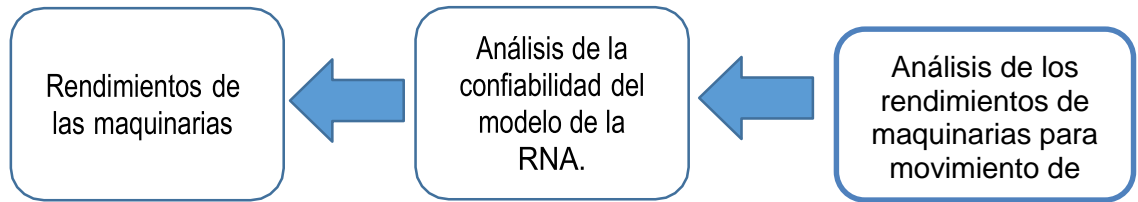
Para predecir los rendimientos de las maquinarias en operaciones de movimiento de tierras, se usará el software NeuralTools V 7.6, la base de datos son las características o factores que intervienen en el rendimiento, sin recurrir a factores de corrección dados en la bibliografía.

Para corroborar los datos se utilizará la estadística descriptiva, ya que es una herramienta muy importante que nos permitirá medir con mayor precisión.

La descripción y análisis de la información se realizó utilizando la técnica de análisis cuantitativo, que nos permitió predecir los rendimientos de las maquinarias usando RNAs.

### 3.10. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

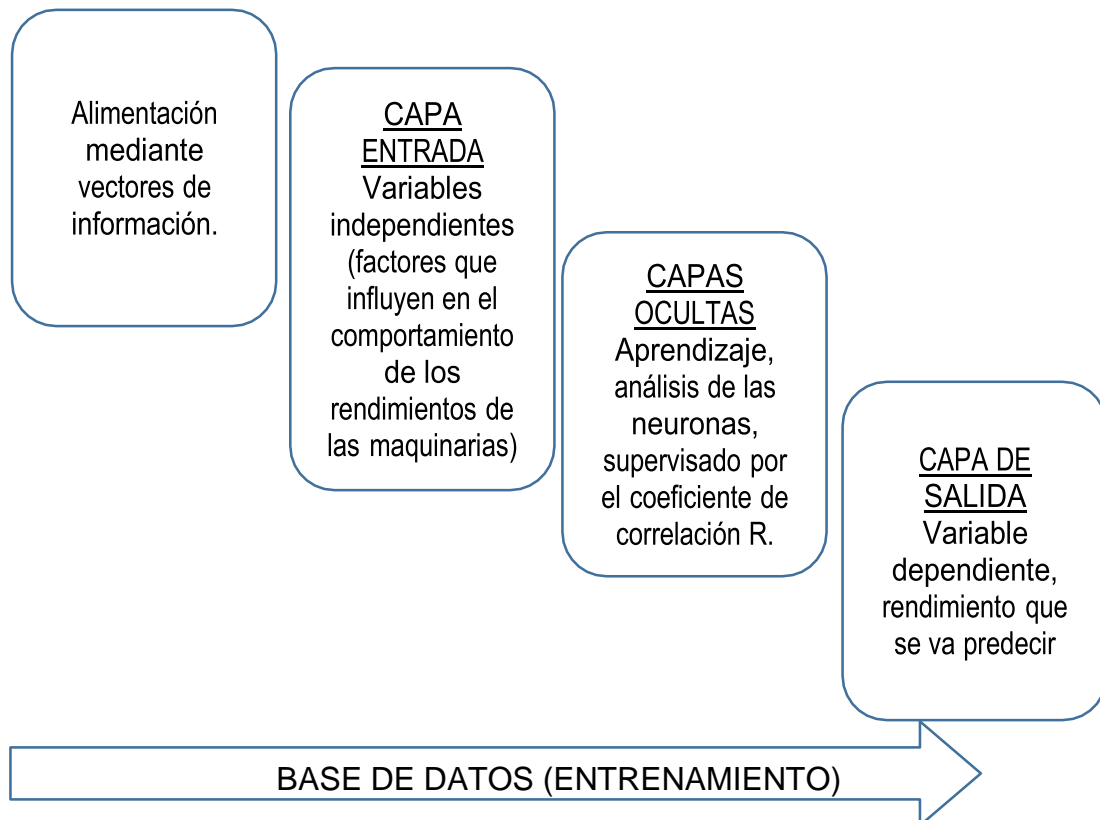




**Figura 16.** Desarrollo Metodológico de la Investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

La metodología de desarrollo de la presente investigación se realizó de la siguiente manera: recopilación y estructuración de la información, selección de los datos de entrada, desarrollo del modelo de la RNA, análisis de los rendimientos de maquinarias para movimiento de tierras, análisis de la confiabilidad del modelo de la RNA. Finalmente tenemos el algoritmo de predicción efectiva de los rendimientos de la maquinaria para movimiento de tierras.



**Figura 17.** Procedimiento del desarrollo del modelo neuronal.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.10.1. Recopilación y Estructuración de la Información

Para poder recolectar y conformar la base de datos, se efectuó revisar la bibliografía sobre las actividades preliminares de movimiento de tierras, en este caso se tomó datos del libro “Costos y Tiempos en

Carreteras” de Walter Ibáñez, los datos a tener en cuenta son los rendimientos estándar de los equipos mecánicos, que corresponden a las actividades de movimiento de tierras, las maquinarias que se consideraran para la predicción de rendimientos son los siguientes: Tractores, Cargadores Frontales, y excavadoras. El autor considera factores de corrección que varían de acuerdo a diversas características y factores que intervienen en el proceso del movimiento de tierras, no obstante, para la predicción la presente investigación planteara variables de entrada sencillas y económicas, y que sean fáciles de obtener. Como resultado de las consideraciones señaladas anteriormente se pudo recopilar las características de las maquinarias que son las variables de entrada y son: Equipo/Modelo, Potencia, Condición del Lugar, Climatología, Tipo de Material, Función, Rendimiento Teórico, y el Rendimiento Real, este último vendría a ser la variable de salida, la climatología y la función son asumidos por el investigador, todo esto a base de toda la información recopilada de las investigaciones realizadas a cerca de rendimientos de maquinarias, para la validación de los modelos se tuvieron que recurrir a datos de tesis de investigaciones realizadas, ya que en la zona actualmente no se tienen actividades de movimiento de tierra.

### 3.10.1.1. Descripción de las Actividades de Movimiento de Tierras

Ahora mismo, presentamos una descripción resumida de las variables que intervienen en los rendimientos de los equipos, en las actividades de movimiento de tierras.

Cabe considerar que, por otra parte, los datos para el proceso de entrenamiento, prueba y validación del modelo de red neuronal son tomados de las maquinarias del libro de “Costos y Tiempos en Carreteras”, y demás bibliografía encontrada, en esta perspectiva la presente investigación recopiló las características y factores que intervienen en los rendimientos de las maquinarias en las operaciones de movimiento de tierras.

Además, se presenta la relación de los equipos en las actividades de movimiento de tierra, cabe señalar que estos equipos son los más utilizados en la fase preliminar de corte y relleno, excavación, carguío, empuje y extendió de los materiales.

**Tabla 5.** Tractores utilizados en el entrenamiento, prueba y validación.

Item	Equipos-Descripción	Marca	Capacidad/ Potencia	Función
1	Tractor S/Oruga D9L	CATERPILLAR	460	Empuje
2	Tractor S/Oruga D8L	CATERPILLAR	335	Empuje
3	Tractor S/Oruga D8T	CATERPILLAR	312	Corte y Relleno, Excavación y Empuje

4	Tractor S/Oruga D8R	CATERPILLAR	305	Corte y Relleno, Excavación y Empuje
5	Tractor S/Oruga D8K	CATERPILLAR	300	Empuje
6	Tractor S/Oruga D7R	CATERPILLAR	240	Empuje
7	Tractor S/Oruga D7E	CATERPILLAR	238	Empuje
8	Tractor S/Oruga D7G	CATERPILLAR	200	Empuje
9	Tractor S/Oruga D6T	CATERPILLAR	202	Corte y Relleno, Excavación y Empuje
10	Tractor S/Oruga D6R	CATERPILLAR	198	Empuje
11	Tractor S/Oruga D6N	CATERPILLAR	166	Empuje
12	Tractor S/Oruga D6D	CATERPILLAR	140	Empuje
13	Tractor S/Oruga D6K	CATERPILLAR	130	Empuje
14	Tractor S/Oruga D155	KOMATSU	354	Empuje
15	Tractor S/Oruga D85	KOMATSU	264	Empuje
16	Tractor S/Oruga D65	KOMATSU	205	Corte y Relleno, Excavación y Empuje

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 6.** Excavadoras utilizadas en el entrenamiento, prueba y validación.

Item	Equipos-Descripción	Marca	Capacidad/ Potencia	Función
1	Excavadora S/Oruga 320 DL/CHINO	CATERPILLAR	138	Corte y Excavación
2	Excavadora S/Oruga 320 DL/JAPON	CATERPILLAR	148	Corte y Excavación
3	Excavadora S/Oruga 320 D/CHINO	CATERPILLAR	138	Corte y Excavación
4	Excavadora S/Oruga 320 D/JAPON	CATERPILLAR	148	Corte y Excavación
5	Excavadora S/Oruga 322 DL	CATERPILLAR	168	Corte y Excavación
6	Excavadora S/Oruga 325 DL	CATERPILLAR	204	Corte y Excavación
7	Excavadora S/Oruga 330 DL	CATERPILLAR	211	Corte y Excavación
8	Excavadora S/Oruga 336 DL	CATERPILLAR	268	Corte y Excavación
9	Excavadora S/Oruga PC 350	KOMATSU	247	Corte y Excavación
10	Excavadora S/Oruga EC 220	VOLVO	156	Corte y Excavación

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.10.1.2. Elementos de la base de datos

Para la conformación de la base de datos se considera toda la información que setenga a disposición, en seguida presentamos los datos que nos permitan formar la base de datos final, la información se obtendrá de la bibliografía expuesta anteriormente, y asimismo de las obras “CIERRE DE MINA PACHACUTE – LA QUINUA – YANACOCCHA – CAJAMARCA”. Los rendimientos de las maquinarias en el proceso de movimiento de tierras y los factores que intervienen en ella que se obtuvieron nos servirán para el aprendizaje o entrenamiento, prueba y validación.

**Tabla 7.** Base de datos de los componentes.

Tipo de Información	MARCA/MODELO	CAPACIDAD	ZONA DE TRABAJO (SIERRA A DIFERENTES ALTITUDES)	SOLEADO/ NUBLADO/LLUVIOSO	CORTE Y RRELENO /EXCAVACION /EMPUJE	TIPO DE MATERIAL	RENDIMIENTO PREVISTO
EQUIPO	X						
POTENCIA		X					
CONDICIONES DEL TRABAJO			X				
CLIMATOLOGIA				X			
FUNCION					X		
MATERIAL						X	
RENDIMIENTO TEORICO							X

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.10.1.3. Registro de los factores que influyen en el rendimiento de los equipos en las actividades de movimiento de tierras

El registro de los factores que influyen en el rendimiento de los equipos y los rendimientos se describen a continuación, cabe señalar que estos factores pueden variar de acuerdo a situaciones que se presentan en cada proyecto, sin embargo, los factores que tienen mayor impacto en el rendimiento serán considerados para el desarrollo del modelo neuronal.

#### a) Marca y modelo del equipo

Las marcas y modelos de las maquinarias más utilizados en las operaciones de movimiento de tierras son las siguientes; tenemos los tractores s/orugas Caterpillar en los modelos D6, D7, D8, los tractores Komatsu en los modelos D65, D85, D155; las excavadoras Caterpillar los modelos 320 DL, 320 D, 322 DL, 325 DL, 330DL, 336DL; la excavadora Komatsu en el modelo PC 350, y la excavadora Volvo en el modelo EC220. Si bien es cierto se tienen distintas marcas y modelos, pero las más utilizadas son las mencionadas anteriormente, ellas se utilizan de acuerdo a las actividades que se requieran, por lo tanto, es indispensable considerar en la base de datos ya que el rendimiento depende del equipo y el modelo.

#### b) Potencia del motor

La potencia de una maquinaria es la energía del motor en actividad, que tiene la capacidad de realizar una labor, considerando una velocidad determinada, la potencia

es indispensable para realizar las siguientes acciones: jalar, empujar o levantar una cierta carga. Para poder calcular la potencia de una maquina se debe considerar la disminución de ella que se produce a causa de la fricción interna del motor y las pérdidas ocasionadas por las condiciones donde se desarrolla las actividades, cabe señalar que también este factor es determinante en el rendimiento de un equipo.

**c) Condiciones del trabajo**

Las condiciones de trabajo son otro punto a considerar ya que los trabajos desarrollados se dan sobre una infinidad de condiciones sin embargo consideraremos las más críticas y las que tienen mayor influencia en los rendimientos de las maquinarias. La altura del terreno sobre el nivel del mar es un punto que se debe tomar con mucho cuidado, puesto que tiene impacto en las potencias de los motores, por lo tanto, el rendimiento varía de acuerdo a las altitudes, otro punto a considerar es la topografía y la naturaleza del terreno que si bien es cierto no tienen mucha influencia, sin embargo, también afectan en el normal desarrollo de las actividades de movimiento de tierras.

**d) Climatología**

La climatología es otro punto que no se debe pasar por alto, puesto que, durante un día de trabajo se puede presentar una variación del tiempo atmosférico, esto afecta el rendimiento de cada equipo sobre todo en épocas de mucha precipitación, en la cual las labores de movimiento de tierra se hacen dificultosos.

**e) Función que desempeña cada equipo**

Las funciones que realiza cada maquinaria de acuerdo a sus características son las siguientes: Los tractores o Bulldozer son equipos netamente de empuje sin embargo también pueden desarrollar actividades de corte y relleno, excavación y extendido, por otro lado, las excavadoras tienen la función exclusiva de excavación, pero también pueden realizar actividades de corte, además tenemos a los cargadores frontales que se encargan de la carga y descarga, los volquetes o camiones para el acarreo o transporte de materiales. Otros equipos complementarios para el extendido y apisonado del terreno. Estas funciones que desarrolladas por cada maquinaria también intervienen en los rendimientos de ellas.



**f) Material**

El tipo de material o en la condición que se encuentren son otro factor a tomar en cuenta, el tipo de material puede ser material firme (rocas) en banco, o rocas sueltas, o materiales sueltos, y estas se podrían encontrar en diferentes condiciones, por tanto, cada una de estas condiciones o tipos de materiales influyen en los rendimientos de las maquinarias.

**g) Rendimiento Teórico**

El rendimiento teórico también llamado nominal o máximo, es aquel rendimiento alcanzado solo en excelente y óptimas condiciones de trabajo y un estupendo estado técnico de la maquinaria, y que esta no tenga tiempos muertos ni interrupciones. Este rendimiento es dado por el fabricante del equipo en los catálogos para su venta, y por lo general en maquinaria pesada sufre una disminución con la distancia.

**h) Rendimiento Real**

Es el rendimiento que la maquinaria puede llegar a alcanzar en las condiciones reales y comunes de cada zona de trabajo, en donde no necesariamente existe lo ideal, al contrario, se tiene tiempos muertos por diversas causas, que pueden ser mantenimientos, condiciones climáticas, desperfectos mecánicos, etc., por lo cual este rendimiento será mucho menor que el nominal.

**3.10.2. Análisis Preparatorio**

Luego de conformar la base de datos, se identificó las variables de entrada (independientes) y las variables de salida (dependientes), además se conformará los datos de entrada y salida en el software NeuralTools.

**3.10.2.1. Reconocimiento de datos de entrada y salida**

Se identificaron las variables independientes (datos de entrada) y las dependientes (datos de salida) de nuestra base de datos desarrollada.

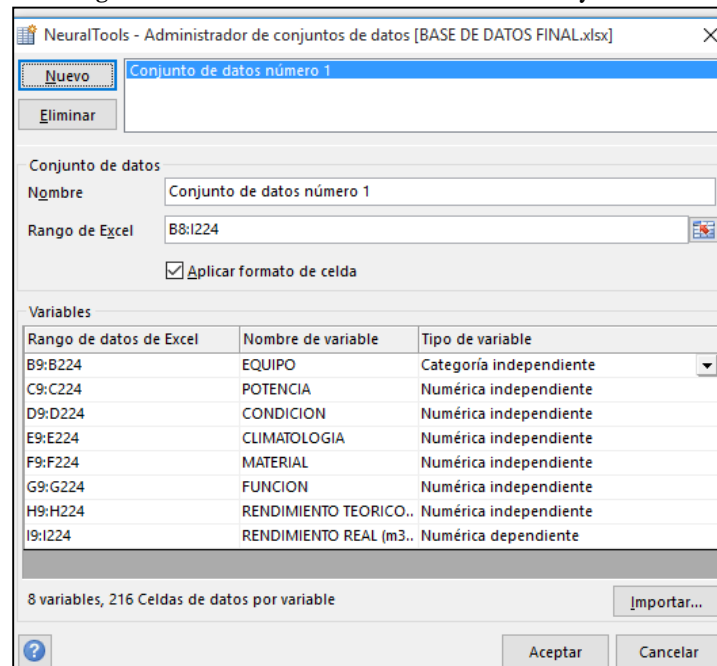
Se identificaron las variables independientes (datos de entrada) y las dependientes (datos de salida) de nuestra base de datos desarrollada.

**Tabla 8.** Datos de entrada y salida.

Tipo de Información	Equipo	Potencia	Condiciones De Trabajo	Climatología	Material	Función	Rendimiento Teórico	Rendimiento Real
Variable de entrada (independiente)	X	X	X	X	X	X	X	
Variable de salida (dependiente)								X

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 18.** Reconocimiento de datos de entrada y salida.



Fuente: Software NeuralTools.

### 3.10.2.2. Conformación de datos y el proceso de aprendizaje de la red neuronal artificial con el software NeuralTools

Como podemos notar, una vez que ya se ha conformado la base de datos, tanto independientes y dependientes como vemos en la **Figura 18**, se realiza el proceso de aprendizaje (entrenamiento) del modelo neuronal, para luego hacer la predicción de los rendimientos de las maquinarias para las actividades de movimiento de tierras.

**Figura 19.** Datos independientes y dependientes de los tractores.

Fuente: Software NeuralTools.

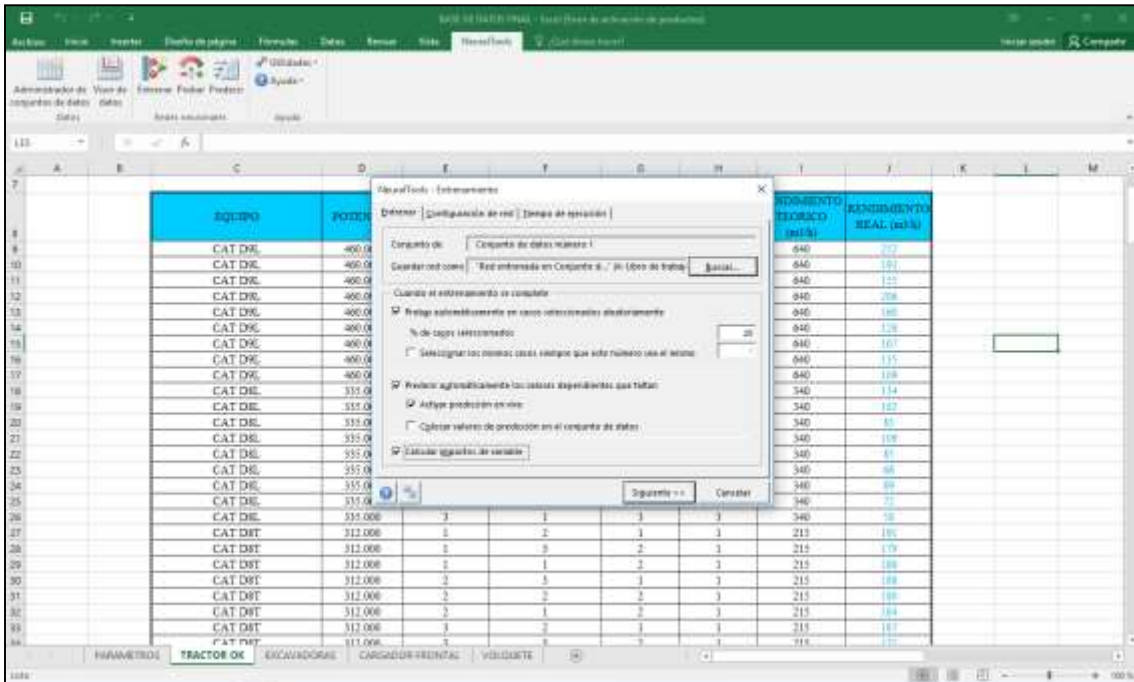


Figura 20. Ventana de configuración de entrenamiento para los tractores.

Fuente: Software NeuralTools.

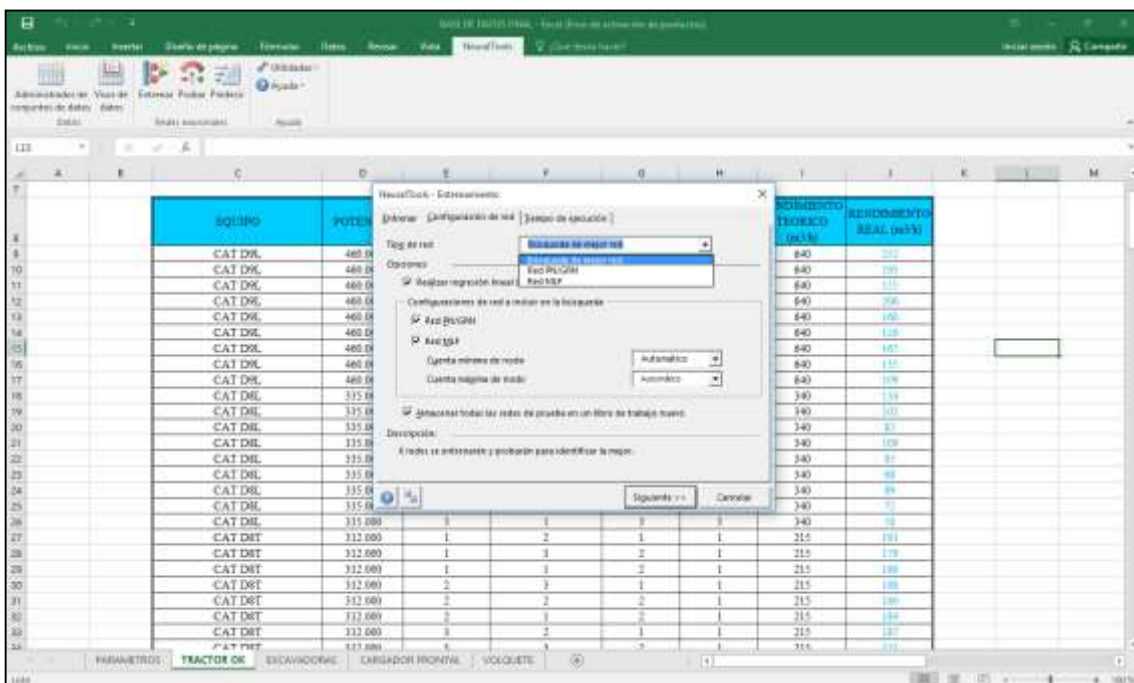
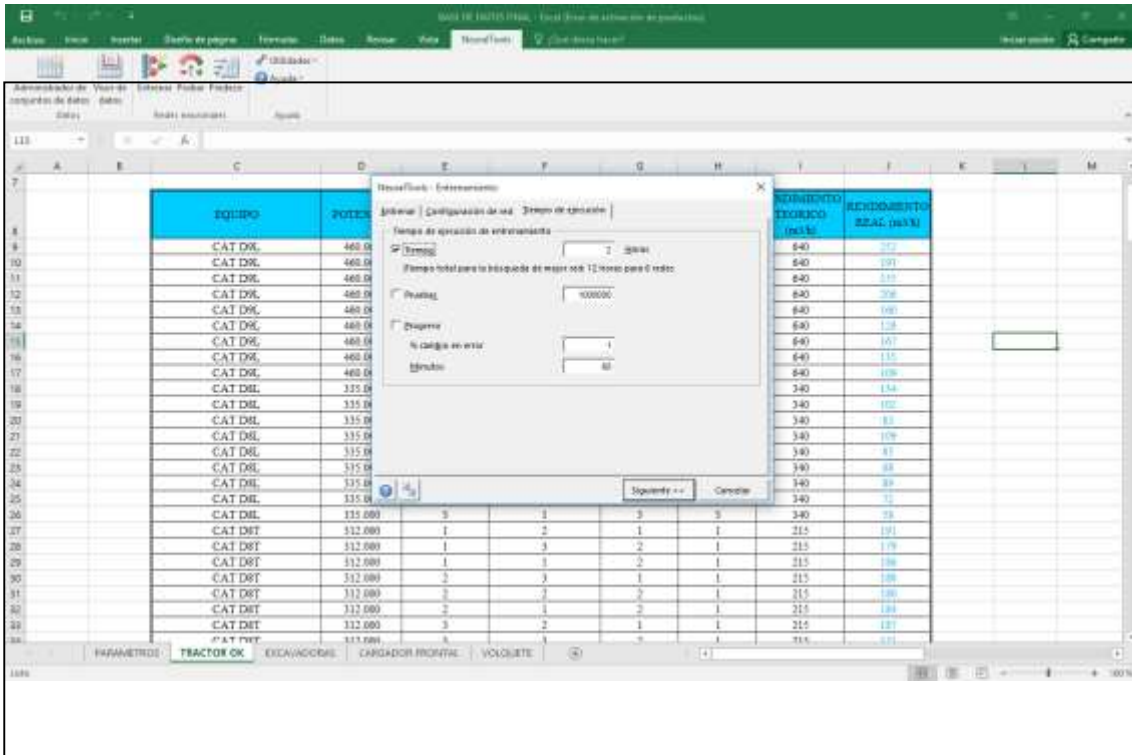


Figura 21. Ventana de configuración de red para los tractores.

Fuente: Software NeuralTools.



**Figura 22.** Ventana de configuración de tiempo de ejecución para los tractores.  
**Fuente:** Software NeuralTools

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m <sup>3</sup> /h)	RENDIMIENTO REAL (m <sup>3</sup> /h)
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	3	1	1	150	98
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	2	2	2	150	90
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	1	3	3	150	83
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	3	1	1	150	93
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	2	2	2	150	88
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	1	3	3	150	79
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	3	1	1	150	91
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	2	2	2	150	85
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	1	3	3	150	89
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	3	1	1	150	97
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	2	2	2	150	92
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	1	3	3	150	87
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	3	1	1	150	94
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	2	2	2	150	87
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	1	3	3	150	82
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	3	1	1	150	91
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	2	2	2	150	84
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	1	3	3	150	80
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	3	1	1	150	96
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	2	2	2	150	85
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	1	3	3	150	73
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	3	1	1	150	91
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	2	2	2	150	80
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	1	3	3	150	66
CAT 320 D/CHINO	138.000	3	3	1	1	150	88

**Figura 23.** Datos independientes y dependientes de las excavadoras.  
**Fuente:** Software NeuralTools.

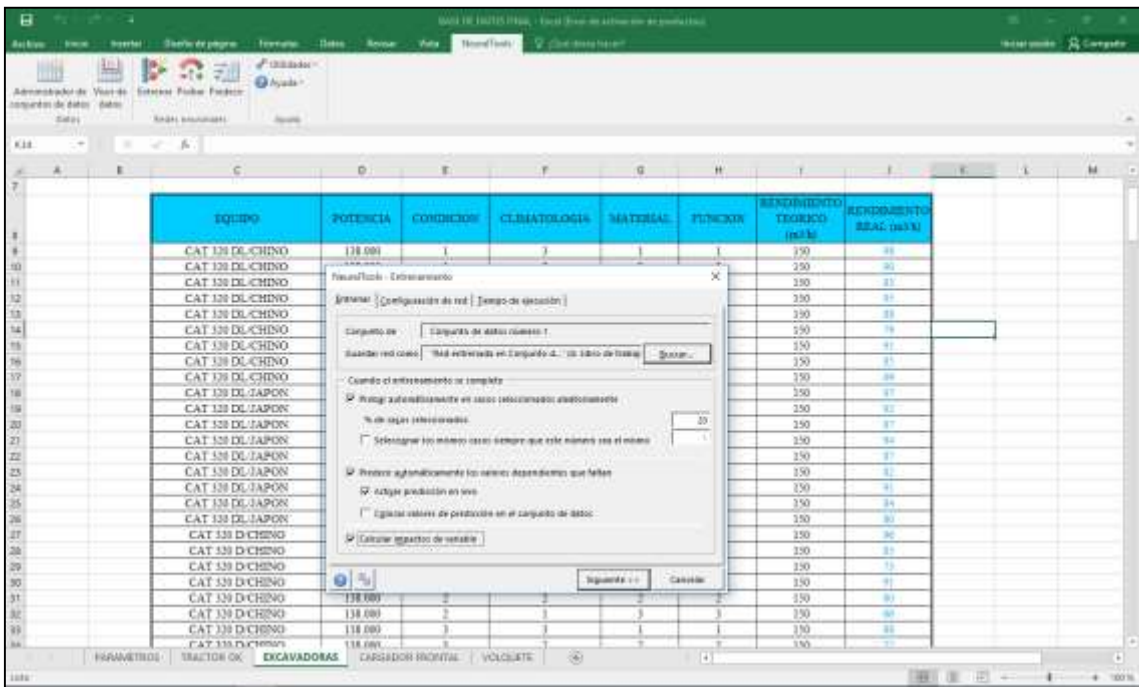


Figura 24. Ventana de configuración de entrenamiento para las excavadoras.

Fuente: Software NeuralTools.

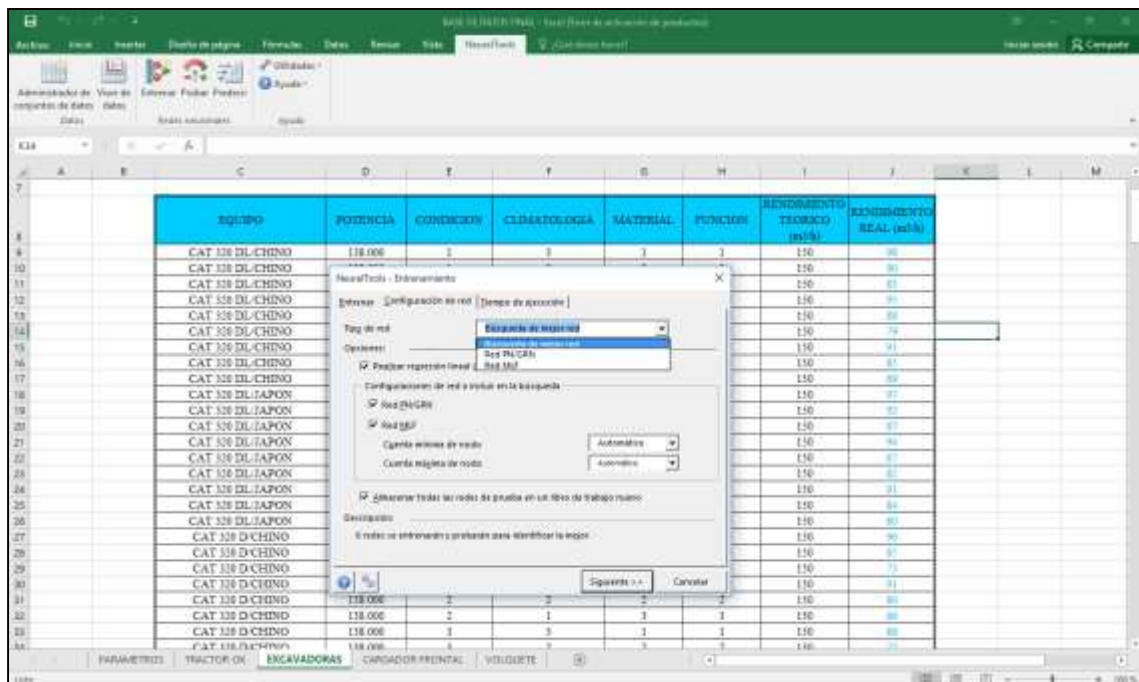
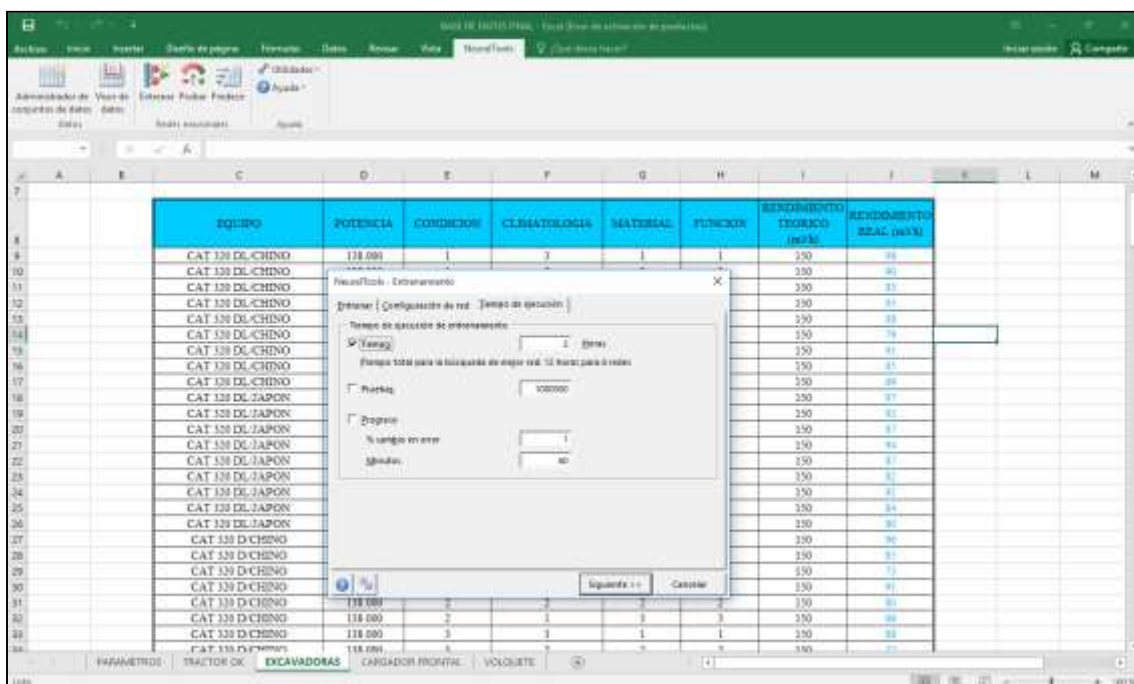


Figura 25. Ventana de configuración de red para las excavadoras.

Fuente: Software NeuralTools.



**Figura 26.** Ventana de configuración de tiempo de ejecución para las excavadoras.

**Fuente:** Software NeuralTools.

### 3.10.3. Desarrollo del modelo de la Red Neuronal Artificial

El desarrollo del modelo consiste en estudiar y analizar cada resultado que se ha predicho con la red neuronal artificial, de los datos recolectados anteriormente. Esto nos servirá para determinar el modelo de red neuronal optimo, además se comprobará la eficiencia del modelo y se podrá validar comparando con los rendimientos que se han estimado con las redes neuronales de las investigaciones realizadas anteriormente sobre rendimientos de maquinaria pesada.

Asimismo, se llevará a cabo el análisis de la regresión mediante correlaciones que se han obtenido del modelo de red neuronal y las que se obtuvieron de la base de datos, que a continuación detallaremos.

#### 3.10.3.1. Análisis de correlación para la validación del modelo de red neuronal

Una vez realizado el entrenamiento, se efectuó el cotejo de los valores que fueron precedidos por la red neuronal artificial con respecto a los datos de la Obras que se han tomado de las investigaciones realizadas sobre rendimientos de maquinaria pesada, Por tal motivo se recopiló las características que

intervienen y/o factores en el rendimiento de las maquinarias en la fase de movimiento de tierras de las obras ya mencionadas en las investigaciones desarrolladas anteriormente. En seguida se probó el algoritmo de predicción del modelo de red neuronal, con el objetivo de determinar el nivel de precisión de la predicción del modelo de red neuronal, para lo cual se utilizó el valor de  $R^2$ .

El objetivo de la constatación es validar los rendimientos de los equipos para movimiento de tierras determinada por la red neuronal, que tienen la capacidad de predecir lo más cercano posible a los rendimientos reales medidos en la obra en ejecución.

Para Bayomy et al, 2012, los modelos se deben calificar de acuerdo a ciertos parámetros para lo cual fija ciertos rangos de  $R^2$ , a continuación, se muestra una tabla de estos rangos con valores de calificación, bajo las consideraciones anteriores el modelo de red neuronal realizado será calificado con los valores de dicha tabla.

**Tabla 9.** Criterio del parámetro  $R^2$  de bondad de ajuste.

<b>Criterio</b>	<b><math>R^2</math></b>
Excelente	> 0.9
Bueno	0.7 – 0.89
Regular	0.4 – 0.69
Mala	0.2 – 0.39
Muy mala	< 0.19

**Fuente:** Bayomy et al., (2012).

Ahora bien, en seguida se realizarán todos los estudios de las dispersiones de cada resultado que se obtuvo de la predicción con el modelo de red neuronal, con los obtenidos en la obra en ejecución.

Asimismo, también se determinarán el análisis de regresión mediante las correlaciones que se obtuvieron del modelo de red neuronal con respecto a los obtenidos en la obra.

Por otro lado, se debe mencionar que el análisis de regresión que se han obtenido con el modelo de red neuronal, serán evaluadas para verificar el nivel de precisión.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### **4.1. Recopilación de base de datos y desarrollo de la estructura de la RNA**

A continuación, se inicia con el proceso de recolección de base de datos, para lo cual se debe registrar cada factor o característica que interviene en el rendimiento de los equipos en las actividades de movimiento de tierras, asimismo se tomara los rendimientos de cada equipo, estos datos serán tomados tanto de la bibliografía como de la obra en ejecución, con los datos de la bibliografía se desarrollara la estructura de red neuronal artificial, los datos de la obra nos permitirán validar el modelo de red neuronal artificial.

Luego de recopilar los datos, se pasó a la fase de entrenamiento del modelo de red neuronal, para cual se tuvo que recurrir a un programa de predicción, que viene a ser el Software NeuralTools. Ya concluido con el entrenamiento del modelo de la Red Neuronal Artificial, se pasó a predecir los datos de entrada y así obtener los resultados.

Por otro lado, para determinar la verificación y validación del modelo neuronal, se tuvo que tomar las variables que intervienen en los rendimientos de los equipos, estas variables deben ser sencillas, económicas y fáciles de obtener, dichos datos se obtuvieron de las investigaciones que se han realizado a cerca de rendimientos de maquinarias en el proceso de movimiento de tierras De esta manera se podrá determinar un modelo optimo y con un alto grado de precisión, esto debido a la verificación de eficiencia de la predicción de los rendimientos con el modelo de red neuronal artificial y los obtenidos de la obra en ejecución. Cabe señalar que las comparaciones que se hace de los resultados obtenidos de la red neuronal artificial con las de la obra, se debe a que se tiene que evaluar el rendimiento o capacidad que el modelo tienen para predecir valores no conocidos.

##### **4.1.1. Base de datos desarrollados empleando bibliografía e investigaciones**

En los siguientes cuadros, presentamos las variables de las maquinarias tanto de la bibliografía, así como el de las investigaciones sobre rendimientos que se han desarrollado anteriormente, de



las cuales se extrajeron los más relevantes. De esta manera podemos considerar los factores intervinientes en los rendimientos de los equipos para movimientos de tierra, además en la investigación se plantea variables que tanto en la bibliografía como el de la obra, no consideran para determinar los rendimientos de las maquinarias.

➤ **Base de datos de los Tractores**

**Tabla 10.** Factores que intervienen en el rendimiento de tractor s/orugas CAT D9L

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D9L	460.000	1	3	1	3	640	252
CAT D9L	460.000	1	2	2	3	640	193
CAT D9L	460.000	1	1	3	3	640	155
CAT D9L	460.000	2	3	1	3	640	206
CAT D9L	460.000	2	2	2	3	640	160
CAT D9L	460.000	2	1	3	3	640	126
CAT D9L	460.000	3	3	1	3	640	167
CAT D9L	460.000	3	2	2	3	640	135
CAT D9L	460.000	3	1	3	3	640	109

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 11.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8L.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D8L	335.000	1	3	1	3	340	134
CAT D8L	335.000	1	2	2	3	340	102
CAT D8L	335.000	1	1	3	3	340	83
CAT D8L	335.000	2	3	1	3	340	109
CAT D8L	335.000	2	2	2	3	340	85
CAT D8L	335.000	2	1	3	3	340	68
CAT D8L	335.000	3	3	1	3	340	89
CAT D8L	335.000	3	2	2	3	340	72
CAT D8L	335.000	3	1	3	3	340	58

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 12.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8T.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D8T	312.000	1	2	1	1	215	191
CAT D8T	312.000	1	3	2	1	215	179
CAT D8T	312.000	1	1	2	1	215	186
CAT D8T	312.000	2	3	1	1	215	188

CAT D8T	312.000	2	2	2	1	215	180
CAT D8T	312.000	2	1	2	1	215	184
CAT D8T	312.000	3	2	1	1	215	187
CAT D8T	312.000	3	3	2	1	215	171
CAT D8T	312.000	3	1	2	1	215	176
CAT D8T	312.000	1	2	1	2	320	300
CAT D8T	312.000	1	3	2	2	320	299
CAT D8T	312.000	1	1	2	2	320	287
CAT D8T	312.000	2	3	1	2	320	296
CAT D8T	312.000	2	2	2	2	320	285
CAT D8T	312.000	2	1	2	2	320	250
CAT D8T	312.000	3	2	1	2	320	291
CAT D8T	312.000	3	3	2	2	320	289
CAT D8T	312.000	3	1	2	2	320	266
CAT D8T	312.000	1	2	1	3	190	190
CAT D8T	312.000	1	3	2	3	190	179
CAT D8T	312.000	1	1	2	3	190	178
CAT D8T	312.000	2	3	1	3	190	175
CAT D8T	312.000	2	2	2	3	190	168
CAT D8T	312.000	2	1	2	3	190	163
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	174
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	165
CAT D8T	312.000	3	1	2	3	190	157

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8R.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D8R	305.000	1	2	1	1	220	172
CAT D8R	305.000	1	3	2	1	220	168
CAT D8R	305.000	1	1	2	1	220	160
CAT D8R	305.000	2	3	1	1	220	169
CAT D8R	305.000	2	2	2	1	220	163
CAT D8R	305.000	2	1	2	1	220	159
CAT D8R	305.000	3	2	1	1	220	169
CAT D8R	305.000	3	3	2	1	220	162
CAT D8R	305.000	3	1	2	1	220	150
CAT D8R	305.000	1	2	1	2	300	261
CAT D8R	305.000	1	3	2	2	300	259
CAT D8R	305.000	1	1	2	2	300	254
CAT D8R	305.000	2	3	1	2	300	261
CAT D8R	305.000	2	2	2	2	300	257
CAT D8R	305.000	2	1	2	2	300	251
CAT D8R	305.000	3	2	1	2	300	256

CAT D8R	305.000	3	3	2	2	300	253
CAT D8R	305.000	3	1	2	2	300	250
CAT D8R	305.000	1	2	1	3	300	260
CAT D8R	305.000	1	3	2	3	300	258
CAT D8R	305.000	1	1	2	3	300	253
CAT D8R	305.000	2	3	1	3	300	258
CAT D8R	305.000	2	2	2	3	300	254
CAT D8R	305.000	2	1	2	3	300	248
CAT D8R	305.000	3	2	1	3	300	258
CAT D8R	305.000	3	3	2	3	300	255
CAT D8R	305.000	3	1	2	3	300	252

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D8K.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D8K	300.000	1	3	1	3	320	126
CAT D8K	300.000	1	2	2	3	320	96
CAT D8K	300.000	1	1	3	3	320	77
CAT D8K	300.000	2	3	1	3	320	103
CAT D8K	300.000	2	2	2	3	320	80
CAT D8K	300.000	2	1	3	3	320	64
CAT D8K	300.000	3	3	1	3	320	84
CAT D8K	300.000	3	2	2	3	320	68
CAT D8K	300.000	3	1	3	3	320	54

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7R.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D7R	240.000	1	2	1	3	200	163
CAT D7R	240.000	1	3	2	3	200	129
CAT D7R	240.000	1	1	2	3	200	98
CAT D7R	240.000	2	3	1	3	200	130
CAT D7R	240.000	2	2	2	3	200	109
CAT D7R	240.000	2	1	2	3	200	88
CAT D7R	240.000	3	2	1	3	200	124
CAT D7R	240.000	3	3	2	3	200	101
CAT D7R	240.000	3	1	2	3	200	87

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7E.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D7E	238.000	1	2	1	3	200	96
CAT D7E	238.000	1	3	2	3	200	74

CAT D7E	238.000	1	1	2	3	200	59
CAT D7E	238.000	2	3	1	3	200	79
CAT D7E	238.000	2	2	2	3	200	62
CAT D7E	238.000	2	1	2	3	200	49
CAT D7E	238.000	3	2	1	3	200	74
CAT D7E	238.000	3	3	2	3	200	64
CAT D7E	238.000	3	1	2	3	200	51

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D7G.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D7G	200.000	1	3	1	3	220	86
CAT D7G	200.000	1	2	2	3	220	66
CAT D7G	200.000	1	1	3	3	220	53
CAT D7G	200.000	2	3	1	3	220	71
CAT D7G	200.000	2	2	2	3	220	55
CAT D7G	200.000	2	1	3	3	220	44
CAT D7G	200.000	3	3	1	3	220	57
CAT D7G	200.000	3	2	2	3	220	46
CAT D7G	200.000	3	1	3	3	220	37

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6T.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D6T	202.000	1	2	1	1	130	111
CAT D6T	202.000	1	3	2	1	130	107
CAT D6T	202.000	1	1	2	1	130	97
CAT D6T	202.000	2	3	1	1	130	106
CAT D6T	202.000	2	2	2	1	130	102
CAT D6T	202.000	2	1	2	1	130	96
CAT D6T	202.000	3	2	1	1	130	105
CAT D6T	202.000	3	3	2	1	130	99
CAT D6T	202.000	3	1	2	1	130	86
CAT D6T	202.000	1	2	1	2	207	195
CAT D6T	202.000	1	3	2	2	207	194
CAT D6T	202.000	1	1	2	2	207	186
CAT D6T	202.000	2	3	1	2	207	191
CAT D6T	202.000	2	2	2	2	207	189
CAT D6T	202.000	2	1	2	2	207	179
CAT D6T	202.000	3	2	1	2	207	189

CAT D6T	202.000	3	3	2	2	207	179
CAT D6T	202.000	3	1	2	2	207	173
CAT D6T	202.000	1	2	1	3	138	116
CAT D6T	202.000	1	3	2	3	138	104
CAT D6T	202.000	1	1	2	3	138	99
CAT D6T	202.000	2	3	1	3	138	109
CAT D6T	202.000	2	2	2	3	138	103
CAT D6T	202.000	2	1	2	3	138	98
CAT D6T	202.000	3	2	1	3	138	107
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	102
CAT D6T	202.000	3	1	2	3	138	97

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6R.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D6R	198.000	1	2	1	3	225	91
CAT D6R	198.000	1	3	2	3	225	71
CAT D6R	198.000	1	1	2	3	225	58
CAT D6R	198.000	2	3	1	3	225	76
CAT D6R	198.000	2	2	2	3	225	60
CAT D6R	198.000	2	1	2	3	225	49
CAT D6R	198.000	3	2	1	3	225	62
CAT D6R	198.000	3	3	2	3	225	51
CAT D6R	198.000	3	1	2	3	225	42

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 20.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6N.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D6N	166.000	1	2	1	3	150	55
CAT D6N	166.000	1	3	2	3	150	44
CAT D6N	166.000	1	1	2	3	150	36
CAT D6N	166.000	2	3	1	3	150	50
CAT D6N	166.000	2	2	2	3	150	40
CAT D6N	166.000	2	1	2	3	150	33
CAT D6N	166.000	3	2	1	3	150	44
CAT D6N	166.000	3	3	2	3	150	36
CAT D6N	166.000	3	1	2	3	150	29

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 21.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6D.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D6D	140.000	1	3	1	3	160	50
CAT D6D	140.000	1	2	2	3	160	39
CAT D6D	140.000	1	1	3	3	160	31
CAT D6D	140.000	2	3	1	3	160	45
CAT D6D	140.000	2	2	2	3	160	35
CAT D6D	140.000	2	1	3	3	160	28
CAT D6D	140.000	3	3	1	3	160	39
CAT D6D	140.000	3	2	2	3	160	31
CAT D6D	140.000	3	1	3	3	160	24

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas CAT D6K.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT D6K	130.000	1	2	1	3	150	52
CAT D6K	130.000	1	3	2	3	150	41
CAT D6K	130.000	1	1	2	3	150	33
CAT D6K	130.000	2	3	1	3	150	47
CAT D6K	130.000	2	2	2	3	150	37
CAT D6K	130.000	2	1	2	3	150	30
CAT D6K	130.000	3	2	1	3	150	41
CAT D6K	130.000	3	3	2	3	150	33
CAT D6K	130.000	3	1	2	3	150	26

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 23.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D155.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
KOMATSU D155	354.000	1	2	1	3	340	651
KOMATSU D155	354.000	1	3	2	3	340	643
KOMATSU D155	354.000	1	1	2	3	340	635
KOMATSU D155	354.000	2	3	1	3	340	637
KOMATSU D155	354.000	2	2	2	3	340	629
KOMATSU D155	354.000	2	1	2	3	340	621
KOMATSU D155	354.000	3	2	1	3	340	488
KOMATSU D155	354.000	3	3	2	3	340	481
KOMATSU D155	354.000	3	1	2	3	340	474

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D85.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
KOMATSU D85	264.000	1	2	1	3	200	168
KOMATSU D85	264.000	1	3	2	3	200	134
KOMATSU D85	264.000	1	1	2	3	200	103
KOMATSU D85	264.000	2	3	1	3	200	135
KOMATSU D85	264.000	2	2	2	3	200	114
KOMATSU D85	264.000	2	1	2	3	200	93
KOMATSU D85	264.000	3	2	1	3	200	129
KOMATSU D85	264.000	3	3	2	3	200	106
KOMATSU D85	264.000	3	1	2	3	200	92

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25.** Factores que intervienen en el rendimiento del tractor s/orugas KOMATSU D65.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
KOMATSU D65	205.000	1	2	1	1	147	124
KOMATSU D65	205.000	1	3	2	1	147	116
KOMATSU D65	205.000	1	1	2	1	147	110
KOMATSU D65	205.000	2	3	1	1	147	116
KOMATSU D65	205.000	2	2	2	1	147	112
KOMATSU D65	205.000	2	1	2	1	147	108
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	1	147	113
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	1	147	110
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	1	147	107
KOMATSU D65	205.000	1	2	1	2	200	191
KOMATSU D65	205.000	1	3	2	2	200	189
KOMATSU D65	205.000	1	1	2	2	200	174
KOMATSU D65	205.000	2	3	1	2	200	187
KOMATSU D65	205.000	2	2	2	2	200	169
KOMATSU D65	205.000	2	1	2	2	200	165
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	2	200	186
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	2	200	173
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	2	200	164
KOMATSU D65	205.000	1	2	1	3	190	191
KOMATSU D65	205.000	1	3	2	3	190	174
KOMATSU D65	205.000	1	1	2	3	190	165
KOMATSU D65	205.000	2	3	1	3	190	179
KOMATSU D65	205.000	2	2	2	3	190	168
KOMATSU D65	205.000	2	1	2	3	190	164
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	3	190	175

KOMATSU D65	205.000	3	3	2	3	190	166
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	3	190	161

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 DL/CH.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO REAL (M3/H)
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	3	1	1		98
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	2	2	2		90
CAT 320 DL/CHINO	138.000	1	1	3	3		83
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	3	1	1		95
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	2	2	2		88
CAT 320 DL/CHINO	138.000	2	1	3	3		79
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	3	1	1		91
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	2	2	2		85
CAT 320 DL/CHINO	138.000	3	1	3	3		69

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 DL/J.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	3	1	1		97
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	2	2	2		92
CAT 320 DL/JAPON	148.000	1	1	3	3		87
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	3	1	1		94
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	2	2	2		87
CAT 320 DL/JAPON	148.000	2	1	3	3		82
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	3	1	1		91
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	2	2	2		84
CAT 320 DL/JAPON	148.000	3	1	3	3		80

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 D/CH.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	3	1	1		96
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	2	2	2		85
CAT 320 D/CHINO	138.000	1	1	3	3		73
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	3	1	1		91
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	2	2	2		80
CAT 320 D/CHINO	138.000	2	1	3	3		66
CAT 320 D/CHINO	138.000	3	3	1	1		88
CAT 320 D/CHINO	138.000	3	2	2	2		72



CAT 320 D/CHINO	138.000	3	1	3	3		59
-----------------	---------	---	---	---	---	--	----

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 320 D/J.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
CAT 320 D/JAPON	148.000	1	3	1	1		98
CAT 320 D/JAPON	148.000	1	2	2	2		89
CAT 320 D/JAPON	148.000	1	1	3	3		78
CAT 320 D/JAPON	148.000	2	3	1	1		93
CAT 320 D/JAPON	148.000	2	2	2	2		82
CAT 320 D/JAPON	148.000	2	1	3	3		75
CAT 320 D/JAPON	148.000	3	3	1	1		89
CAT 320 D/JAPON	148.000	3	2	2	2		78
CAT 320 D/JAPON	148.000	3	1	3	3		65

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 322 DL.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
CAT 322 DL	168.000	1	3	1	1		72
CAT 322 DL	168.000	1	2	2	2		66
CAT 322 DL	168.000	1	1	3	3		61
CAT 322 DL	168.000	2	3	1	1		70
CAT 322 DL	168.000	2	2	2	2		67
CAT 322 DL	168.000	2	1	3	3		63
CAT 322 DL	168.000	3	3	1	1		69
CAT 322 DL	168.000	3	2	2	2		65
CAT 322 DL	168.000	3	1	3	3		60

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 325 DL.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
CAT 325 DL	204.000	1	3	1	1		83
CAT 325 DL	204.000	1	2	2	2		78
CAT 325 DL	204.000	1	1	3	3		74
CAT 325 DL	204.000	2	3	1	1		81
CAT 325 DL	204.000	2	2	2	2		78
CAT 325 DL	204.000	2	1	3	3		74
CAT 325 DL	204.000	3	3	1	1		80
CAT 325 DL	204.000	3	2	2	2		77
CAT 325 DL	204.000	3	1	3	3		72

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
CAT 330 DL	211.000	1	3	1	1		93
CAT 330 DL	211.000	1	2	2	2		90
CAT 330 DL	211.000	1	1	3	3		86
CAT 330 DL	211.000	2	3	1	1		92
CAT 330 DL	211.000	2	2	2	2		89
CAT 330 DL	211.000	2	1	3	3		85
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	1		90
CAT 330 DL	211.000	3	2	2	2		88
CAT 330 DL	211.000	3	1	3	3		84

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora CAT 336 DL.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
CAT 336 DL	268.000	1	3	1	1		103
CAT 336 DL	268.000	1	2	2	2		100
CAT 336 DL	268.000	1	1	3	3		96
CAT 336 DL	268.000	2	3	1	1		102
CAT 336 DL	268.000	2	2	2	2		99
CAT 336 DL	268.000	2	1	3	3		95
CAT 336 DL	268.000	3	3	1	1		100
CAT 336 DL	268.000	3	2	2	2		98
CAT 336 DL	268.000	3	1	3	3		94

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)
KOMATSU PC350	247.000	1	3	1	1		52
KOMATSU PC350	247.000	1	2	2	2		45
KOMATSU PC350	247.000	1	1	3	3		41
KOMATSU PC350	247.000	2	3	1	1		50
KOMATSU PC350	247.000	2	2	2	2		43
KOMATSU PC350	247.000	2	1	3	3		38
KOMATSU PC350	247.000	3	3	1	1		48
KOMATSU PC350	247.000	3	2	2	2		42
KOMATSU PC350	247.000	3	1	3	3		39

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 35.** Factores que intervienen en el rendimiento de la Excavadora Volvo EC220.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)	RENDIMIENTO TEÓRICO (M3/H)
VOLVO EC220	156.000	1	3	1	1		94
VOLVO EC220	156.000	1	2	2	2		84
VOLVO EC220	156.000	1	1	3	3		75
VOLVO EC220	156.000	2	3	1	1		91
VOLVO EC220	156.000	2	2	2	2		83
VOLVO EC220	156.000	2	1	3	3		72
VOLVO EC220	156.000	3	3	1	1		88
VOLVO EC220	156.000	3	2	2	2		77
VOLVO EC220	156.000	3	1	3	3		65

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.1.2. Factores que intervienen en el rendimiento de las Maquinarias Pesadas

El rendimiento de los equipos, se determina utilizando formulas donde se analiza varios factores de corrección, sin embargo, para la presente investigación seleccionaremos las variables más importantes e influyentes en el cálculo del rendimiento, a continuación, presentamos los factores que intervienen en la predicción del rendimiento.

- Marca y modelo de la maquinaria
- Potencia del motor
- Condición o zona de trabajo
- Clima o tiempo atmosférico
- Tipo de material
- Función que realiza
- Rendimiento teórico

#### 4.2. Análisis de datos

Teniendo en cuenta la bibliografía revisada, se recopiló toda la información acerca de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras y las variables o factores que intervienen en el cálculo de aquella, dicha información se obtuvo del libro de “Costos y Tiempos en Carreteras”, una vez que se obtuvo la información se procedió al desarrollo de la base de datos de entrada que será necesario para la presente investigación. Contando con la base de datos, el siguiente paso es desarrollar la estructura del modelo de red neuronal, para luego hacer el entrenamiento y finalmente la predicción, para lo cual se tuvo que utilizar el software NeuralTools.

#### 4.1.2. Selección de datos de entrada

En la tabla anterior podemos ver las variables de entrada y salida, que son datos que se obtienen de la bibliografía y de la obra, sin embargo, hay variables de entrada que no se encuentran en las fichas de las obras ni en la bibliografía, estas variables son asumidas bajo ciertos parámetros y antecedentes obtenidos.

Tabla 36. Variables de entrada y salida.

EQUIPO	POTENCIA	CONDICIÓN	CLIMATOLOGÍA	MATERIAL	FUNCIÓN	RENDIMIENTO TEÓRICO	RENDIMIENTO REAL
--------	----------	-----------	--------------	----------	---------	---------------------	------------------

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez definido nuestras variables de entrada, se procede al ingreso de datos en el software NeuralTools, para lo cual desplegaremos la ventana de herramientas ahí podremos registrar nuestros datos en el “Administrador de conjunto de datos”, ahí nosotros definimos nuestras variables de entrada (Independiente) y las variables de salida (Dependiente), en la siguiente figura podemos apreciar el proceso.

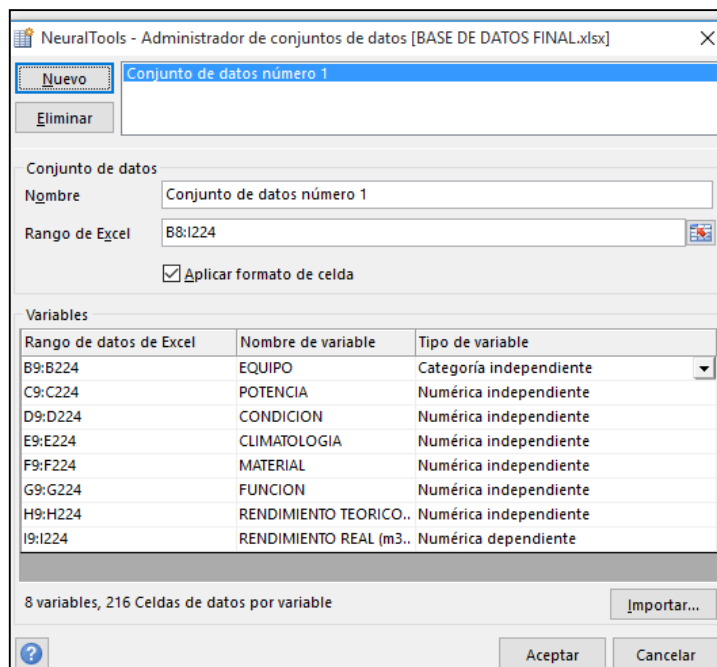


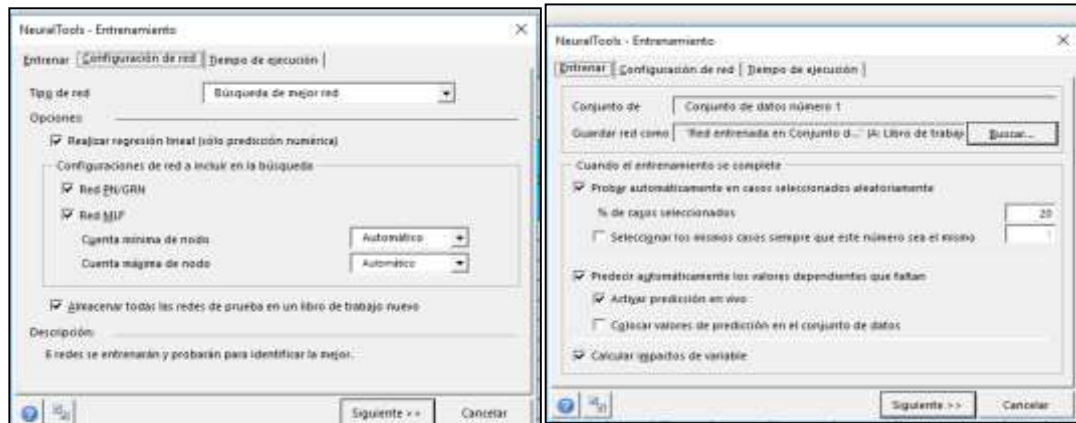
Figura 27. Administrador de conjunto de datos.

Fuente: NeuralTools.

#### 4.1.3. Topología y aprendizaje del Modelo de Red Neuronal Artificial

Ahora bien, ya teniendo los datos de entrada, se busca el modelo de red neuronal óptimo que sea

capaz de adecuarse al tipo de dato de salida que se obtuvo con toda la información obtenida de la base de datos. También la base de datos a entrenar es considerable. del anterior proceso de entrenamiento se obtienen redes neuronales de dos tipos que son MLFN y GRNN cada uno de estos dos tipos tienen un número de nodos y neuronas específicas para cada salida.



**Figura 28.** Ventana de configuración de entrenamiento.

**Fuente:** NeuralTools.

Ya realizado el entrenamiento de la base de datos, en seguida se desarrolla la arquitectura o topología de la red neuronal artificial, para tal efecto se considera los datos de entrada que vendrían a ser 6 (independiente), dentro de las capas ocultas se va a tener una cantidad de neuronas específicas, y el dato de salida que es una (dependiente).

También se debe tener en cuenta que la red neuronal entrenada, se llevó a cabo tomando en cuenta cada variable de entrada que varían en un rango de análisis, esto con el fin de que en lo posterior se utilice el modelo considerando que las variables se encuentren dentro de estos rangos.

**Tabla 37.** Maquinarias utilizadas para la investigación.

EQUIPOS	MARCA	MODELO
TRACTORES	CATERPILLAR	D6, D7, D8, D9
	KOMATSU	D65, D85, D155
EXCAVADORAS	CATERPILLAR	320DL, 320D, 322DL, 325DL, 330DL, 336DL
	KOMATSU	PC 350
	VOLVO	EC 220

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 38.** Análisis de regresión lineal utilizando variables de entrada.

VARIABLES DE ENTRADA	RANGOS	
	INFERIOR	SUPERIOR
condición	1	3

<b>Climatología</b>	1	3
<b>Material</b>	1	3
<b>Función</b>	1	3

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una vez definido los rangos de análisis de regresión de las variables de entrada, pasaremos a especificar los parámetros de análisis de cada variable.

**Tabla 39.** Condiciones geográficas de trabajo (altitud sobre el nivel del mar).

<b>F1</b>	<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>		
<b>CONDICIÓN</b>	hasta 2300 m.s.n.m.	de 2300 hasta 3800	mas de 3800 m.s.n.m.
	1	2	3

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 40.** Tiempo atmosférico o climatología.

<b>F2</b>	<b>CONDICIONES CLIMATICAS</b>		
<b>CLIMATOLOGÍA</b>	Lluvioso	Templado	Soleado
	1	2	3

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 41.** Tipo de material.

<b>F3</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
<b>MATERIAL</b>	Material disperso	Roca suelta	Roca firme
	1	2	3

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 42.** Funciones que desarrolla la maquinaria.

<b>F4</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
<b>FUNCIÓN</b>	Corte y Relleno	Excavación	Empuje
	1	2	3

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 4.1.4. Resultados y Desarrollo de las Redes Neuronales Artificiales

Los datos de entrada y salida, son obtenidos de nuestra base de datos ya mencionadas. El cual estos conjuntos de datos obtenidos se han dividido en 2 grupos que son los de entrada y salida, el cual el 80% de los datos de entrada corresponde para el desarrollo del modelo y el 20% de los datos de salida para la validez del modelo. En el proceso de entrenamiento de la Red Neuronal se llevó a cabo hasta

obtener los adecuados coeficientes de regresión, por lo que por defecto el software detendrá el entrenamiento después de conseguir el mejor rendimiento y con el error mínimo de validación.

Una vez terminado el proceso de entrenamiento con el algoritmo deseado, se obtiene la estructura de la red neuronal artificial, con lo que mediante estos se puede predecir las propiedades mecánicas del suelo y compararlo con una de datos nueva que contenga suelos no utilizados en el entrenamiento, con lo que mediante esta comparación estaríamos validando y evaluando la capacidad o rendimiento de la red de predecir valores desconocidos. En la validación de esta investigación se realizó con 6 tipos de suelos diferentes.

A continuación, se muestra las correlaciones de entrenamiento (80% del registro) y la correlación total del modelo (100% del registro), cabe mencionar que para la correlación de validación se presentara 10 muestras de ensayos de laboratorio. Las correlaciones obtenidas se presentan a continuación. Aquí se realizarán los análisis de regresión mediante las correlaciones obtenidas del modelo neuronal versus las obtenidas de la base de datos, las cuales son las siguientes:

#### 4.2.3.1. Análisis de regresión para el rendimiento del tractor

- ✓ Análisis de regresión para el entrenamiento (RNA vs Base de datos) con el 80% del registro de datos

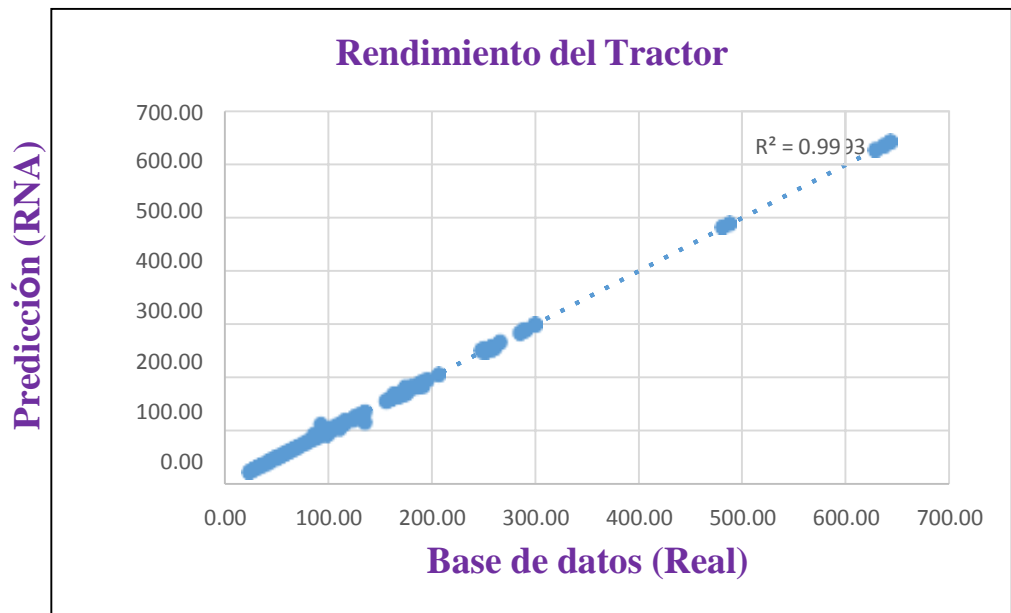
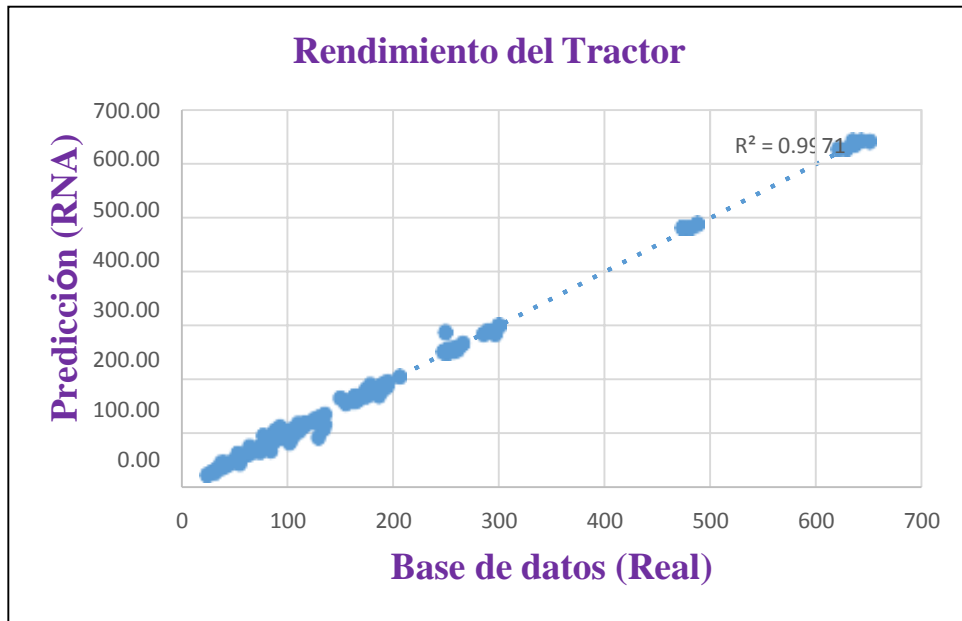


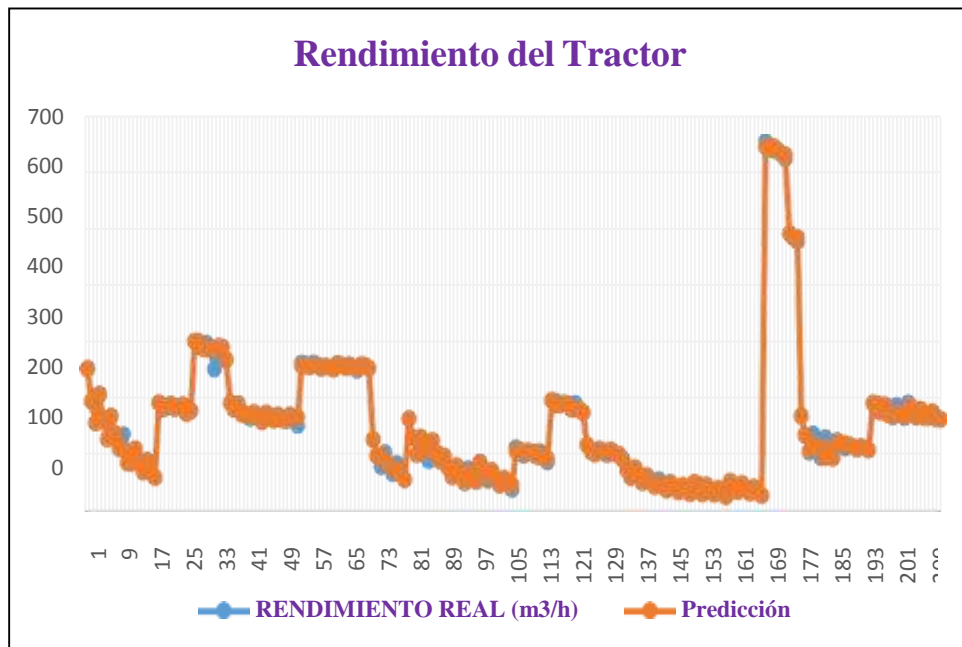
Gráfico 1. Análisis de regresión para el entrenamiento (Tractor).

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ **Análisis de regresión para el entrenamiento (RNA vs Base de datos) con el 100% del registro de datos**



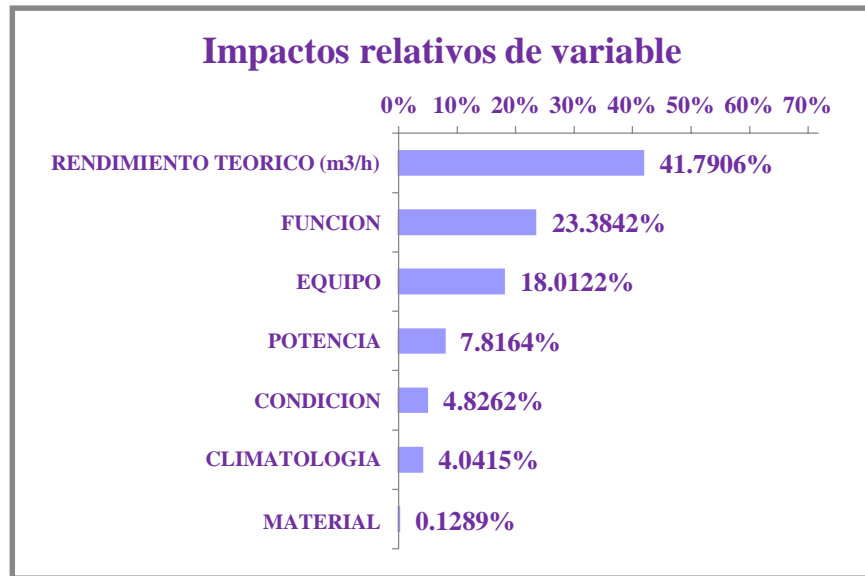
**Gráfico 2.** Análisis de regresión para el modelo total (Tractor).  
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 3.** Análisis de regresión para el modelo total.  
**Fuente:** Elaboración Propia.



- ✓ Impacto relativo de variables que han influido en el modelo del rendimiento del tractor

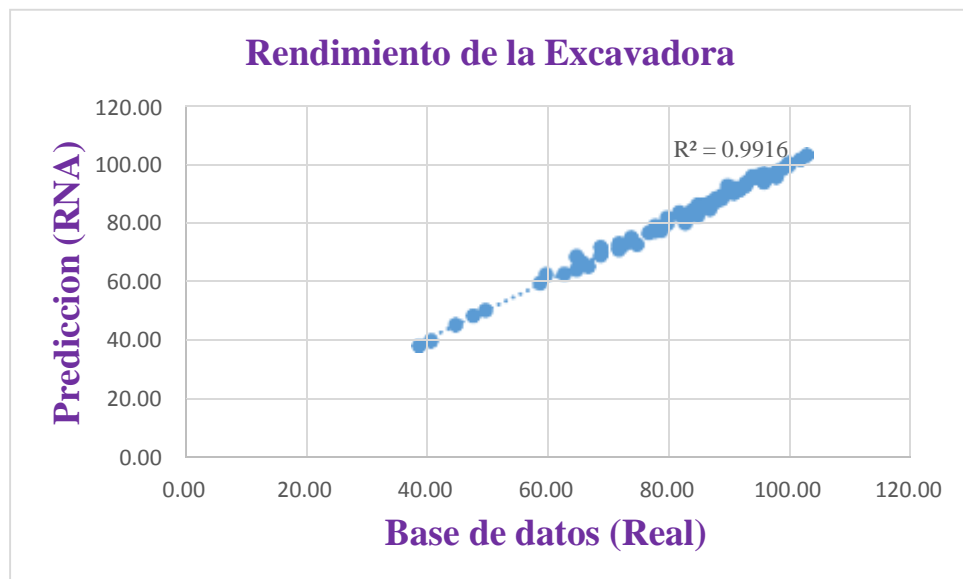


**Gráfico 4.** Análisis del impacto relativo de las variables usadas en la investigación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 4.2.3.2. Análisis de regresión para el rendimiento de la excavadora

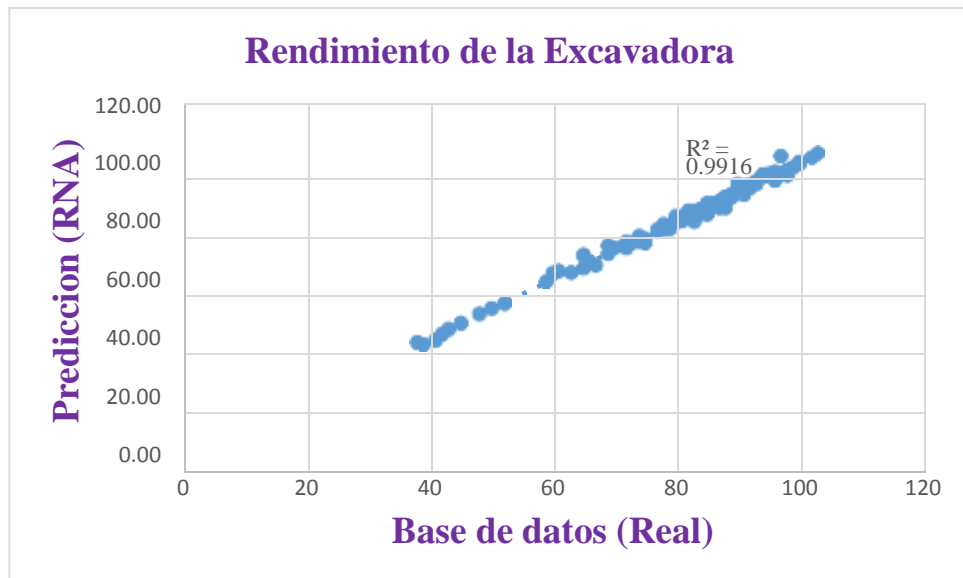
- ✓ Análisis de regresión para el entrenamiento (RNA vs Base de datos) con el 80% del registro de datos



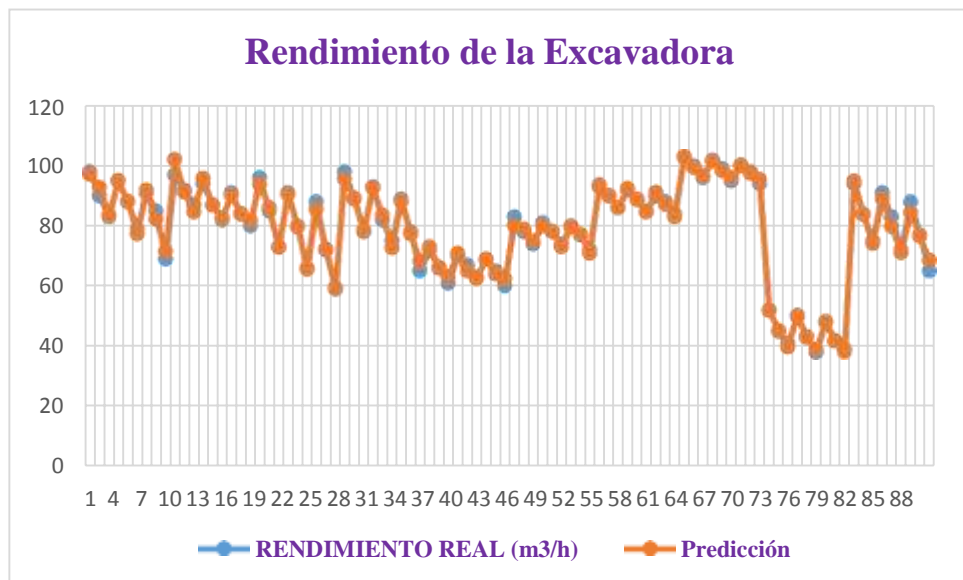
**Gráfico 5.** Análisis de regresión para el entrenamiento (Excavadora).

**Fuente:** Elaboración Propia.

- ✓ **Análisis de regresión para el entrenamiento (RNA vs Base de datos) con el 100% del registro de datos**

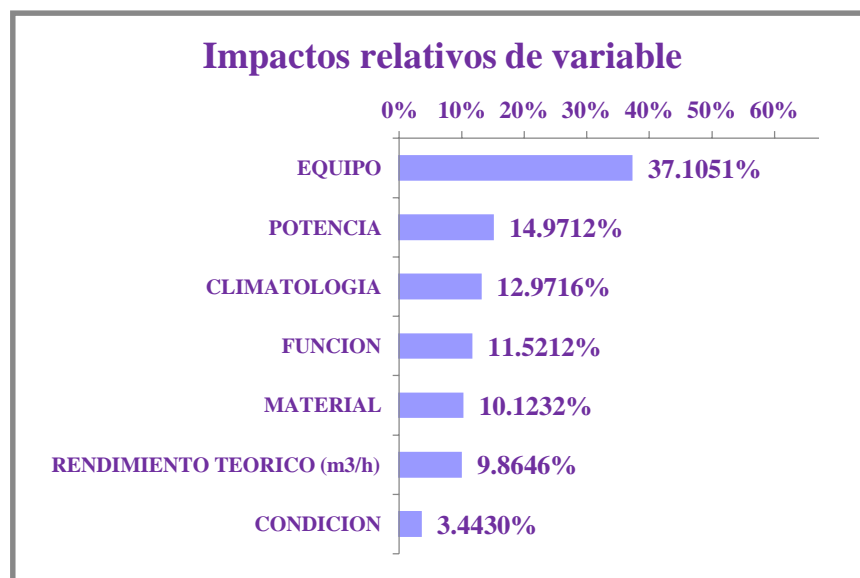


**Gráfico 6.** Análisis de regresión para el modelo total (Excavadora).  
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 7.** Análisis de regresión para el modelo total.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

- ✓ **Impacto relativo de variables que han influido en el modelo del rendimiento de la excavadora**



**Gráfico 8.** Análisis de regresión para el modelo total.  
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 43.** Resumen de resultados del ajuste de correlaciones de la RNA versus la base de datos recopilada.

Análisis de regresión de cada modelo neuronal	Factor de ajuste o correlación $R^2$		
	Entrenamiento de la RNA	Prueba de la RNA	Correlación
Análisis de regresión para el Rendimiento del Tractor	0.9993	0.9971	Buena
Análisis de regresión para la Excavadora	0.9916	0.9906	Buena

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro de resumen anterior podemos notar que el modelo es eficiente dentro de los límites de cada variable de entrada, por tal motivo podemos considerar buena la correlación para el modelo desarrollado

#### **4.3. ANALISIS DE LA EFICIENCIA DEL MODELO DESARROLLADO CON DATOS REALES DE PROYECTOS (CORRELACION PARA LA VALIDACION DEL MODELO DE RED NEURONAL)**

Una vez que se ha realizado el aprendizaje o entrenamiento del modelo, se procedió a realizar una

comparación de los valores que se ha pronosticado con los que se obtuvieron de las investigaciones anteriores sobre evaluación de rendimientos de maquinarias pesadas, donde se tiene datos de rendimientos reales en proyectos, a continuación, se hace la corroboración del algoritmo de predicción del modelo neuronal, con el objetivo de hacer la medición de la eficiencia o probar la capacidad de pronóstico del modelo de red neuronal, para lo cual nuevamente acudiremos al coeficiente de correlación de Pearson  $R^2$

De acuerdo a Bayomy et al., (2012), los valores de la tabla mostrada a continuación indican cómo se califica un modelo de acuerdo con el valor de  $R^2$ . Los valores de esta tabla también fueron utilizados para calificar la red neuronal.

**Tabla 44.** coeficiente de correlación.

<b>Criterio</b>	<b><math>R^2</math></b>
<b>Excelente</b>	> 0.9
<b>Bueno</b>	0.7 – 0.89
<b>Regular</b>	0.4 – 0.69
<b>Mala</b>	0.2 – 0.39
<b>Muy mala</b>	< 0.19

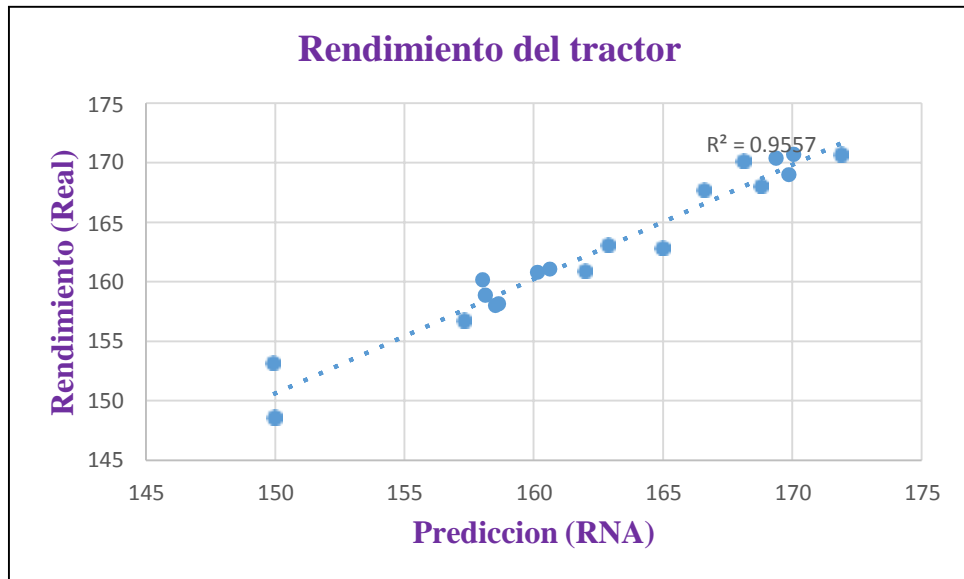
**Fuente:** Bayomy et al., (2012).

A continuación, presentamos los resultados obtenidos con el aprendizaje mediante la red neuronal artificial, respecto a los datos obtenidos de las investigaciones anteriores. en el eje “Y” las primeras y en el eje “X” las estas.

Con el aprendizaje del modelo neuronal obtuvimos entre ellas al optimo, quien nos ayudara a realizar la capacidad y validez de la eficiencia del modelo propuesto, haciendo todo los cálculos y comparaciones de los rendimientos de las maquinarias para las operaciones de movimiento de tierras realizadas con el modelo y las recopiladas en investigaciones anteriores a cerca de este tema.

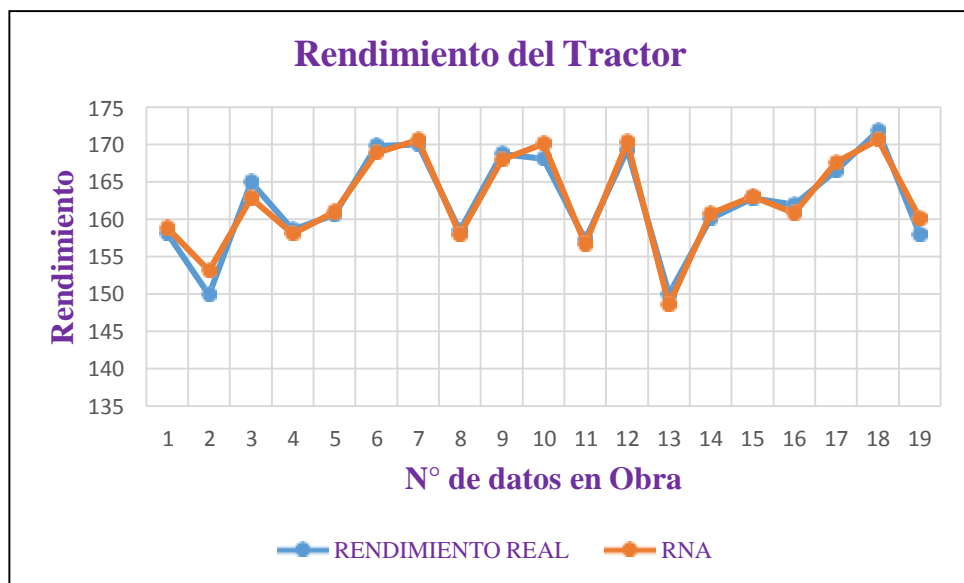
✓ **Correlación de resultados del rendimiento del tractor**

A continuación, se muestra los resultados del rendimiento del tractor que se han obtenido desarrollando el modelo neuronal y los rendimientos obtenidos de la recopilación de proyectos reales.



**Gráfico 9.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

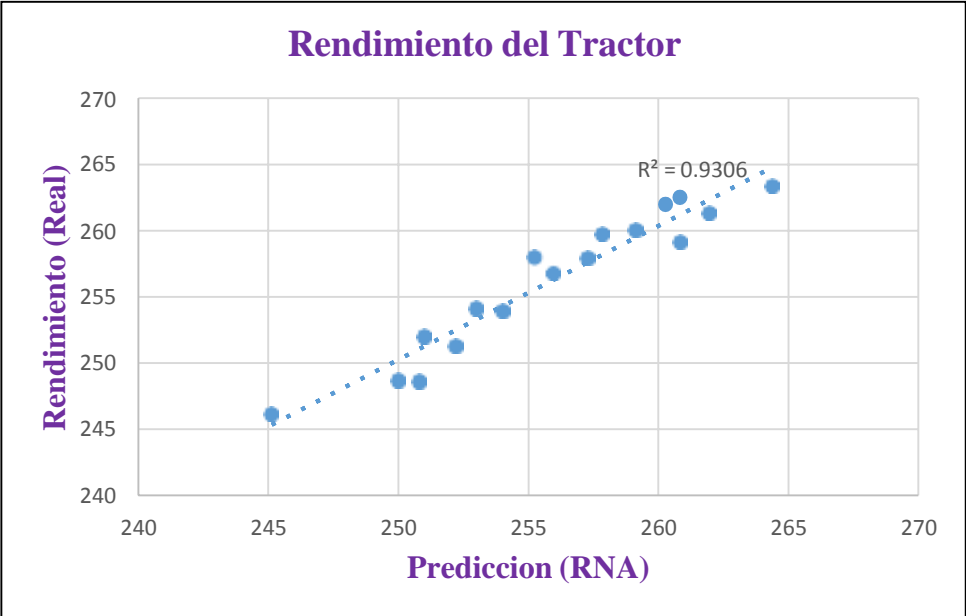
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 10.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

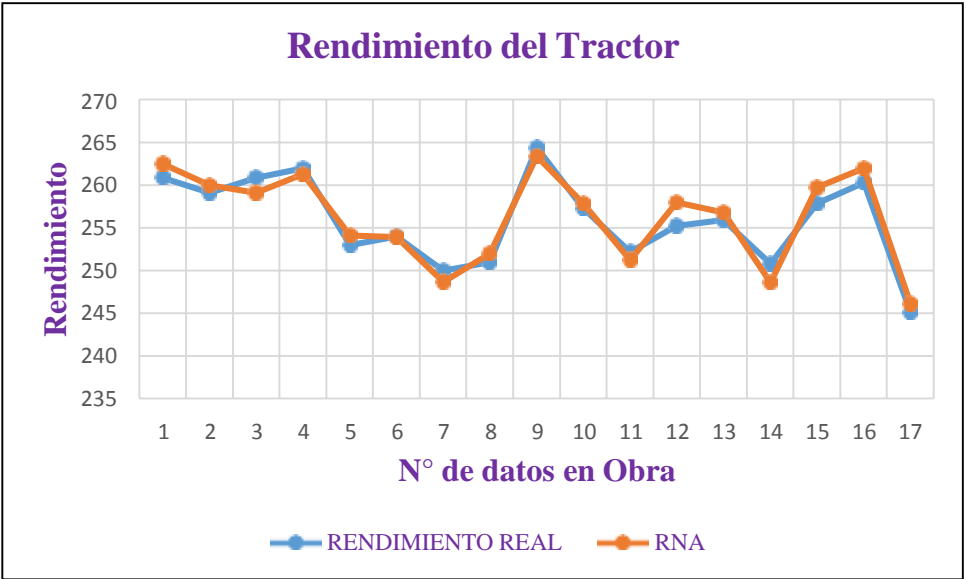
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resulta una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9557$ .



**Gráfico 11.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).

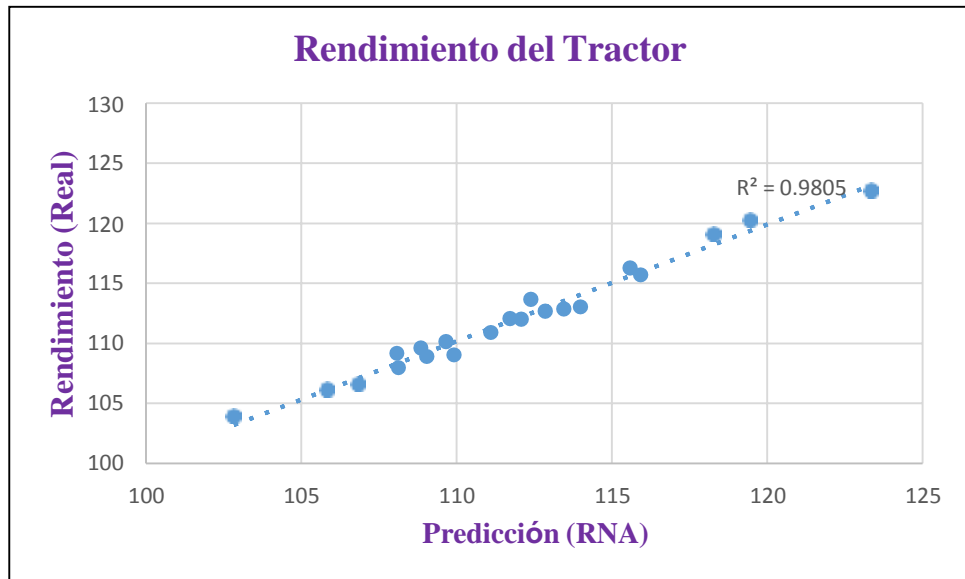
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 12.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8R) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).

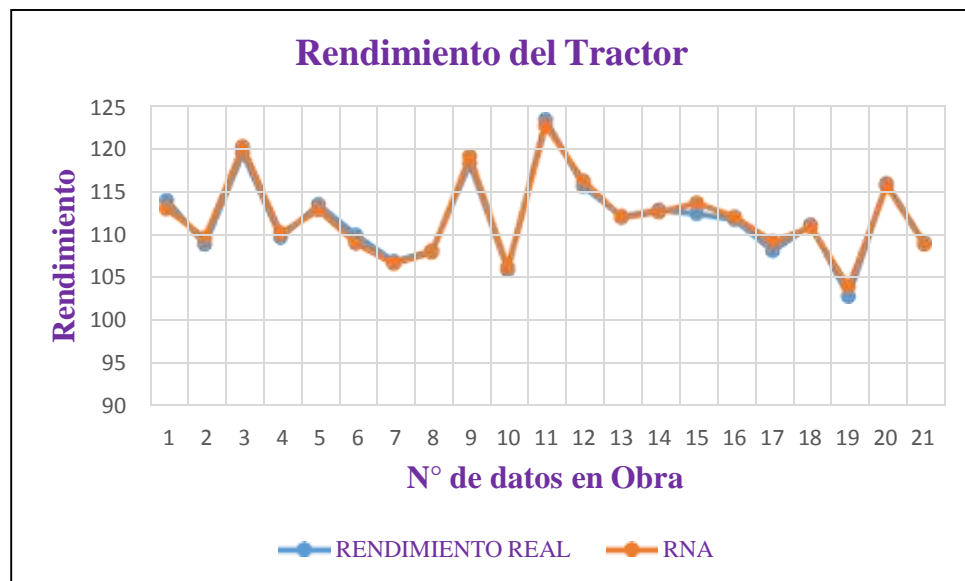
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9306$ .



**Gráfico 13.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

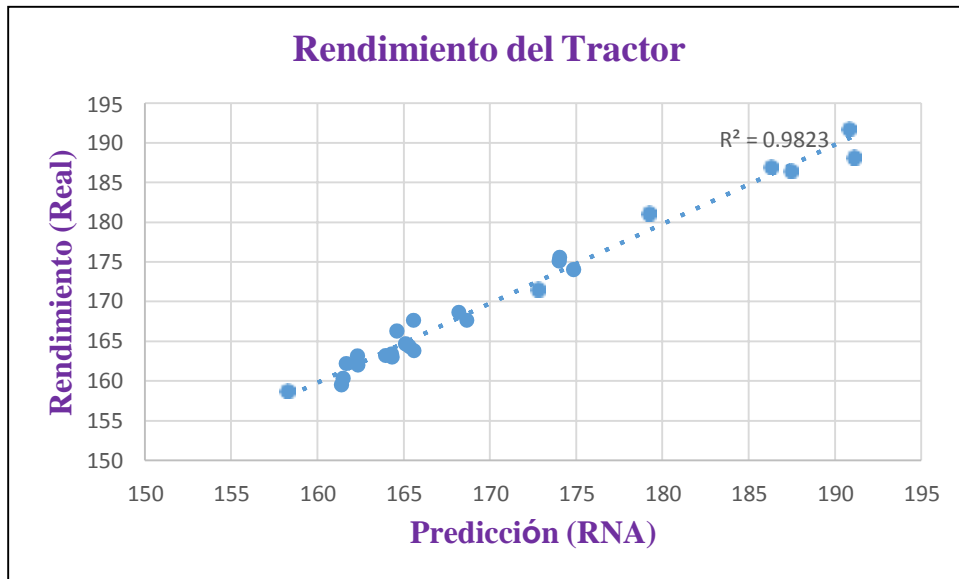
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 14.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

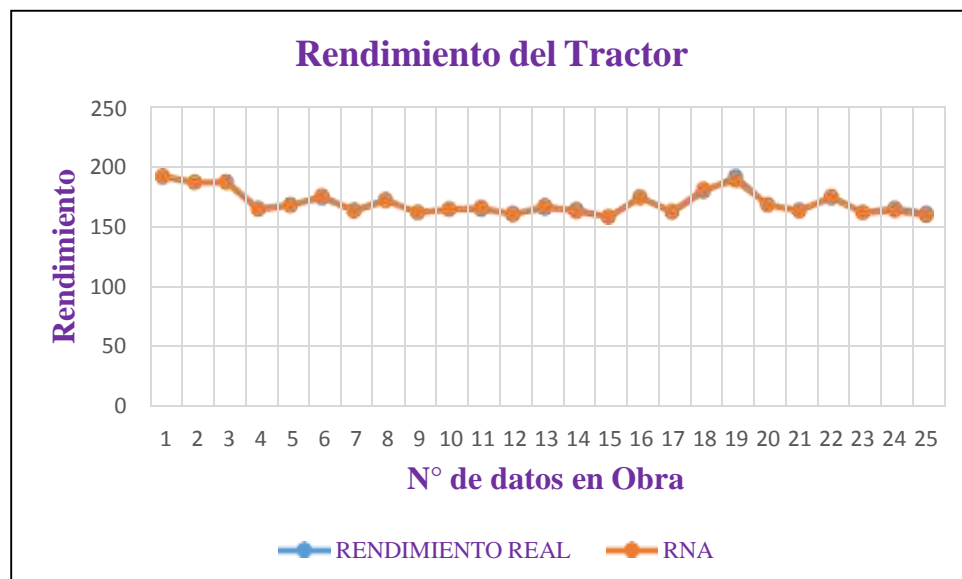
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9805$ .



**Gráfico 15.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).

**Fuente:** Elaboración Propia.

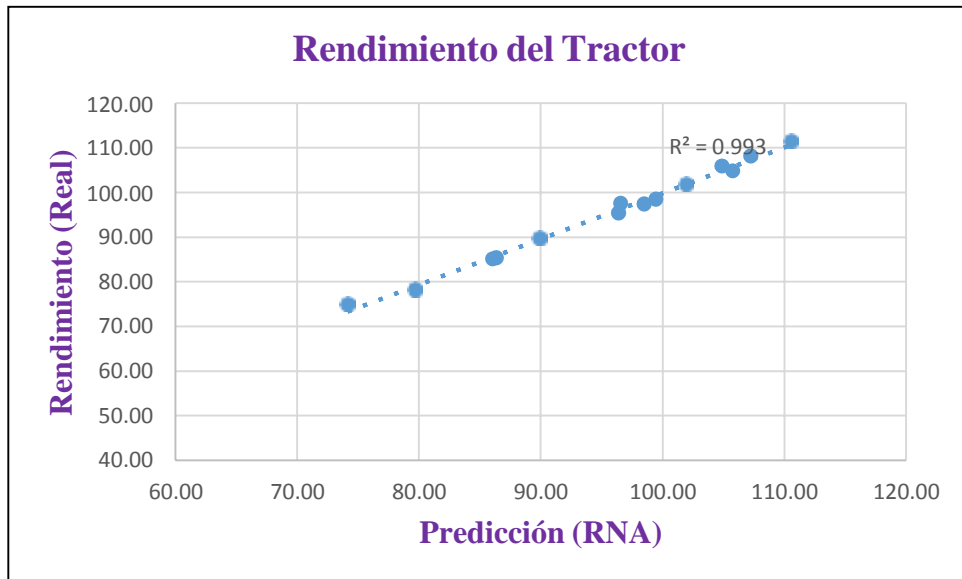


**Gráfico 16.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor Komatsu D65) de RNA y Datos de obra (Excavación y Empuje).

**Fuente:** Elaboración Propia.

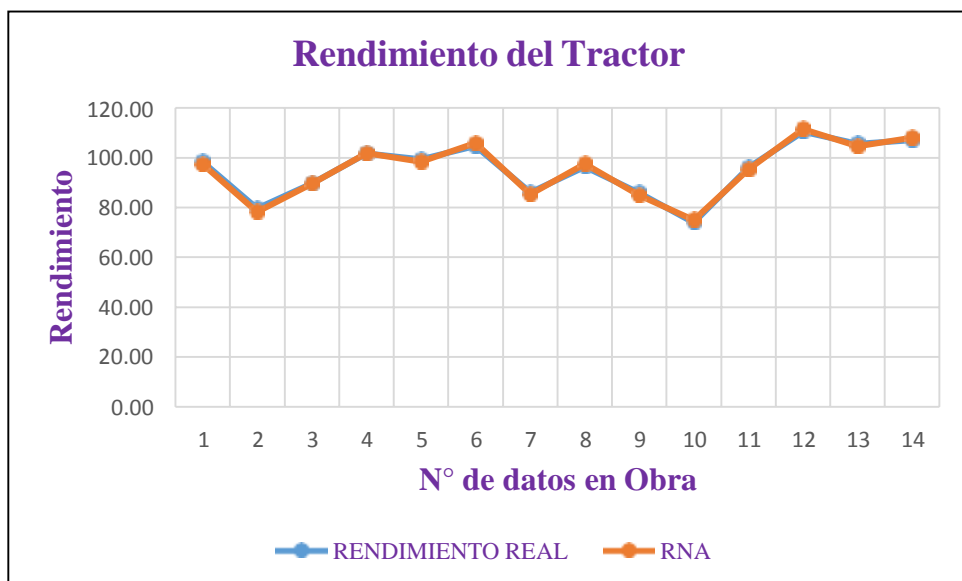
El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9823$ .





**Gráfico 17.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

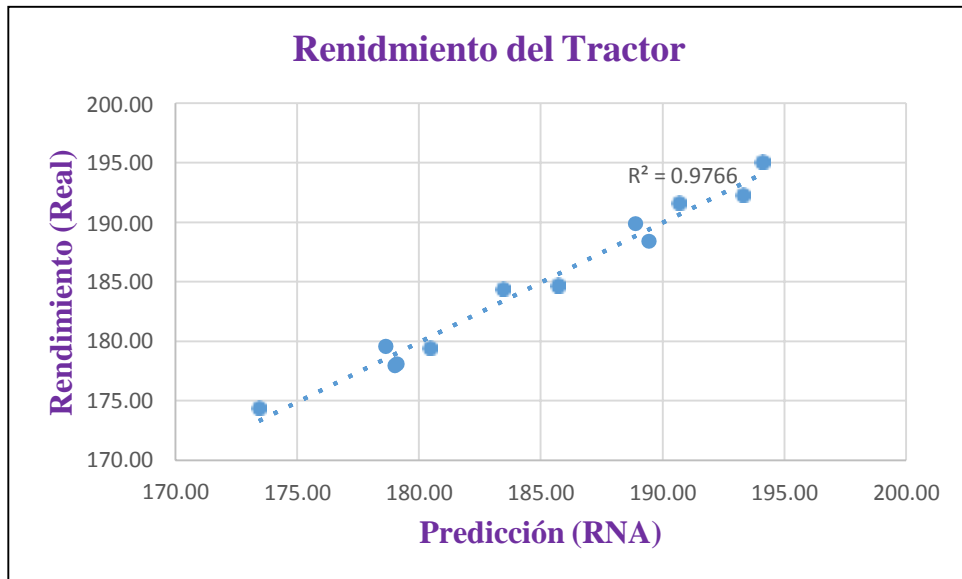
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 18.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

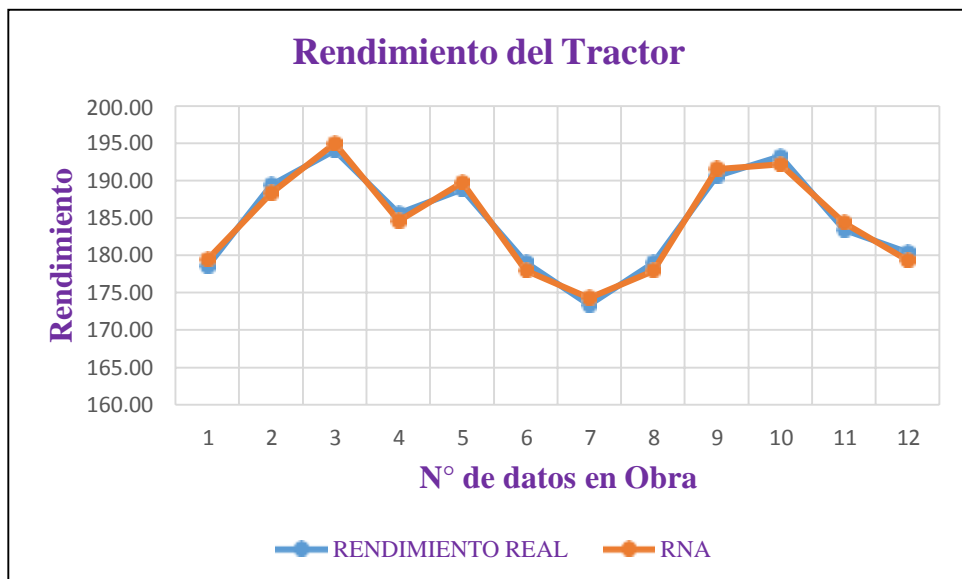
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.993$ .



**Gráfico 19.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Excavación).

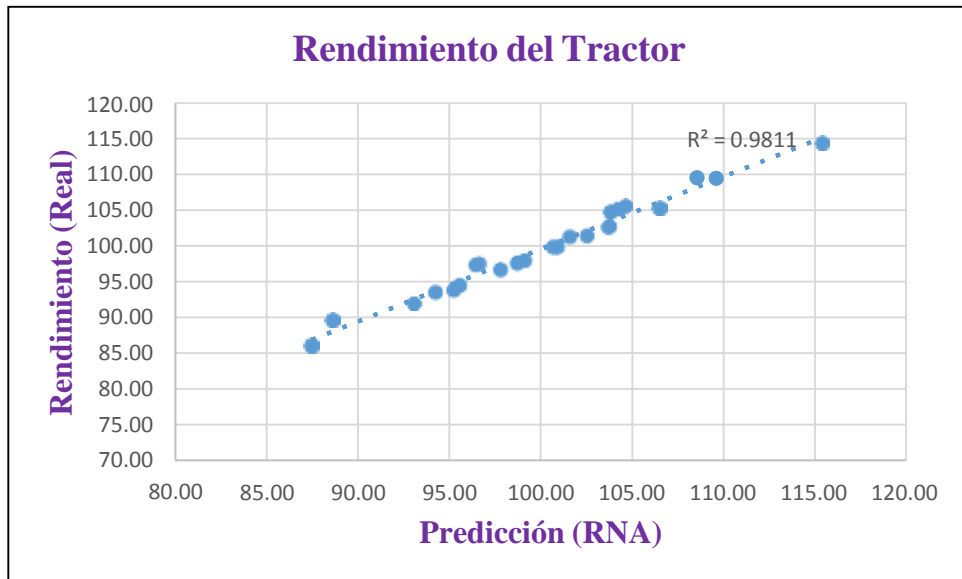
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 20.** Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Excavación).

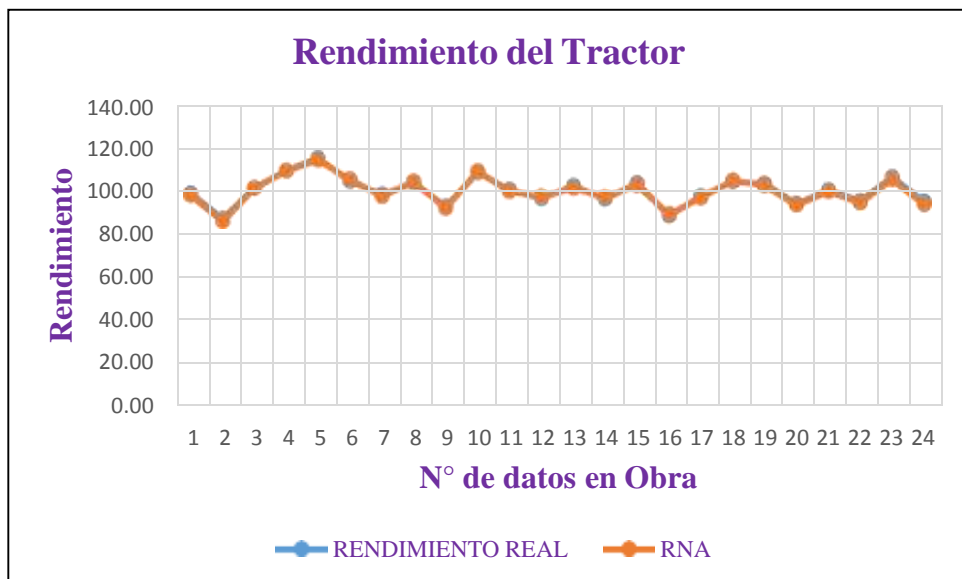
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resulta una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9766$ .



**Gráfico 21.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Empuje).

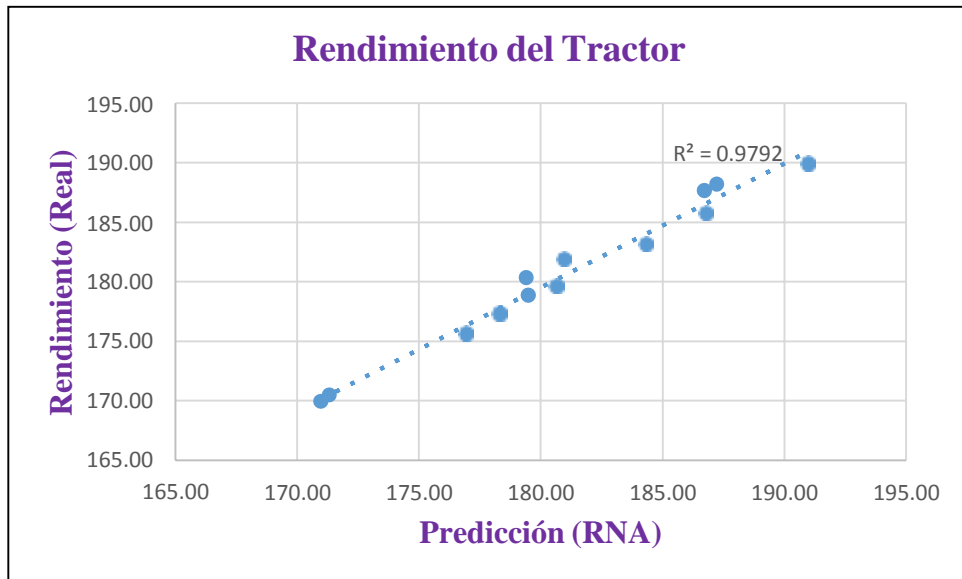
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 22.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D6T) de RNA y Datos de obra (Empuje).

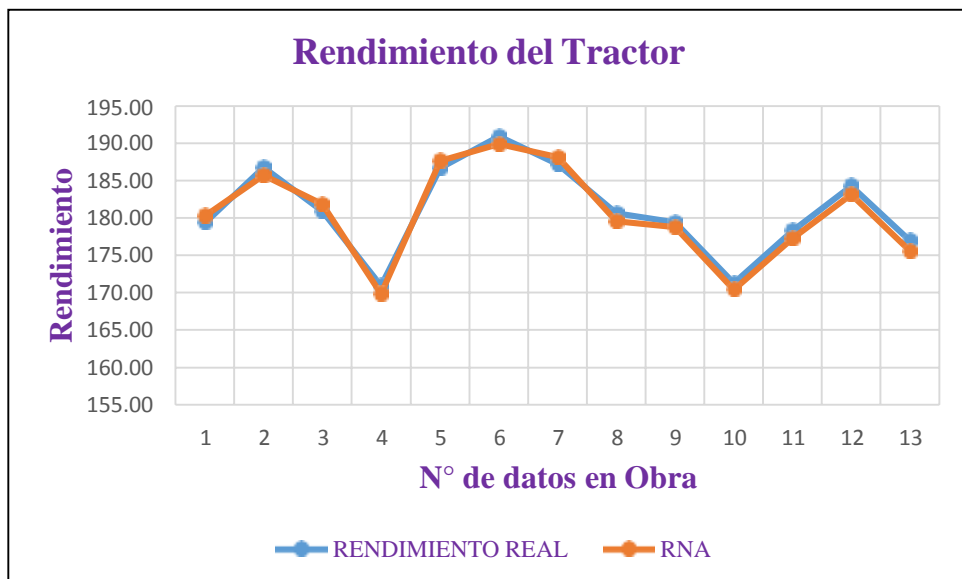
**Fuente:** Elaboración Propia.

El grafico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9811$ .



**Gráfico 23.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

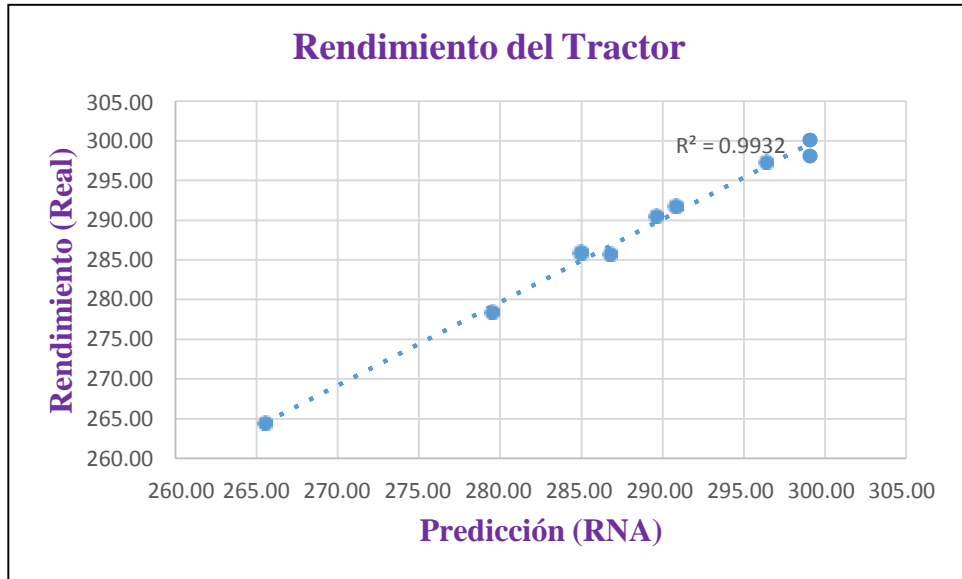
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 24.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Corte y Relleno).

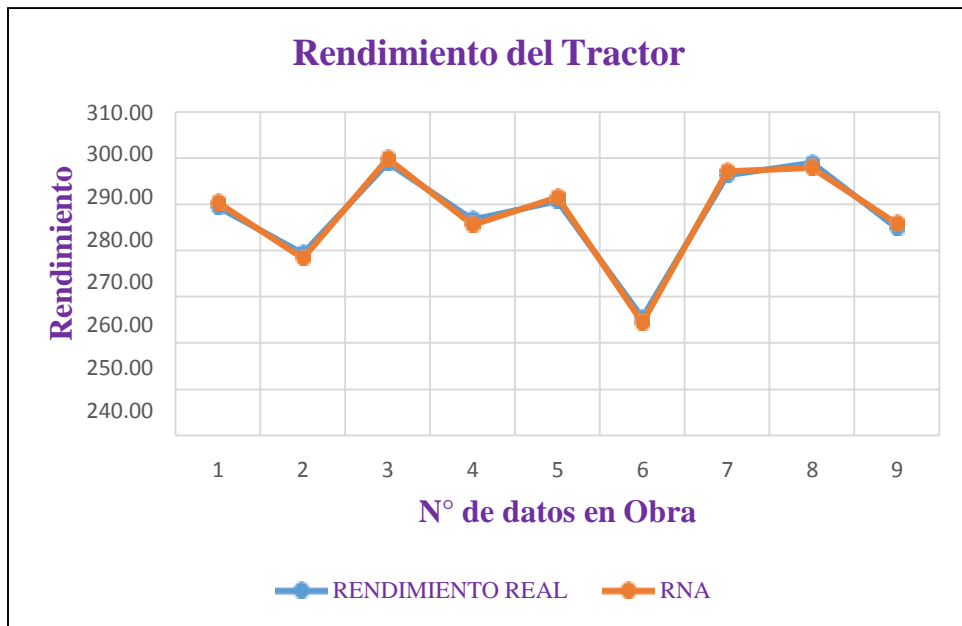
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9792$ .



**Gráfico 25.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Excavación).

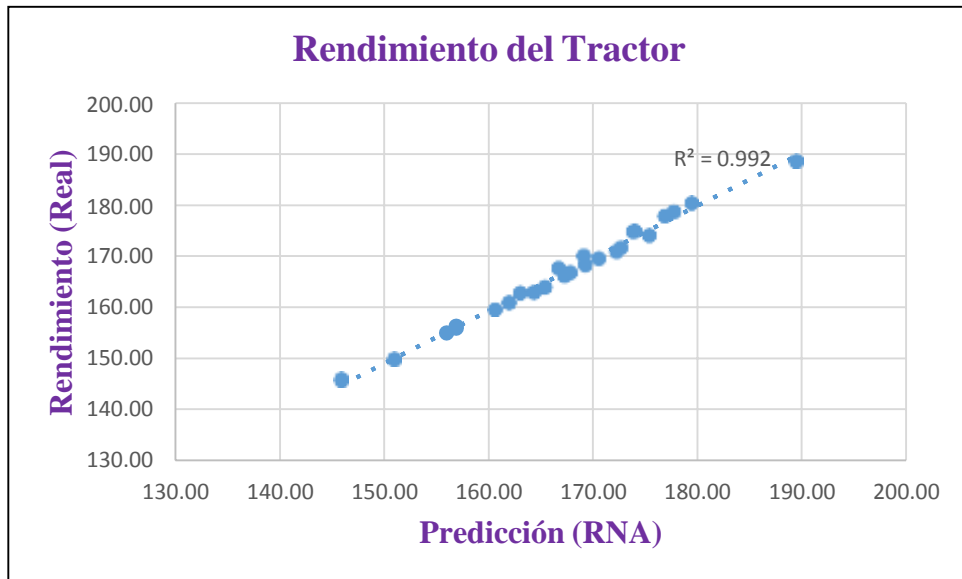
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 26.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Excavación).

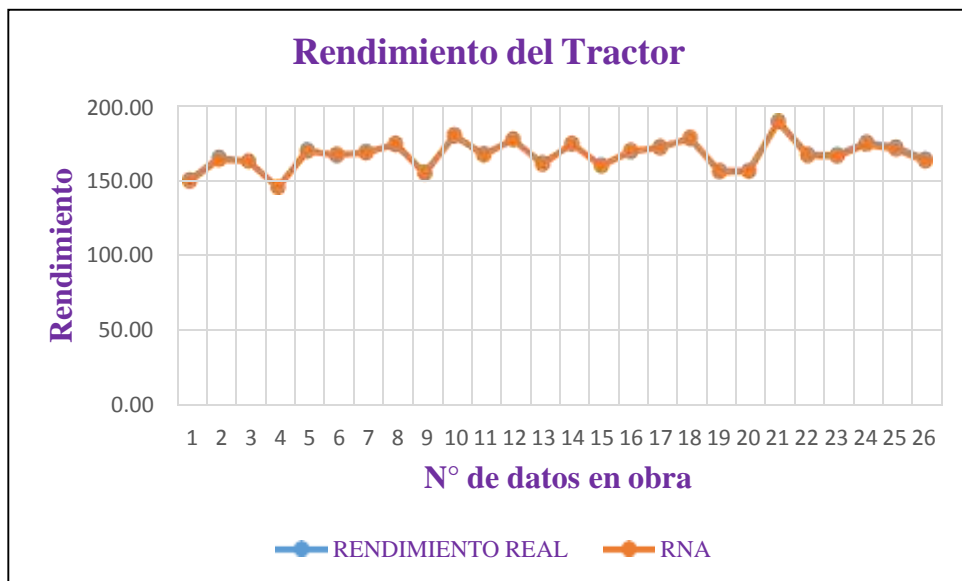
**Fuente:** Elaboración Propia.

El grafico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9932$ .



**Gráfico 27.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Empuje).

**Fuente:** Elaboración Propia.



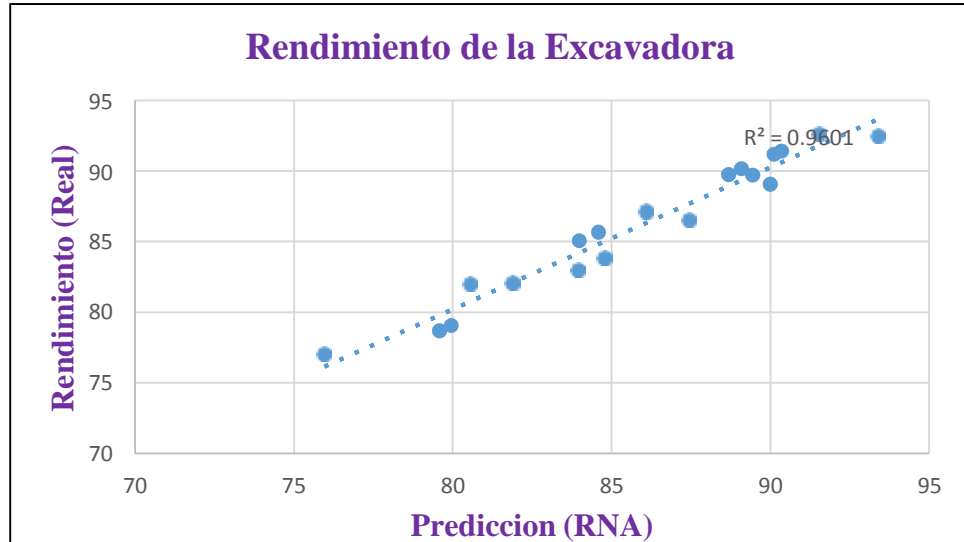
**Gráfico 28.**Correlación de los datos (Rendimiento del Tractor CAT D8T) de RNA y Datos de obra (Empuje).

**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.992$ .

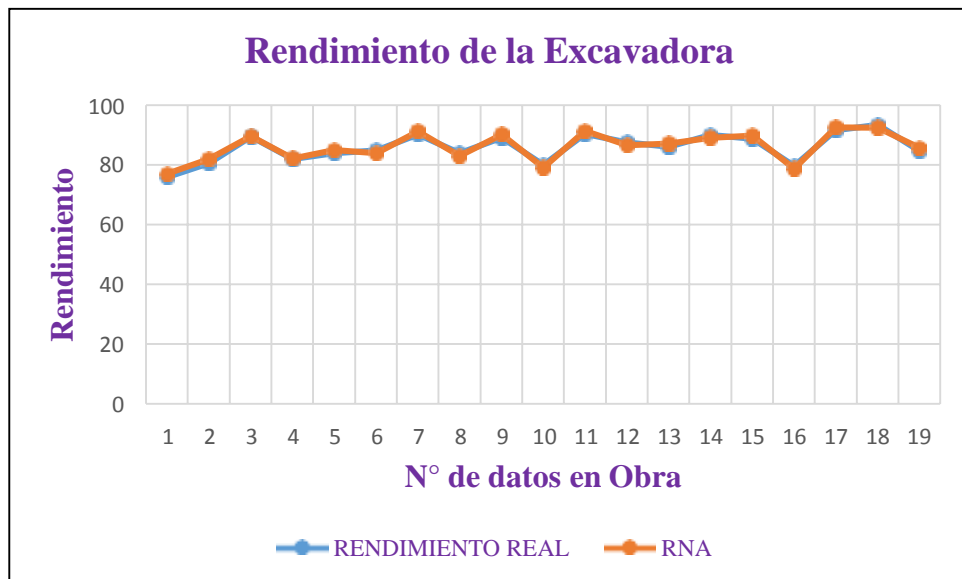
✓ **Correlación de resultados del rendimiento de la excavadora**

A continuación, se muestra los resultados del rendimiento del tractor que se han obtenido desarrollando el modelo neuronal y los rendimientos obtenidos de la recopilación de proyectos reales.



**Gráfico 29.** Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL) deRNA y Datos de obra.

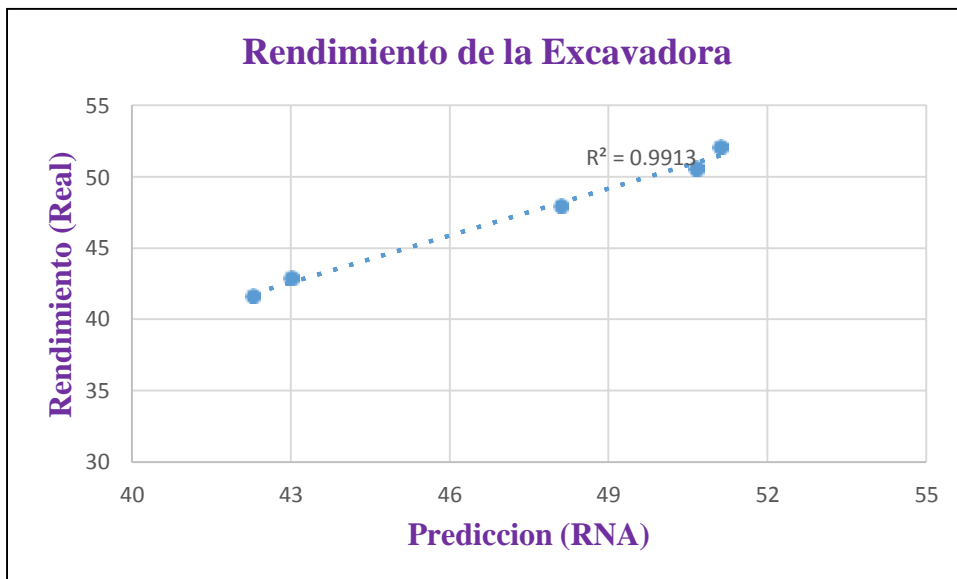
**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 30.** Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora CAT 330 DL) deRNA y Datos de obra.

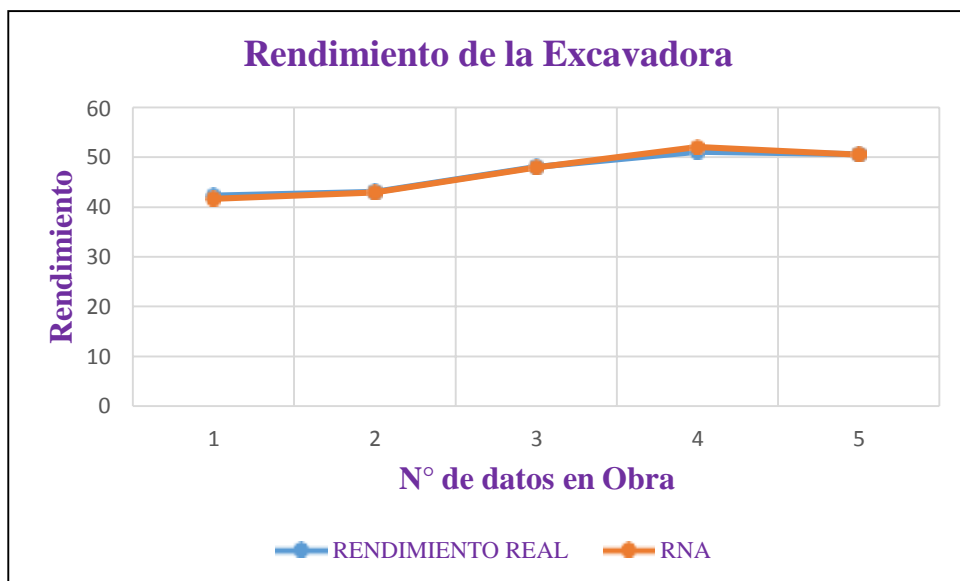
**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9601$ .



**Gráfico 31.** Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350) de RNA y Datos de obra.

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Gráfico 32.** Correlación de los datos (Rendimiento de la Excavadora Komatsu PC350) de RNA y Datos de obra.

**Fuente:** Elaboración Propia.

El gráfico nos muestra la forma de tendencia de los puntos, la cual nos dice que resultó una buena correlación lineal positiva, siendo el bondad de ajuste de  $R^2=0.9913$ .



**Tabla 45.** Resumen de resultados del ajuste de correlaciones de la RNA versus los de Datos en Obra.

Análisis de regresión de cada modelo neuronal	Factor de ajuste o correlación $R^2$		
	Modelo Neuronal Entrenado	Validación Laboratorio	Correlación
Análisis de regresión para el Rendimiento del Tractor	0.9971	0.9764	Bueno
Análisis de regresión para el Rendimiento de la Excavadora	0.9906	0.9757	Bueno

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 46.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8R (Corte y relleno).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
R-1	158.13	158.85
R-2	149.92	153.17
R-3	164.98	162.85
R-4	158.64	158.11
R-5	160.64	161.02
R-6	169.87	168.96
R-7	170.06	170.68
R-8	158.53	157.99
R-9	168.8	168.02
R-10	168.12	170.15
R-11	157.32	156.73
R-12	169.38	170.35
R-13	149.99	148.58
R-14	160.15	160.78
R-15	162.9	163.05
R-16	161.99	160.88
R-17	166.6	167.67
R-18	171.87	170.69
R-19	158.04	160.13

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 47.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8R (Excavación y Empuje).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
R-1	260.83	262.48
R-2	259.13	260.01
R-3	260.83	259.09
R-4	261.96	261.32
R-5	253.00	254.10
R-6	254.01	253.89
R-7	249.98	248.65
R-8	250.99	251.98
R-9	264.38	263.37
R-10	257.29	257.88
R-11	252.19	251.25
R-12	255.23	257.96
R-13	255.93	256.78
R-14	250.80	248.59
R-15	257.85	259.74
R-16	260.28	261.96
R-17	245.12	246.14

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 48.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor Komatsu D65 (Corte y Relleno).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
R-1	113.98	113.01
R-2	108.84	109.58
R-3	119.45	120.25
R-4	109.66	110.14
R-5	113.46	112.85
R-6	109.91	108.99
R-7	106.84	106.63
R-8	108.12	107.93
R-9	118.27	119.11
R-10	105.83	106.14
R-11	123.35	122.68
R-12	115.58	116.23
R-13	112.08	111.98
R-14	112.85	112.63
R-15	112.39	113.64
R-16	111.71	112.05
R-17	108.08	109.14
R-18	111.10	110.87

<b>R-19</b>	102.82	103.93
<b>R-20</b>	115.93	115.66
<b>R-21</b>	109.03	108.86

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 49.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor Komatsu D65 (Excavación y Empuje).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	190.82	191.73
<b>R-2</b>	186.31	186.93
<b>R-3</b>	187.43	186.43
<b>R-4</b>	165.31	164.35
<b>R-5</b>	168.67	167.59
<b>R-6</b>	174.04	175.55
<b>R-7</b>	163.96	163.18
<b>R-8</b>	172.78	171.53
<b>R-9</b>	161.67	162.14
<b>R-10</b>	165.11	164.67
<b>R-11</b>	164.62	166.24
<b>R-12</b>	161.50	160.26
<b>R-13</b>	165.56	167.59
<b>R-14</b>	164.34	162.97
<b>R-15</b>	158.26	158.75
<b>R-16</b>	174.85	173.99
<b>R-17</b>	162.31	163.09
<b>R-18</b>	179.21	181.08
<b>R-19</b>	191.10	188.14
<b>R-20</b>	168.19	168.64
<b>R-21</b>	164.30	163.37
<b>R-22</b>	174.02	175.07
<b>R-23</b>	162.35	161.98
<b>R-24</b>	165.59	163.81
<b>R-25</b>	161.38	159.45

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 50.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Corte y Relleno).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	98.50	97.41
<b>R-2</b>	79.70	78.27
<b>R-3</b>	89.89	89.65
<b>R-4</b>	101.96	101.80
<b>R-5</b>	99.45	98.40
<b>R-6</b>	104.90	105.83
<b>R-7</b>	86.32	85.27
<b>R-8</b>	96.57	97.50
<b>R-9</b>	86.05	85.00
<b>R-10</b>	74.10	75.03
<b>R-11</b>	96.40	95.35
<b>R-12</b>	110.56	111.49
<b>R-13</b>	105.78	104.73
<b>R-14</b>	107.23	108.16

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 51.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Excavación).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	178.63	179.56
<b>R-2</b>	189.44	188.39
<b>R-3</b>	194.10	195.03
<b>R-4</b>	185.69	184.64
<b>R-5</b>	188.90	189.83
<b>R-6</b>	179.10	178.05
<b>R-7</b>	173.42	174.35
<b>R-8</b>	179.00	177.95
<b>R-9</b>	190.67	191.60
<b>R-10</b>	193.30	192.25
<b>R-11</b>	183.45	184.38
<b>R-12</b>	180.45	179.40

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 52.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D6T (Empuje).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
R-1	99.10	98.01
R-2	87.45	86.02
R-3	101.56	101.32
R-4	109.60	109.44
R-5	115.40	114.35
R-6	104.61	105.54
R-7	98.70	97.65
R-8	103.78	104.71
R-9	93.10	92.05
R-10	108.54	109.47
R-11	100.89	99.84
R-12	96.63	97.56
R-13	102.50	101.45
R-14	96.45	97.38
R-15	103.74	102.69
R-16	88.60	89.53
R-17	97.80	96.75
R-18	104.23	105.16
R-19	103.66	102.61
R-20	94.26	93.61
R-21	100.67	99.85
R-22	95.56	94.57
R-23	106.50	105.34
R-24	95.26	93.93

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 53.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Corte y Relleno).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
R-1	179.40	180.33
R-2	186.79	185.74
R-3	180.96	181.89
R-4	170.96	169.91
R-5	186.71	187.64
R-6	190.97	189.92
R-7	187.23	188.16
R-8	180.64	179.59
R-9	179.48	178.83

<b>R-10</b>	171.31	170.49
<b>R-11</b>	178.30	177.31
<b>R-12</b>	184.30	183.14
<b>R-13</b>	176.94	175.61

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 54.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Excavación).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	289.60	290.53
<b>R-2</b>	279.49	278.44
<b>R-3</b>	299.10	300.03
<b>R-4</b>	286.78	285.73
<b>R-5</b>	290.80	291.73
<b>R-6</b>	265.49	264.44
<b>R-7</b>	296.40	297.33
<b>R-8</b>	299.10	298.05
<b>R-9</b>	284.96	285.89

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 55.** Comparación de resultados de los rendimientos obtenidos con la RNA y datos de la obra del Tractor CAT D8T (Empuje).

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DEL TRACTOR	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	150.89	149.80
<b>R-2</b>	165.46	164.03
<b>R-3</b>	163.10	162.86
<b>R-4</b>	145.90	145.74
<b>R-5</b>	170.55	169.50
<b>R-6</b>	166.70	167.63
<b>R-7</b>	169.27	168.22
<b>R-8</b>	173.80	174.73
<b>R-9</b>	155.96	154.91
<b>R-10</b>	179.40	180.33
<b>R-11</b>	167.84	166.79
<b>R-12</b>	176.86	177.79
<b>R-13</b>	162.00	160.95
<b>R-14</b>	173.96	174.89
<b>R-15</b>	160.67	159.62
<b>R-16</b>	169.10	170.03
<b>R-17</b>	172.64	171.59
<b>R-18</b>	177.70	178.63
<b>R-19</b>	156.90	155.85

<b>R-20</b>	156.90	156.25
<b>R-21</b>	189.45	188.63
<b>R-22</b>	167.56	166.57
<b>R-23</b>	167.30	166.14
<b>R-24</b>	175.36	174.03
<b>R-25</b>	172.23	170.92
<b>R-26</b>	164.37	162.97

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 56.** Comparación de resultados obtenidos con la RNA y el del laboratorio de la Excavadora CAT 330DL.

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	75.96	77.05
<b>R-2</b>	80.56	81.99
<b>R-3</b>	89.45	89.69
<b>R-4</b>	81.90	82.06
<b>R-5</b>	83.99	85.04
<b>R-6</b>	84.79	83.86
<b>R-7</b>	90.12	91.17
<b>R-8</b>	83.96	83.03
<b>R-9</b>	89.10	90.15
<b>R-10</b>	79.96	79.03
<b>R-11</b>	90.36	91.41
<b>R-12</b>	87.45	86.52
<b>R-13</b>	86.09	87.14
<b>R-14</b>	90.00	89.07
<b>R-15</b>	88.70	89.75
<b>R-16</b>	79.60	78.67
<b>R-17</b>	91.55	92.6
<b>R-18</b>	93.40	92.47
<b>R-19</b>	84.60	85.65

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 57.** Comparación de resultados obtenidos con la RNA y el del laboratorio de la Excavadora Komatsu PC350.

RENDIMIENTO	RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA	
	DATOS DE LA OBRA	RNA (%)
<b>R-1</b>	42.29	41.66
<b>R-2</b>	43.03	42.91
<b>R-3</b>	48.12	47.95
<b>R-4</b>	51.12	52.09
<b>R-5</b>	50.67	50.54

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 4.4. DISCUSIONES DE RESULTADOS

### 4.4.1. Discusión 1

El coeficiente de correlación  $R^2$  es un indicador que nos permite evaluar cuan aceptable es una información o un modelo desarrollado.

El coeficiente de correlación que se obtuvo de la base de datos de los rendimientos del tractor mediante el aprendizaje y el desarrollo del modelo de la red neuronal y la información que se ha compuesto, tiene un valor aceptable de  $R^2= 0.9971$ .

El coeficiente de correlación que se obtuvo de la base de datos de los rendimientos del tractor mediante el aprendizaje y el desarrollo del modelo de la red neuronal y la información que se ha compuesto, tiene un valor aceptable de  $R^2= 0.9906$ .

Según, (Bayomy,2012), existen categorías de evaluación del coeficiente de correlación  $R^2$ , para lo cual se da la siguiente interpretación: Los valores que estén muy cercanos a la unidad ( $R^2 \geq 1$ ) se consideran de buena a excelente, los valores que se encuentran por debajo de ( $R^2 < 0.7$ ) van de regular a mala. Por tanto, los valores que se han obtenido son muy aceptables, dentro de los parámetros establecidos.

### 4.4.2. Discusión 2

La información o base de datos que se ha desarrollado es la siguiente: las variables de entrada son 7 y una variable de salida, cabe señalar que las variables de entrada son independientes y la variable de salida depende de estas. Con estas variables, el modelo desarrollado alcanza un coeficiente de correlación muy buena.

Según, (Bayomy,2012), existen categorías de evaluación del coeficiente de correlación  $R^2$ , para lo cual se da la siguiente interpretación: Los valores que estén muy cercanos a la unidad ( $R^2 \geq 1$ ) se consideran de buena a excelente, los valores que se encuentran por debajo de ( $R^2 < 0.7$ ) van de regular a mala. Por tanto, los valores que se han obtenido son muy aceptables, dentro de los parámetros establecidos.

### 4.4.3. Discusión 3

El diseño de la arquitectura del modelo de la Red Neuronal Artificial, se efectuó mediante la búsqueda y la elección de la mejor red, Dentro del Software NeuralTools existe la opción de buscar la



mejor red, donde el programa va entrenando y probando cada una de las configuraciones hasta encontrar la óptima, en la presente investigación se hizo la selección automática de las redes GRNN y las MLFN de 2 a 6 nodos en la capa oculta, durante el proceso se hace la búsqueda de la mejor red de cada modelo que son 6 en este caso, por lo que el software elige la mejor, cabe señalar que para la elección del modelo óptimo se recurre a dos parámetros que son el error cuadrático medio y los coeficientes de correlación, esto en referencia al aprendizaje del modelo de Red Neuronal Artificial.

La arquitectura de modelo de Red Neuronal Artificial que resulto ser óptima y que obtuvo el menor error fue la predicción numérica GRNN que fue la mejor configuración, esto para el caso del rendimiento del Tractor, Para el caso de la Excavadora la mejor configuración fue la predicción numérica MLFN de 3 nodos, de esta manera se nota que la elección del mejor modelo de Red Neuronal solo es posible realizando varias pruebas de ensayo error en el Software.

En investigaciones desarrolladas anteriormente a cerca de Modelos de Redes neuronales Artificiales podemos observar que el diseño de la arquitectura o topología de una Red Neuronal, depende por lo general de las variables ya sea de entrada y salida, en relación a lo anterior (Gomez, y otros, 2012), en el artículo de investigación de Aplicación de redes neuronales en la clasificación de arcillas, obtiene de una búsqueda de la mejor red neuronal la cual obtiene una topología de MLFN de 5 nodos con un promedio de clasificación correcta del 94.12%.

#### 4.4.4. Discusión 4

Para determinar la evaluación y la validación, en todo caso analizar el nivel de precisión del modelo neuronal, se hizo mediante la obtención de los factores de correlación que se han alcanzado mediante el modelo neuronal óptimo y de los rendimientos reales en obra, de la cual el coeficiente de correlación de Pearson es positiva y muy buena, para el caso del Tractor se hizo la validación del modelo, para ciertos modelos de maquinarias y funciones específicas sin embargo en este caso señalaremos el promedio, por tanto el  $R^2=9664$ , de la misma manera para el caso de la excavadora se consideró el promedio y se obtuvo,  $R^2=9757$ .

Según, (Bayomy,2012), existen categorías de evaluación del coeficiente de correlación  $R^2$ , para lo cual se da la siguiente interpretación: Los valores que estén muy cercanos a la unidad ( $R^2 \geq 1$ ) se consideran de buena a excelente, los valores que se encuentran por debajo de ( $R^2 < 0.7$ ) van de regular a mala. Por tanto, los valores que se han obtenido son muy aceptables, dentro de los parámetros establecidos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIÓN 1

- En la presente investigación se llevó a cabo el desarrollo de la información o base de datos, en base a esto se obtuvo resultados con coeficientes de correlación muy buenas para ciertos parámetros establecidos en la investigación. Por lo tanto, podemos concluir que, la información recopilada, o base de datos de los rendimientos de las maquinarias en estecaso Tractores y Excavadoras que se obtuvieron de bibliografía e investigaciones son confiables, ya que se pudo desarrollar el modelo de Red Neuronal optima con una precisión aceptable y coeficiente de correlación muy buena.

### CONCLUSIÓN 2

- La estructura del modelo neuronal artificial se desarrolló a través del aprendizaje de la red neuronal artificial, esto tomando referencia la base de datos de bibliografía e investigaciones anteriores a cerca de rendimiento de maquinarias en las actividades de movimiento de tierras, de igual manera también se ha diseñado la arquitectura del modelo neuronal del tipo GRNN y MLFN, que son redes multiniveles en una dirección, donde el promedio de predicción fue aceptable

### CONCLUSIÓN 3

- Para la fase de evaluación y validación del modelo neuronal, y por ende definir la precisión del modelo de red neuronal, se tuvo que recurrir a los parámetros de correlación que se ha obtenido por medio del modelo neuronal optimo y mediante los datos tomados de las investigaciones pasadas en las cuales se encontró información de rendimientos de maquinarias en las operaciones de movimiento de tierras en proyectos. La correlación de Pearson sostiene rangos de evaluación en las cuales cierta información o modelo es confiable, por tanto en la presente investigación se obtuvo  $R^2= 0.9971$  para el caso de los rendimientos de los Tractores y  $R^2= 0.9906$ . para el rendimiento de la excavadora. Con lo cual podemos concluir que el modelo neuronal artificial tiene una precisión aceptable y es confiable.

### CONCLUSIÓN FINAL

- La correlación de Pearson es muy buena con coeficientes de  $R^2= 0.9971$  para el caso de los rendimientos de los Tractores y  $R^2= 0.9906$ . para el rendimiento de la excavadora. En base a esto se puede afirmar que es posible la predicción de rendimientos de maquinarias (Tractores y Excavadoras) y con una precisión optima, dentro de ciertos parámetros establecidos.

## **RECOMENDACIONES**

### **RECOMENDACIÓN 1**

- Se recomienda que la información para desarrollar una base de datos, sea de muy buena fuente, además se debe recurrir a los catálogos actuales de las características de una maquinaria, en las diferentes marcas, esto con el fin de enriquecer la base de datos y así obtener una precisión del modelo neuronal artificial mucho más optima

### **RECOMENDACIÓN 2**

- Se recomienda poner más énfasis en el diseño de la arquitectura realizando un lenguaje formal que este diseñado para organizar de mejor manera los algoritmos y procesos lógicos, ya que aquí es donde ocurre el proceso más importante y con la cual se pueda obtener una precisión muy alta, mediante la reducción del error cuadrático medio, además que las redes sean multiniveles.

### **RECOMENDACIÓN 3**

- Se recomienda que para la validación del modelo y que este sea de muy buena precisión, realizar una recopilación de todos los rendimientos de todas las marcas y modelos posibles de las maquinarias en las actividades de movimiento de tierras en los diferentes proyectos, esto con el fin de obtener un mejor coeficiente de correlación.

### **RECOMENDACIÓN FINAL**

- Se recomienda hacer una mejor selección de variables de entrada para cada maquinaria, ya que en las actividades de movimiento de tierras cada maquinaria cumple diversas funciones y los rendimientos están relacionados a diversos factores que no para todos son los mismos, además se sugiere ajustar de mejor manera los parámetros de análisis de cada variable, por otro lado cuanto mejor sea la recopilación de información mejor será el aprendizaje de la red neuronal, por tal razón se recomienda enriquecer mucho más la base de datos para que la disminución del porcentaje de error sea mínima, todo esto con el fin de que se obtenga mejores coeficientes de correlación cercanos a la unidad que son los más óptimos y la predicción de los rendimientos de las maquinarias sea de muy buena precisión, y confiable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo Orozco, J. J., Alvarado Peralta, J. N., & Alarcón Segura, P. S. (2018).** *Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado*. Guayaquil.
- Aguilar Andrés, G. (2015).** *Movimiento de Tierras*.
- Alvarez Ledesma, A. A. (2015).** *Generacion de caudales con modelos de redes neuronales artificiales de las caracteristicas de una cuenca*. Huancayo.
- Beltran, G., & Romo, M. (2014).** *Assessing artificial neural network performance in estimating the layer properties of pavements*. *Ingeniería e Investigación*, vol.34 no.2.
- Bredenhann S.J., & Van de Ven M.F.C. (2004).** *Application of artificial neural networks in the Back - calculation of Flexible Pavement Layer moduli from Deflection Measurements*. Sun City: CAPSA.
- Callacna Custodio, M., Diaz Huamanchuco, J., & Vasquez Villalobos, V. (2018).** *Prediccion por redes neurales artificiales del peso corporal de Capra Hircus en crianza semiextensiva*. Trujillo.
- Carrasco Días, S. (2005).** *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: San Marcos.
- Ceylan, B., & Gopalakrishnan, K. (2014).** *Neural networks applications in pavement engineering a recente survey*.
- Charytoniuk, W. (2000).** *Neural Network Based demand forecasting in a deregulated environment* (Vol. Vol. 36). (I. T. on, Ed.) Industry Applications.
- Federico Bertona, L. (2005).** *Entrenamiento de redes neuronales basado en algoritmos evolutivos*. Buenos Aires.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).** *METODOLOGIA DELA INVESTIGACION*. Lima: Mc Graw Hill Education.
- Hurtado de la Barrera, J. (2010).** *Metodología de la Investigación*. Caracas: Quirón.
- Jiménez. (2013).** *Pronóstico de demanda de llamadas en los call center,utilizando redes neuronales artificiales*. Piura.
- Luna Vera. (2013).** *Predicción y pronóstico de tormentas en regiones de montaña aplicación en la cuenca del río La Paz, Bolivia*. Mexico.
- M. Hajmeer, & I.A. Basheer. (2000).** *Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application*. Manhattan: Journal of Microbiological Methods 43.
- Magnusson. (1985).** *Teoría de los Test*. México: Trillas.

**Malpica Quijada, C. F. (2014).** *Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras.* Cajamarca.

**Olguín Rodríguez, E. R. (2018).** *Clasificación de líneas espectrales variables con métodos de redes neuronales artificiales.* Cuernavaca.

**Paredes Rodríguez, J. C. (2018).** *Plataforma Cloud de monitoreo, adquisición visualización y predicción de la contaminación del aire, basado en modelos de redes neuronales artificiales.* . Ambato.

**Sivadandam, S. & Sumathi, S. & Deepa S. (2006).** *Introduction to neural networks using matlab 6.0.*  
New Delhi: Tata McGraw.

**Tamayo Tamayo, M. (2003).** *El proceso de la Investigación Científica.* Mexico: Limusa S.A.

**Tools, N. (2015).** *Redes Neuronales para el reconocimiento de patrones no tradicionales en la predicción de accidentes fatales en la industria minera peruana.*

**White, H., Stinchcombe, M., & Hornik, K. (1989).** *Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators.* San Diego: Neural Networks.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: BASE DE DATOS DE LAS OBRAS ANEXO**

**2: FICHAS TÉCNICAS DE LAS OBRAS**

**ANEXO 3: APLICACIÓN PARA PREDECIR LOS RENDIMIENTOS DE LAS MAQUINARIAS  
(TRACTOR Y EXCAVADORAS)**

**ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA Y MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

## ANEXO 1: BASE DE DATOS DE LAS OBRAS

- ANEXO 1.1: Base de datos de los rendimientos de los tractores y excavadoras de la investigación 1.

<b>TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D8R</b>					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTITUD	CLIMA
TRACTOR CAT D8R	158.13	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	149.92	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	164.98	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	158.64	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	160.64	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	169.87	CORTE Y RELLENO	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8R	170.06	CORTE Y RELLENO	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8R	158.53	CORTE Y RELLENO	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8R	168.80	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	168.12	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	157.32	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	169.38	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	149.99	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	160.15	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	162.90	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	161.99	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	166.60	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	171.87	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	158.04	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3

**Figura 29.** Rendimientos del Tractor CAT D8R en las actividades de Corte y Relleno.

**Fuente:** Elaboración Propia

EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTITUD	CLIM A
TRACTOR CAT D8R	260.83	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	259.13	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	260.83	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	261.96	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	253.00	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	254.01	EXCAVACION	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8R	249.98	EXCAVACION	LLUVIOS O	4100	1

TRACTOR CAT D8R	250.99	EXCAVACION	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8R	264.38	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	257.29	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	252.19	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	255.23	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	255.93	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	250.80	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8R	257.85	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	260.28	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8R	245.12	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3

**Figura 30.** Rendimientos del Tractor CAT D8R en las actividades de Excavación y Empuje.

**Fuente:** Elaboración Propia

<b>TRACTOR SOBRE ORUGAS KOMATSU D65</b>					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTITUD	CLIMA
TRACTOR KOMATSU D65	113.98	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	108.84	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	119.45	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	109.66	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	113.46	CORTE Y RELLENO	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	109.91	CORTE Y RELLENO	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	106.84	CORTE Y RELLENO	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	108.12	CORTE Y RELLENO	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	118.27	CORTE Y RELLENO	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	105.83	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	123.35	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	115.58	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	112.08	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	112.85	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	112.39	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	111.71	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	108.08	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	111.10	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	102.82	CORTE Y RELLENO	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	115.93	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	109.03	CORTE Y RELLENO	SOLEADO	4100	3

**Figura 31.** Rendimientos del Tractor CAT D8R en las actividades de Corte y Relleno

**Fuente:** Elaboración Propia



EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTITUD	CLIMA
TRACTOR KOMATSU D65	190.82	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	186.31	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	187.43	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	165.31	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	168.67	EXCAVACION	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	174.04	EXCAVACION	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	163.96	EXCAVACION	LLUVIOSO	4100	1
TRACTOR KOMATSU D65	172.78	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	161.67	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	165.11	EMPUJE	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	164.62	EMPUJE	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	161.50	EMPUJE	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	165.56	EMPUJE	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	164.34	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	158.26	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	174.85	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	162.31	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	179.21	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	191.10	EMPUJE	NUBLADO	4100	2
TRACTOR KOMATSU D65	168.19	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	164.30	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	174.02	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	162.35	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	165.59	EMPUJE	SOLEADO	4100	3
TRACTOR KOMATSU D65	161.38	EMPUJE	SOLEADO	4100	3

**Figura 32.** Rendimientos del Tractor KOMATSU D65 en las actividades de Excavación y Empuje.

**Fuente:** Elaboración Propia

EXCAVADORA KOMATSU PC350					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTITUD	CLIMA
EXCAVADORA PC 350	42.29	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
EXCAVADORA PC 350	43.03	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
EXCAVADORA PC 350	48.12	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3
EXCAVADORA PC 350	51.12	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3
EXCAVADORA PC 350	50.67	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3

**Figura 33.** Rendimientos de la Excavadora KOMATSU PC350 en las actividades de Excavación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

- ANEXO 1.2: Base de datos de los rendimientos de los tractores y excavadoras de la investigación 2.

<b>EXCAVADORA CAT 330DL</b>					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTURA	CLIMA
EXCAVADORA CAT 330DL	75.96	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	80.56	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	89.45	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	81.90	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	83.99	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	84.79	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	90.12	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	83.96	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	89.10	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	79.96	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	90.36	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	87.45	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	86.09	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	90.00	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	88.70	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2
EXCAVADORA CAT 330DL	79.60	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	91.55	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	93.40	CORTE Y RRELLENO	SOLEAD O	4100	3
EXCAVADORA CAT 330DL	84.60	CORTE Y RRELLENO	NUBLAD O	4100	2

**Figura 34.** Rendimientos de la Excavadora CAT 330DL en las actividades de Corte y Relleno.

**Fuente:** Elaboración Propia.

TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D6T					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTUR A	CLIMA
TRACTOR CAT D6T	98.50	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	79.70	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	89.89	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	101.96	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	99.45	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	104.90	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	86.32	CORTE Y RRELENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	96.57	CORTE Y RRELENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	86.05	CORTE Y RRELENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	74.10	CORTE Y RRELENO	LLUVIO SO	4100	1
TRACTOR CAT D6T	96.40	CORTE Y RRELENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	110.56	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	105.78	CORTE Y RRELENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	107.23	CORTE Y RRELENO	NUBLAD O	4100	2

**Figura 35.**Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Corte y Relleno.

**Fuente:** Elaboración Propia.

EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTUR A	CLIMA
TRACTOR CAT D6T	178.63	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	189.44	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	194.10	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	185.69	EXCAVACION	LLUVIO SO	4100	1
TRACTOR CAT D6T	188.90	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	179.10	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	173.42	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	179.00	EXCAVACION	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	190.67	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	193.30	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	183.45	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	180.45	EXCAVACION	SOLEAD O	4100	3

**Figure 36.**Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Excavación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTUR A	CLIMA
TRACTOR CAT D6T	99.10	EMPUJE	LLUVIO SO	4100	1
TRACTOR CAT D6T	87.45	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	101.56	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	109.60	EMPUJE	LLUVIO SO	4100	1
TRACTOR CAT D6T	115.40	EMPUJE	SOLEAD	4100	3

			O		
TRACTOR CAT D6T	104.61	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	98.70	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	103.78	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	93.10	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	108.54	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	100.89	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	96.63	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	102.50	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	96.45	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	103.74	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	88.60	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	97.80	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	104.23	EMPUJE	LLUVIO SO	4100	1
TRACTOR CAT D6T	103.66	EMPUJE	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D6T	94.26	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	100.67	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	95.56	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	106.50	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D6T	95.26	EMPUJE	SOLEAD O	4100	3

**Figura 37.** Rendimientos del Tractor CAT D6T en las actividades de Empuje.  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D8T</b>					
EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTURA	CLIMA
TRACTOR CAT D8T	179.40	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	186.79	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	180.96	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	170.96	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8T	186.71	CORTE Y RELLENO	LLUVIOS O	4100	1
TRACTOR CAT D8T	190.97	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	187.23	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	180.64	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	179.48	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	171.31	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	178.30	CORTE Y RELLENO	NUBLAD O	4100	2
TRACTOR CAT D8T	184.30	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3
TRACTOR CAT D8T	176.94	CORTE Y RELLENO	SOLEAD O	4100	3

**Figura 38.** Rendimientos del Tractor CAT D8T en las actividades de Corte y Relleno.  
Fuente: Elaboración Propia.

EQUIPO	RENDIMIENTO REAL	FUNCION	CLIMA	ALTURA	CLIMA
TRACTOR CAT D8T	289.60	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3
TRACTOR CAT D8T	279.49	EXCAVACION	SOLEADO	4100	3
TRACTOR CAT D8T	299.10	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	286.78	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	290.80	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	265.49	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	296.40	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	299.10	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2
TRACTOR CAT D8T	284.96	EXCAVACION	NUBLADO	4100	2

**Figura 39.** Rendimientos del Tractor CAT D8T en las actividades de Excavación.

**Fuente:** Elaboración Propia.

## ANEXO 2: FICHAS TECNICAS DE LAS OBRAS

- ANEXO 2.1: Resumen de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos

Fecha	Equipo	N° Horas	Vol. diario	Rend. diario	Actividad	Sector	Sesmana	Clima
23/10/2012	Tractor CAT D8R	3			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 43	Lluvioso
24/10/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Lluvioso
24/10/2012	Tractor CAT D8R	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Lluvioso
25/10/2012	Excavadora PC350LC-8	8	338.31	42.29	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
23/10/2012	Tractor CAT D8R	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Templado
26/10/2012	Excavadora PC350LC-8	7	301.22	43.03	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
26/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Templado
27/10/2012	Tractor CAT D8R	3	792.48	260.83	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Soledado
27/10/2012	Tractor CAT D8R	3	474.39	158.13	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soledado
27/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Soledado
29/10/2012	Tractor CAT D8R	4	1036.54	259.13	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
28/10/2012	Tractor CAT D8R	3	449.75	149.92	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
29/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	495.91	113.98	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
29/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	763.29	190.82	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
30/10/2012	Tractor CAT D8R	3	782.48	260.83	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Soledado
30/10/2012	Tractor CAT D8R	3	494.93	164.98	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soledado
30/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	435.37	108.84	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soledado
30/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	745.22	186.31	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Soledado
31/10/2012	Tractor CAT D8R	3	795.87	261.96	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor CAT D8R	4	634.57	158.64	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	477.81	119.45	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	749.74	187.43	Excavación de material común	Sector 01	Sem 44	Templado
01/11/2012	Tractor CAT D8R	2	506.01	253.00	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor CAT D8R	3	481.93	160.64	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	328.97	109.66	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	330.82	165.31	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Templado
05/11/2012	Tractor CAT D8R	2	508.02	254.01	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor CAT D8R	3	509.60	169.87	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	344.27	113.76	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	337.34	168.67	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor CAT D8R	2	499.86	249.96	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor CAT D8R	4	680.24	170.06	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	439.86	109.91	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	348.09	174.04	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor CAT D8R	2	501.97	250.99	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor CAT D8R	4	634.12	158.53	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	427.36	106.84	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	327.93	163.96	Excavación de material común	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	5			Confirmación de vías	Sector 02	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9	973.06	108.12	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Confirmación de vías	Sector 02	Sem 46	Lluvioso
09/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9	1064.43	118.27	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
12/11/2012	Excavadora PC350LC-8	17			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Soledado
12/11/2012	Tractor CAT D8R	4	675.21	168.80	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Soledado
12/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	635.00	105.83	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Soledado
13/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulación de top soil	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Tractor CAT D8R	6			Mantenimiento de vías	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	749.06	123.35	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Templado
14/11/2012	Excavadora PC350LC-8	18			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Templado
14/11/2012	Tractor CAT D8R	9			Confirmación de vías	Sector 02	Sem 46	Templado
14/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	10	1155.88	115.58	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Templado
15/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Templado

Figura 41. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (1 parte).

Fuente: (Huingo Calua, 2013).

15/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Conformación de vías	Sector 02	Sem 47	Templado
15/11/2012	Tractor CAT D8R	6			Conformación de vías	Sector 02	Sem 47	Templado
15/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	672.46	112.08	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Conformación de vías	Sector 02	Sem 47	Templado
16/11/2012	Tractor CAT D8R	6	1008.69	168.12	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Conformación de vías	Sector 01	Sem 47	Templado
19/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soledado
19/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 47	Soledado
19/11/2012	Tractor CAT D8R	7			Conformación de vías	Sector 02	Sem 47	Soledado
19/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	14			Conformación de vías	Sector 01	Sem 47	Soledado
20/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soledado
20/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 47	Soledado
20/11/2012	Tractor CAT D8R	1	146.50	146.50	Excavación de material común	Sector 02	Sem 47	Soledado
20/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	16			Conformación de vías	Sector 01	Sem 47	Soledado
21/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soledado
21/11/2012	Tractor CAT D8R	2.5	383.38	157.32	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 47	Soledado
21/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Conformación de vías	Sector 01	Sem 47	Soledado
22/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Soledado
22/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	433.07	48.12	Excavación de material común	Sector 01	Sem 48	Soledado
22/11/2012	Tractor CAT D8R	5	846.80	169.38	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 48	Soledado
23/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Soledado
23/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	490.06	51.12	Excavación de material común	Sector 01	Sem 48	Soledado
23/11/2012	Tractor CAT D8R	2	515.30	257.65	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Soledado
26/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	450.01	50.67	Excavación de material común	Sector 01	Sem 48	Soledado
26/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6			Acumulación de top soil	Sector 01	Sem 48	Soledado
26/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	323.34	161.67	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Soledado
27/11/2012	Tractor CAT D8R	2	528.75	264.38	Excavación de material común	Sector 02	Sem 48	Templado
27/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor CAT D8R	3.5	524.96	149.99	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	345.55	172.78	Excavación de material común	Sector 01	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	330.22	165.11	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 48	Templado
28/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Tractor CAT D8R	5	800.78	160.15	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	329.23	164.62	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
29/11/2012	Excavadora PC350LC-8	5			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 49	Templado
29/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
29/11/2012	Tractor CAT D8R	4	651.59	162.90	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Templado
29/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	807.52	161.50	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor CAT D8R	1.5	385.93	257.29	Excavación de material común	Sector 02	Sem 49	Templado
30/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor CAT D8R	3	485.88	161.99	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	827.81	165.56	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
01/12/2012	Excavadora PC350LC-8	3			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 49	Soledado
01/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
01/12/2012	Tractor CAT D8R	1.5	378.29	252.19	Excavación de material común	Sector 02	Sem 49	Soledado
01/12/2012	Tractor CAT D8R	3	499.81	166.60	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soledado
01/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	657.37	164.34	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
03/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
03/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
03/12/2012	Tractor CAT D8R	3	515.62	171.87	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soledado
03/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6			Acumulación de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
03/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	781.28	158.26	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulación de top soil	Sector 02	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Tractor CAT D8R	3	474.13	158.04	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4.5	507.82	112.85	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	224.79	112.39	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Soledado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	699.39	174.85	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soledado

Figura 42. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (2 parte).

Fuente: (Huingo Calua, 2013).

05/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulacion de top soil	Sector 02	Sem 49	Soledado
05/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
05/12/2012	Tractor CAT D8R	4	1041.11	260.28	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soledado
05/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	973.89	182.31	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soledado
05/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	537.64	179.21	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soledado
06/12/2012	Tractor CAT D8R	2	510.45	255.23	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Soledado
06/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 50	Soledado
06/12/2012	Tractor CAT D8R	4	980.48	245.12	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 50	Soledado
06/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8	893.64	111.71	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Soledado
06/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Soledado
07/12/2012	Tractor CAT D8R	2	511.85	255.93	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Soledado
07/12/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 50	Soledado
07/12/2012	Tractor CAT D8R	3			Mantenimiento de vias	Sector 02	Sem 50	Soledado
07/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8	864.66	108.08	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Soledado
07/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Mantenimiento de vias	Sector 01	Sem 50	Soledado
10/12/2012	Tractor CAT D8R	1.5	378.20	250.80	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor CAT D8R	4			Acumulacion de top soil	Sector 02	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	777.71	111.10	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	719.75	102.82	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor CAT D8R	4			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Mantenimiento de vias	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	1	191.10	191.10	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
13/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 51	Soledado
13/12/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
13/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1177.31	188.19	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
13/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1150.09	164.30	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
14/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 51	Soledado
14/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
14/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	811.53	115.93	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 51	Soledado
17/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 51	Soledado
17/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
17/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	763.22	109.03	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 51	Soledado
17/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1218.14	174.02	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
18/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 51	Soledado
18/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
18/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1138.48	152.35	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
18/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	993.57	165.59	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
19/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 51	Soledado
19/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado
19/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1129.67	161.38	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soledado

Figura 43. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (3 parte).

Fuente: (Huingo Calua, 2013).



- ANEXO 2.2: Resumen de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos

FECHA	EQUIPO	ACTIVIDAD	Nº HORAS	VOL. DIARIO	REND. (m <sup>3</sup> /h)	CLIMA	OBSERVACIONES
05-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	5.80	440.57	75.96	Despejado	
05-jul-14	Excavadora CAT 320D	Corte y Relleno Compensado	5.70	0.00		Despejado	
05-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	6.00	591.00	98.50	Despejado	
07-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.00	483.36	80.56	Despejado	
07-jul-14	Excavadora CAT 320D	Stripping de SUELO ORGANICO	3.70	0.00		Despejado	
07-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	8.50	677.45	79.70	Despejado	
07-jul-14	Excavadora CAT 336D	Stripping de Suelo Organico	9.00	0.00		Despejado	
08-jul-14	Excavadora CAT 320D	Stripping de Suelo Organico	10.00	0.00		Despejado	
08-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	8.70	782.04	89.89	Despejado	
08-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.50	0.00		Despejado	De Cleopatra a Shilamayo
08-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.20	0.00		Despejado	De Cleopatra a Shilamayo
08-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.70	0.00		Despejado	De Cleopatra a Shilamayo
08-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	3.60	0.00		Despejado	De Cleopatra a Shilamayo
08-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material comun	3.80	1,100.48	289.60	Despejado	
09-jul-14	Excavadora CAT 320D	Stripping de Suelo Organico	6.00	0.00		Despejado	
09-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	1.50	269.10	179.40	Despejado	
09-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material comun	4.33	1,210.19	279.49	Despejado	
09-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	2.50	0.00		Despejado	En Cleopatra
09-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	1.00	0.00		Despejado	
09-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	8.00	715.60	89.45	Despejado	
09-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	7.00	713.72	101.96	Despejado	
09-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	2.00	0.00		Despejado	De Cleopatra a Shilamayo
09-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Corte y Relleno Compensado	5.20	0.00		Despejado	
10-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	3.30	0.00		Despejado	
10-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	5.60	0.00		Despejado	
10-jul-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material comun	2.00	357.26	178.63	Despejado	
10-jul-14	Volquete volvo de 15m3		0.00	0.00		Despejado	Falla Mecánica
10-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	5.50	1,027.35	186.79	Despejado	
10-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	7.70	765.77	99.45	Despejado	
10-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	7.00	573.30	81.90	Despejado	
10-jul-14	Excavadora CAT 320D	Accesos temporales -manit vias	2.80	0.00		Despejado	
10-jul-14	Excavadora CAT 320D	Stripping Suelo Organico	6.00	0.00		Despejado	
10-jul-14	Excavadora CAT 336D	Corte y Relleno Compensado	2.00	0.00		Despejado	
10-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	2.00	0.00		Despejado	
11-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	8.70	1,574.35	180.96	Despejado	

Figura 44. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (1 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).

11-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	8.00	839.20	104.90	Despejado	
11-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	2.00	169.58	84.79	Despejado	
11-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt vias	7.20	0.00		Despejado	Riego antipolvo
11-jul-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	8.50	1,610.24	189.44	Despejado	
11-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	10.00	0.00		Despejado	
11-jul-14	Tractor CAT D6T	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.90	0.00		Despejado	Hacia Cleopatra
11-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.00	0.00		Despejado	Hacia Cleopatra
11-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Corte y Relleno Compensado	3.30	0.00		Despejado	
11-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
11-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Corte y Relleno Compensado	1.70	0.00		Despejado	
12-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material común	4.70	1,405.77	299.10	Nublado	
12-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.60	0.00		Nublado	
12-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.10	0.00		Nublado	
12-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.80	0.00		Nublado	
12-jul-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	0.00		Nublado	
12-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt vias	4.10	0.00		Nublado	
12-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	3.00	258.96	86.32	Nublado	
12-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material común	1.60	458.85	286.78	Nublado	
12-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.00	754.45	150.89	Nublado	
14-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.50	0.00		Nublado	
14-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
14-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.60	761.12	165.46	Nublado	
14-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material común	4.05	1,177.74	290.80	Nublado	
14-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	8.30	801.53	96.57	Nublado	
14-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.40	0.00		Nublado	
14-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.40	0.00		Nublado	
14-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.40	0.00		Nublado	
14-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material común	3.50	929.22	265.49	Nublado	
14-jul-14	Motoniveladora	Accesos temporales -mantt vias	2.50	0.00		Nublado	
15-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.00	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Excavadora CAT 320D	Accesos temporales -mantt vias	10.00	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.50	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.80	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt vias	0.00	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.50	743.25	99.10	Lluvioso	
15-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	10.00	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.30	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.30	0.00		Lluvioso	
15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.10	0.00		Lluvioso	

**Figura 45.** Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (2 parte).

**Fuente:** (Huatay Aliaga, 2014).

15-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.00	0.00		Lluvioso
15-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material comun	6.90	2,045.16	296.40	Nublado
15-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	8.50	1,386.35	163.10	Lluvioso
16-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.00	787.05	87.45	Nublado
16-jul-14	Excavadora CAT 336D	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	10.00	0.00		Nublado
16-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt via	8.00	0.00		Nublado
16-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.50	510.65	145.90	Nublado
17-jul-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	1.00	0.00		Nublado
17-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Stripping de Suelo Orgánico	7.00	0.00		Nublado
17-jul-14	Excavadora CAT320D	Acomodo de Roca	2.00	0.00		Nublado
17-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	2.00	341.92	170.96	Nublado
17-jul-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material comun	3.00	582.30	194.10	Nublado
17-jul-14	Tractor CAT D6T	Stripping de Suelo Orgánico	3.30	0.00		Nublado
17-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.00	406.24	101.56	Nublado
17-jul-14	Excavadora 330	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico 1 km.	6.00	0.00		Nublado
18-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.83	1,077.73	109.60	Lluvioso
18-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.00	0.00		Lluvioso
18-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	4.00	746.84	186.71	Lluvioso
18-jul-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material comun	1.50	278.54	185.69	Lluvioso
18-jul-14	Tractor CAT D6T	Stripping de Suelo Orgánico	1.00	0.00		Lluvioso
19-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt via	2.90	0.00		Despejado
19-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.00	577.00	115.40	Despejado
19-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	1,023.30	170.55	Despejado
19-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.90	0.00		Despejado
19-jul-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.60	0.00		Despejado
19-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material comun	6.40	1,914.24	299.10	Nublado
21-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.17	0.00		Despejado
21-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.90	0.00		Despejado
21-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.00	941.49	104.61	Despejado
22-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.00	1,505.30	166.70	Despejado
22-jul-14	Tractor CAT D8T	Excavación de material comun	3.20	911.87	284.96	Nublado
22-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.50	0.00		Despejado
22-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km.	3.50	0.00		Despejado
23-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.20	1,218.74	169.27	Despejado
23-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.00	493.50	98.70	Despejado
23-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km.	3.50	0.00		Despejado
23-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt via	5.00	0.00		Despejado
23-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.00	0.00		Despejado
23-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Cargaio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.50	0.00		Despejado

**Figura 46.**Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (3 parte).

**Fuente:** (Huatay Aliaga, 2014).

23-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	6.80	0.00		Despejado	
23-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.90	0.00		Despejado	
24-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.20	1,251.36	173.80	Despejado	
24-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.50	467.01	103.78	Despejado	
24-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.40	0.00		Despejado	
24-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.90	0.00		Despejado	
25-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	6.80	1,298.60	190.97	Despejado	
25-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.40	502.74	93.10	Despejado	
25-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	2.90	0.00		Despejado	
25-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	4.00	0.00		Despejado	
26-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	4.50	842.54	187.23	Despejado	
26-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	8.40	911.74	108.54	Despejado	
26-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
26-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	2.90	0.00		Despejado	
26-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Descarga de Peat hasta 1 km	3.80	0.00		Despejado	
30-jul-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	4.90	885.14	180.64	Despejado	
30-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.50	389.90	155.96	Despejado	
30-jul-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.40	645.70	100.89	Despejado	
30-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.70	0.00		Despejado	
30-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.60	0.00		Despejado	
30-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.50	0.00		Despejado	
30-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	7.10	639.85	90.12	Despejado	
30-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.30	0.00		Despejado	
30-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt vías	4.50	0.00		Despejado	
30-jul-14	Motoniveladora	Accesos temporales -mantt vías	1.20	0.00		Despejado	
31-jul-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.80	1,399.32	179.40	Nublado	
31-jul-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	4.50	387.23	86.05	Nublado	
31-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.80	0.00		Nublado	
31-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.00	0.00		Nublado	
31-jul-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.50	0.00		Nublado	
31-jul-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	3.70	310.65	83.96	Nublado	
31-jul-14	Excavadora CAT 336D	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.90	0.00		Nublado	
31-jul-14	Cisterna	Accesos temporales -mantt vías	2.50	0.00		Nublado	
31-jul-14	Motoniveladora	Accesos temporales -mantt vías	0.00	0.00		Nublado	Stand by
01-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.30	1,057.39	167.84	Nublado	
01-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	3.50	661.15	188.90	Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	6.80	0.00		Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	4.20	0.00		Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.10	0.00		Nublado	

Figura 47. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (4 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).

01-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	7.90	703.89	89.10	Nublado	
01-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.40	0.00		Nublado	
01-ago-14	Cisterna	Accesos temporales -manifi vias	2.50	0.00		Nublado	
01-ago-14	Motosiveldora	Accesos temporales -manifi vias	0.00	0.00		Nublado	Stand by
01-ago-14	Excavadora	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	8.40	0.00		Nublado	
01-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.40	601.33	176.86	Nublado	
01-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	4.01	718.21	179.10	Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.80	0.00		Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.20	0.00		Nublado	
01-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.10	0.00		Nublado	
01-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	5.80	463.78	79.96	Nublado	
01-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.40	0.00		Nublado	
01-ago-14	Cisterna	Accesos temporales -manifi vias	2.50	0.00		Nublado	
01-ago-14	Motoniveladora	Accesos temporales -manifi vias	0.00	0.00		Nublado	Stand by
01-ago-14	Excavadora	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	8.40	0.00		Nublado	
04-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.50	0.00		Nublado	
04-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.57	0.00		Nublado	
04-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.10	686.07	96.63	Nublado	
04-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	7.67	0.00		Nublado	
04-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
04-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
04-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
04-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	5.50	953.81	173.42	Nublado	
04-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
04-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	8.17	0.00		Nublado	
05-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.50	0.00		Nublado	
05-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.80	697.00	102.50	Nublado	
05-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	8.30	0.00		Nublado	
05-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.70	0.00		Nublado	
05-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	8.50	0.00		Nublado	
05-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	6.70	1,199.30	179.00	Nublado	
06-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	6.70	0.00		Despejado	
06-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.80	0.00		Despejado	
06-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.50	729.00	162.00	Despejado	
06-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	5.50	0.00		Despejado	
06-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carga y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	8.20	0.00		Despejado	
06-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	7.33	0.00		Despejado	
06-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	8.00	0.00		Despejado	
06-ago-14	Tractor CAT D6T	Carga, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	8.60	0.00		Despejado	

**Figura 48.**Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (5 parte).

**Fuente:** (Huatay Aliaga, 2014).

07-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.80	1,182.93	173.96	Despejado
07-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	5.80	0.00		Despejado
07-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	3.60	0.00		Despejado
07-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.30	0.00		Despejado
07-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.30	587.34	90.36	Despejado
07-ago-14	Tractor CAT D6T	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	4.60	0.00		Despejado
08-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	8.60	1,381.76	160.67	Despejado
08-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.70	0.00		Despejado
08-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.90	0.00		Despejado
08-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.30	0.00		Despejado
08-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	4.90	428.51	87.45	Despejado
11-ago-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	0.00		Despejado
11-ago-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	6.00	1,076.88	179.48	Despejado
11-ago-14	Tractor Cat D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.30	337.58	96.45	Despejado
11-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.50	0.00		Despejado
11-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado
11-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	3.33	634.93	190.67	Despejado
11-ago-14	Tractor CAT D6T	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.17	0.00		Despejado
11-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.50	0.00		Despejado
11-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.33	0.00		Despejado
12-ago-14	CHARLAS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE					
13-ago-14	CHARLAS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE					
14-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de SUELO ORGANICO hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado
14-ago-14	Excavadora CAT 320D	Acomodo de Roca	1.00	0.00		Despejado
14-ago-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	6.00	1,104.54	184.09	Despejado
14-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.30	363.09	103.74	Despejado
14-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.50	0.00		Despejado
14-ago-14	Tractor CAT D6T	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.17	0.00		Despejado
14-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material común	6.45	1,246.79	193.30	Despejado
14-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado
14-ago-14	Excavadora CAT 320D	Acomodo de Roca	1.00	0.00		Despejado
14-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	2.50	0.00		Despejado
14-ago-14	Tractor cat D8R	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.17	0.00		Despejado
15-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.50	0.00		Nublado
15-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.17	0.00		Nublado
15-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	7.33	649.73	88.60	Nublado
15-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	7.67	0.00		Nublado
15-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado
15-ago-14	Tractor CAT D6T	Carguío, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	7.67	0.00		Nublado

Figura 49. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (6 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).

15-ago-14	Excavadora CAT 336D	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
16-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.50	591.85	169.10	Nublado	
16-ago-14	Tractor Cat D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	0.00		Nublado	
16-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo y Acarreo Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vias	6.00	0.00		Nublado	
18-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material comun	7.10	1,302.50	183.45	Despejado	
18-ago-14	Tractor CAT D6T	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	2.17	0.00		Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.00	0.00		Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	3.25	579.48	178.30	Nublado	
18-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.25	906.36	172.64	Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 320D	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 336D	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	7.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.00	516.54	86.09	Nublado	
18-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.50	342.30	97.80	Nublado	
18-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.50	0.00		Nublado	
18-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.67	0.00		Nublado	
18-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	1.67	0.00		Nublado	
20-ago-14	Tractor CAT D8T	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.00	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.00	355.40	177.70	Lluvioso	
20-ago-14	Tractor CAT D8T	Empuje de Suelo Orgánico de Zona de Stock	1.00	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vias	4.50	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	6.00	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	6.00	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	2.50	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	5.00	0.00		Lluvioso	Escarificado
20-ago-14	Excavadora CAT 320D	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Lluvioso	
20-ago-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	5.00	370.50	74.10	Lluvioso	
20-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	1.00	104.23	104.23	Lluvioso	
20-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Lluvioso	
21-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.00	313.80	156.90	Nublado	
18-ago-14	Tractor CAT D6T	Excavación de material comun	4.90	884.21	180.45	Despejado	
21-ago-14	Tractor CAT D6T	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.00	207.32	103.66	Nublado	
21-ago-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	1.50	144.60	96.40	Nublado	
21-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vias	3.17	0.00		Nublado	
21-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	2.50	0.00		Nublado	
21-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	3.50	0.00		Nublado	Escarificado de Suelo orgánico

Figura 50. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (7 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).

21-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	2.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	7.00	630.00	90.00	Nublado	
21-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Nublado	
21-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.83	0.00		Nublado	
22-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	9.00	0.00		Nublado	
22-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	1.00	88.70	88.70	Nublado	
22-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vias	3.67	0.00		Nublado	
22-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	4.00	0.00		Nublado	
22-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.80	0.00		Nublado	
23-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.17	410.48	189.45	Despejado	
23-ago-14	Tractor CAT D6T	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	2.67	0.00		Despejado	
23-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	3.00	282.78	94.26	Despejado	
23-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
23-ago-14	Volquete Car 330	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.67	0.00		Despejado	
23-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.00	477.60	79.60	Despejado	En Cleopatra
23-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
23-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	6.00	0.00		Despejado	Escarificado Pachacutec
23-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.50	0.00		Despejado	
23-ago-14	Tractor Cat 330	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.00	0.00		Despejado	
23-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.67	0.00		Despejado	
25-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	1.25	209.45	167.56	Despejado	
25-ago-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	1.00	184.30	184.30	Despejado	
25-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Empuje de Suelo Orgánico de Zona de Stock	9.00	0.00		Despejado	
25-ago-14	Excavadora CAT 320D	Empuje de Suelo Orgánico de Zona de Stock	9.50	0.00		Despejado	
25-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	2.50	0.00		Despejado	
25-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	0.00	0.00		Despejado	Sin frente de trabajo
25-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	0.00	0.00		Despejado	Sin frente de trabajo
25-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vias	2.50	0.00		Despejado	
25-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	2.00	0.00		Despejado	
25-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	1.67	0.00		Despejado	
25-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vias	5.00	0.00		Despejado	
25-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	1.80	181.21	100.67	Despejado	
25-ago-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	2.00	221.12	130.56	Despejado	
25-ago-14	Volquete	Trabajo no contractual	0.00	0.00		Despejado	
25-ago-14	Volquete	Trabajo no contractual	0.00	0.00		Despejado	
26-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguio, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	9.33	0.00		Despejado	

Figura 51. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (8 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).



26-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	7.00	0.00		Despejado	
26-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	2.50	0.00		Despejado	
26-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	4.00	0.00		Despejado	
26-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.00	669.20	167.30	Despejado	
26-ago-14	Excavadora CAT 320D	Corte de Canal	9.50	0.00		Despejado	
26-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vías	1.00	0.00		Despejado	Escarificado de suelo orgánico
26-ago-14	Motoniveladora	Corte y Relleno Compensado	3.00	0.00		Despejado	Conformación de relleno
26-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	7.00	0.00		Despejado	
27-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	573.36	95.56	Despejado	
27-ago-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manifi Vías	3.00	0.00		Despejado	Conformación de plataforma de relleno
28-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	2.00	0.00		Despejado	
28-ago-14	Volquete volvo de 15m3		0.00	0.00		Despejado	Falla mecánica
28-ago-14	Motoniveladora		0.00	0.00		Despejado	Sin frente de trabajo
28-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	4.00	0.00		Despejado	
28-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de SUELO ORGANICO e=0.70 m	3.00	526.08	175.36	Despejado	
28-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	3.00	0.00		Despejado	
28-ago-14	Excavadora CAT 336D	Carguo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	6.33	0.00		Despejado	
28-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.50	595.08	91.55	Despejado	
28-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vías	3.00	0.00		Despejado	
28-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.50	692.25	106.50	Despejado	
28-ago-14	Excavadora	Carguo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	8.50	0.00		Despejado	
28-ago-14	Excavadora	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	1.00	0.00		Despejado	
28-ago-14	Tractor CAT D8T	Corte y Relleno Compensado	8.00	1,415.52	176.94	Despejado	
28-ago-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	1.00	105.78	105.78	Despejado	
28-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	3.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	4.50	0.00		Despejado	
29-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	3.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	4.17	0.00		Despejado	
29-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Carguo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km	4.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Excavadora CAT 320D	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	5.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	4.00	688.92	172.23	Despejado	
29-ago-14	Tractor CAT D8T	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	3.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Volquete volvo de 15m3	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	2.50	0.00		Despejado	
29-ago-14	Tractor Cat D8R	Extendido Suelo Orgánico e=0.70 m	0.50	0.00		Despejado	
29-ago-14	Tractor CAT D6T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	5.00	476.30	95.26	Despejado	
29-ago-14	Tractor Cat D8R	Carguo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km	3.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vías	3.00	0.00		Despejado	
29-ago-14	Excavadora CAT 330DL	Empuje de Suelo Orgánico de Zona de Stock	5.00	0.00		Despejado	
01-sep-14	Cisterna	Accesos Temporales -Manifi Vías	5.00	0.00		Despejado	

Figura 52. Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (9 parte).

Fuente: (Huatay Aliaga, 2014).

01-sep-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manit Vías	4.00	0.00		Despejado	Sin frente de trabajo
01-sep-14	Tractor CAT D8T	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	6.00	986.22	164.37	Despejado	
01-sep-14	Tractor CAT D6T	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	3.00	0.00		Despejado	
01-sep-14	Excavadora CAT 320D	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
01-sep-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.50	0.00		Despejado	
01-sep-14	Tractor Cat D8R	Cargulo, Acarreo y Empuje de Material Común hasta 1 km.	6.00	0.00		Despejado	
01-sep-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	2.00	186.80	93.40	Despejado	
01-sep-14	Excavadora CAT 330DL	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.00	0.00		Despejado	
02-sep-14	Tractor CAT D6T	Corte y Relleno Compensado	3.17	339.56	107.23	Nublado	
02-sep-14	Motoniveladora	Accesos Temporales -Manit Vías	1.50	0.00		Nublado	
02-sep-14	Excavadora CAT 330DL	Corte y Relleno Compensado	6.37	538.90	84.60	Nublado	Falla mecánica
02-sep-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	1.10	0.00		Nublado	
02-sep-14	Excavadora CAT 330DL	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	9.00	0.00		Nublado	
02-sep-14	Camión	Accesos Temporales -Manit Vías	4.17	0.00		Nublado	
03-sep-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	5.50	0.00		Nublado	
03-sep-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Nublado	
03-sep-14	Volquete volvo de 15m3	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Nublado	
03-sep-14	Excavadora CAT 336D	Cargulo y Acarreo de Suelo Orgánico hasta 1 km.	6.00	0.00		Nublado	
03-sep-14	Excavadora CAT 320D	Extendido de Suelo Orgánico e=0.70 m	2.00	0.00		Nublado	

**Figura 53.** Ficha técnica de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos (10 parte).

**Fuente:** (Huatay Aliaga, 2014).

**ANEXO 3: APLICACIÓN PARA PREDECIR LOS RENDIMIENTOS DE LAS MAQUINARIAS (TRACTOR Y EXCAVADORAS)**

• **ANEXO 3.1: APLICACIÓN PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO DEL TRACTOR**

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D8R
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D8R	305.000	3	3	1	1	220	158.85
CAT D8R	305.000	3	2	2	1	220	153.17
CAT D8R	305.000	3	3	3	1	220	162.85
CAT D8R	305.000	3	2	1	1	220	158.11
CAT D8R	305.000	3	2	2	1	220	161.02
CAT D8R	305.000	3	1	3	1	220	168.96
CAT D8R	305.000	3	1	1	1	220	170.68
CAT D8R	305.000	3	1	2	1	220	157.99
CAT D8R	305.000	3	3	3	1	220	168.02
CAT D8R	305.000	3	2	1	1	220	170.15
CAT D8R	305.000	3	3	2	1	220	156.73
CAT D8R	305.000	3	3	3	1	220	170.35
CAT D8R	305.000	3	2	1	1	220	148.58
CAT D8R	305.000	3	2	2	1	220	160.78
CAT D8R	305.000	3	2	3	1	220	163.05
CAT D8R	305.000	3	2	1	1	220	160.88
CAT D8R	305.000	3	3	2	1	220	167.67
CAT D8R	305.000	3	3	3	1	220	170.69
CAT D8R	305.000	3	3	1	1	220	160.13

Figura 54. Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8R (Corte y Relleno).

Fuente: Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D8R
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D8R	305.000	3	3	1	2	300	262.48
CAT D8R	305.000	3	2	2	2	300	260.01
CAT D8R	305.000	3	3	3	2	300	259.09
CAT D8R	305.000	3	2	1	2	300	261.32
CAT D8R	305.000	3	2	2	2	300	254.10
CAT D8R	305.000	3	1	3	2	300	253.89
CAT D8R	305.000	3	1	1	2	300	248.65
CAT D8R	305.000	3	1	2	2	300	251.98
CAT D8R	305.000	3	2	3	2	300	263.37
CAT D8R	305.000	3	2	1	2	300	257.88
CAT D8R	305.000	3	3	2	2	300	251.25
CAT D8R	305.000	3	3	3	2	300	257.96
CAT D8R	305.000	3	3	1	2	300	256.78
CAT D8R	305.000	3	2	2	2	300	248.59
CAT D8R	305.000	3	3	3	3	300	259.74
CAT D8R	305.000	3	3	1	3	300	261.96
CAT D8R	305.000	3	3	2	3	300	246.14

Figura 55. Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8R (Excavación y Empuje).

Fuente: Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor KOMATSU D65
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>CONDICION</b>	<b>CLIMATOLOGIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FUNCION</b>	<b>RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)</b>	<b>Predicción</b>
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	1	147	113.01
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	1	147	109.58
KOMATSU D65	205.000	3	2	3	1	147	120.25
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	1	147	110.14
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	1	147	112.85
KOMATSU D65	205.000	3	1	3	1	147	108.99
KOMATSU D65	205.000	3	1	1	1	147	106.63
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	1	147	107.93
KOMATSU D65	205.000	3	1	3	1	147	119.11
KOMATSU D65	205.000	3	3	1	1	147	106.14
KOMATSU D65	205.000	3	2	2	1	147	122.68
KOMATSU D65	205.000	3	2	3	1	147	116.23
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	1	147	111.98
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	1	147	112.63
KOMATSU D65	205.000	3	3	3	1	147	113.64
KOMATSU D65	205.000	3	3	1	1	147	112.05
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	1	147	109.14
KOMATSU D65	205.000	3	2	3	1	147	110.87
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	1	147	103.93
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	1	147	115.66
KOMATSU D65	205.000	3	3	3	1	147	108.86

**Figura 56.** Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor KOMATSU D65 (Corte y Relleno).

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor KOMATSU D65
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>CONDICION</b>	<b>CLIMATOLOGIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FUNCION</b>	<b>RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)</b>	<b>Predicción</b>
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	2	200	191.73
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	2	200	186.93
KOMATSU D65	205.000	3	2	3	2	200	186.43
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	2	200	164.35
KOMATSU D65	205.000	3	1	2	2	200	167.59
KOMATSU D65	205.000	3	1	3	2	200	175.55
KOMATSU D65	205.000	3	1	1	2	200	163.18
KOMATSU D65	205.000	3	2	2	2	200	171.53
KOMATSU D65	205.000	3	3	3	3	190	162.14
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	3	190	164.67
KOMATSU D65	205.000	3	2	2	3	190	166.24
KOMATSU D65	205.000	3	2	3	3	190	160.26
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	3	190	167.59
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	3	190	162.97
KOMATSU D65	205.000	3	3	3	3	190	158.75
KOMATSU D65	205.000	3	3	1	3	190	173.99
KOMATSU D65	205.000	3	3	2	3	190	163.09
KOMATSU D65	205.000	3	3	3	3	190	181.08
KOMATSU D65	205.000	3	2	1	3	190	188.14
KOMATSU D66	205.000	3	3	2	3	190	168.64
KOMATSU D67	205.000	3	3	3	3	190	163.37
KOMATSU D68	205.000	3	3	1	3	190	175.07
KOMATSU D69	205.000	3	3	2	3	190	161.98
KOMATSU D70	205.000	3	3	3	3	190	163.81
KOMATSU D71	205.000	3	3	1	3	190	159.45

**Figura 57.** Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor KOMATSU D65 (Excavación y Empuje).

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D6T
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>CONDICION</b>	<b>CLIMATOLOGIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FUNCION</b>	<b>RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)</b>	<b>Predicción</b>
CAT D6T	202.000	3	3	1	1	130	97.41
CAT D6T	202.000	3	3	2	1	130	78.27
CAT D6T	202.000	3	3	3	1	130	89.65
CAT D6T	202.000	3	3	1	1	130	101.80
CAT D6T	202.000	3	3	2	1	130	98.40
CAT D6T	202.000	3	3	3	1	130	105.83
CAT D6T	202.000	3	2	1	1	130	85.27
CAT D6T	202.000	3	2	2	1	130	97.50
CAT D6T	202.000	3	2	3	1	130	85.00
CAT D6T	202.000	3	1	1	1	130	75.03
CAT D6T	202.000	3	2	2	1	130	95.35
CAT D6T	202.000	3	3	3	1	130	111.49
CAT D6T	202.000	3	3	1	1	130	104.73
CAT D6T	202.000	3	2	2	1	130	108.16

**Figura 58.**Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Corte y Relleno).

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D6T
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>CONDICION</b>	<b>CLIMATOLOGIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FUNCION</b>	<b>RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)</b>	<b>Predicción</b>
CAT D6T	202.000	3	3	1	2	207	179.56
CAT D6T	202.000	3	3	2	2	207	188.39
CAT D6T	202.000	3	2	3	2	207	195.03
CAT D6T	202.000	3	1	1	2	207	184.64
CAT D6T	202.000	3	2	2	2	207	189.83
CAT D6T	202.000	3	2	3	2	207	178.05
CAT D6T	202.000	3	2	1	2	207	174.35
CAT D6T	202.000	3	2	2	2	207	177.95
CAT D6T	202.000	3	3	3	2	207	191.60
CAT D6T	202.000	3	3	1	2	207	192.25
CAT D6T	202.000	3	3	2	2	207	184.38
CAT D6T	202.000	3	3	3	2	207	179.40

**Figura 59.**Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Excavación).

**Fuente:** Elaboración propia.

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D6T
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	98.01
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	86.02
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	101.32
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	109.44
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	114.35
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	105.54
CAT D6T	202.000	3	2	1	3	138	97.65
CAT D6T	202.000	3	2	2	3	138	104.71
CAT D6T	202.000	3	2	3	3	138	92.05
CAT D6T	202.000	3	1	1	3	138	109.47
CAT D6T	202.000	3	2	2	3	138	99.84
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	97.56
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	101.45
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	97.38
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	102.69
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	89.53
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	96.75
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	105.16
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	102.61
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	93.61
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	99.85
CAT D6T	202.000	3	3	1	3	138	94.57
CAT D6T	202.000	3	3	2	3	138	105.34
CAT D6T	202.000	3	3	3	3	138	93.93

**Figura 60.** Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D6T (Empuje).

**Fuente:** Elaboración propia

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D8T
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D8T	312.000	3	3	1	1	215	180.33
CAT D8T	312.000	3	3	2	1	215	185.74
CAT D8T	312.000	3	3	3	1	215	181.89
CAT D8T	312.000	3	2	1	1	215	169.91
CAT D8T	312.000	3	1	2	1	215	187.64
CAT D8T	312.000	3	3	3	1	215	189.92
CAT D8T	312.000	3	3	1	1	215	188.16
CAT D8T	312.000	3	3	2	1	215	179.59
CAT D8T	312.000	3	3	3	1	215	178.83
CAT D8T	312.000	3	3	1	1	215	170.49
CAT D8T	312.000	3	2	2	1	215	177.31
CAT D8T	312.000	3	3	3	1	215	183.14
CAT D8T	312.000	3	3	1	1	215	175.61

**Figura 61.** Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Corte y Relleno).

**Fuente:** Elaboración propia

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D8T
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D8T	312.000	3	3	1	2	320	290.53
CAT D8T	312.000	3	3	2	2	320	278.44
CAT D8T	312.000	3	2	3	2	320	300.03
CAT D8T	312.000	3	2	1	2	320	285.73
CAT D8T	312.000	3	2	2	2	320	291.73
CAT D8T	312.000	3	2	3	2	320	264.44
CAT D8T	312.000	3	2	1	2	320	297.33
CAT D8T	312.000	3	2	2	2	320	298.05
CAT D8T	312.000	3	2	3	2	320	285.89

**Figura 62.**Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Excavación).

**Fuente:** Elaboración propia

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL TRACTOIR</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento del tractor CAT D8T
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	149.80
CAT D8T	312.000	3	2	2	3	190	164.03
CAT D8T	312.000	3	1	3	3	190	162.86
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	145.74
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	169.50
CAT D8T	312.000	3	3	3	3	190	167.63
CAT D8T	312.000	3	3	1	3	190	168.22
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	174.73
CAT D8T	312.000	3	3	3	3	190	154.91
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	180.33
CAT D8T	312.000	3	2	2	3	190	166.79
CAT D8T	312.000	3	2	3	3	190	177.79
CAT D8T	312.000	3	3	1	3	190	160.95
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	174.89
CAT D8T	312.000	3	3	3	3	190	159.62
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	170.03
CAT D8T	312.000	3	2	2	3	190	171.59
CAT D8T	312.000	3	1	3	3	190	178.63
CAT D8T	312.000	3	2	1	3	190	155.85
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	156.25
CAT D8T	312.000	3	3	3	3	190	188.63
CAT D8T	312.000	3	3	1	3	190	166.57
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	166.14
CAT D8T	312.000	3	3	3	3	190	174.03
CAT D8T	312.000	3	3	1	3	190	170.92
CAT D8T	312.000	3	3	2	3	190	162.97

**Figura 63.**Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada del Tractor CAT D8T (Empuje).

**Fuente:** Elaboración propia

- ANEXO 3.2: APLICACIÓN PARA PREDECIR EL RENDIMIENTO DEL TRACTOR

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento de la excavadora CAT 330DL
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	2	170	77.05
CAT 330 DL	211.000	3	3	2	2	170	81.99
CAT 330 DL	211.000	3	3	3	2	170	89.69
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	2	170	82.06
CAT 330 DL	211.000	3	3	2	2	170	85.04
CAT 330 DL	211.000	3	3	3	2	170	83.86
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	2	170	91.17
CAT 330 DL	211.000	3	2	2	2	170	83.83
CAT 330 DL	211.000	3	2	3	2	170	90.15
CAT 330 DL	211.000	3	2	1	2	170	79.03
CAT 330 DL	211.000	3	3	2	2	170	91.41
CAT 330 DL	211.000	3	3	3	2	170	86.52
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	2	170	87.14
CAT 330 DL	211.000	3	2	2	2	170	89.07
CAT 330 DL	211.000	3	2	3	2	170	89.75
CAT 330 DL	211.000	3	3	1	2	170	78.67
CAT 330 DL	211.000	3	3	2	2	170	92.60
CAT 330 DL	211.000	3	3	3	2	170	92.47
CAT 330 DL	211.000	3	2	1	2	170	85.65

Figura 64. Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada de la Excavadora CAT 330DL.

Fuente: Elaboración propia

<b>MODELO NEURONAL DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>							
<b>DATOS DE ENTRADA</b>							<b>DATOS DE SALIDA</b>
<b>Factores que intervienen en el Rendimiento</b>							Informe de prediccion rendimiento de la excavadora KOMATSU PC350
EQUIPO	POTENCIA	CONDICION	CLIMATOLOGIA	MATERIAL	FUNCION	RENDIMIENTO TEORICO (m3/h)	Predicción
EXCAVADORA PC 350	247.000	3	2	1	2	170	41.66
EXCAVADORA PC 350	247.000	3	2	2	2	170	42.91
EXCAVADORA PC 351	247.000	3	3	3	2	170	47.95
EXCAVADORA PC 352	247.000	3	3	1	2	170	52.09
EXCAVADORA PC 353	247.000	3	3	2	2	170	50.54
							...
							...
							...
							...

Figura 65. Aplicación del Modelo Neuronal desarrollada de la Excavadora KOMATSU PC350.

Fuente: Elaboración propia



## ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA Y DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

### • ANEXO 4.1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 58. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿De qué manera las Redes Neuronales Artificiales será predictor del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b> ¿De qué manera se deberá recopilar información para una base de datos y desarrollar una estructura de una Red Neuronal Artificial para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?</p> <p>¿Cuál es la topología de una Red Neuronal Artificial y como estimar los pesos para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?</p> <p>¿Cuál es el rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales en la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar de qué manera la Red Neuronal Artificial será predictor del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Determinar de qué manera se deberá recopilar información para una base de datos y desarrollar una estructura de la Red Neuronal Artificial para predecir los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.</p> <p>Evidenciar la topología de una Red Neuronal Artificial y determinar los pesos para predecir los rendimientos de las maquinarias para rendimiento de tierras.</p> <p>Determinar el rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales en la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b> Las Redes Neuronales Artificiales serán predictoras del rendimiento de maquinarias para movimiento de tierras.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECÍFICOS</b> Se recopilará información para una base de datos desarrollando la estructura de una Red Neuronal Artificial y predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.</p> <p>La topología de una Red Neuronal Artificial será diseñada y los pesos serán calculados para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.</p> <p>El rendimiento y precisión del modelo propuesto con datos reales será desarrollado para la predicción de los rendimientos de las maquinarias para movimiento de tierras.</p>	<p><b>V.I: Redes Neuronales Artificiales</b></p> <p><b>V.D: Rendimientos de maquinarias para movimientos de tierras</b></p>	<p>D1: Base de datos</p> <p>D2: Arquitectura del modelo</p> <p>D3: Rendimiento</p> <p>D1: Eficacia horaria</p> <p>D1: Productividad</p> <p>D1: Control del costo unitario de cada actividad</p>	<p>I1: Condiciones de trabajo de la obra I2: Habilidad y Experiencia del trabajador I3: Año de antigüedad y mantenimiento del equipo</p> <p>I1: Monocapa I2: Multicapa I3: Convolutacional</p> <p>I1: Buena I2: Regular I3: Mala</p> <p>I1: Buenos I2: Promedio I3: Malos</p> <p>I1: Producción I2: Eficiencia I3: Efectividad</p> <p>I1: Costo horario I2: Costo de posesión I3: Costo de operación</p>	<p>(No se aplica)</p> <p>Se refiere al número de las preguntas del cuestionario formulado en función de D-Vly con una valoración de la escala de Likert. 1= Totalmente en desacuerdo. 2.= En desacuerdo. 3= Totalmente de acuerdo. 4= De acuerdo. 5= Indeciso</p>	<p><b>METODO:</b> El método es CIENTÍFICO</p> <p><b>TIPO:</b> El tipo de investigación es APLICADA</p> <p><b>NIVEL:</b> El nivel es DESCRIPTIVO</p> <p><b>DISEÑO:</b> El diseño es EXPERIMENTAL DE CORTETRANSVERSAL</p> <p><b>POBLACION:</b> Para (Tamayo Tamayo, 2003), La población en esta investigación está conformada por los equipos para movimiento de tierra en la ciudad de Huancayo</p> <p><b>MUESTRA:</b> La muestra en la presente investigación será los equipos de las obras con actividades de movimiento de tierras.</p> <p><b>MUESTREO:</b> El muestreo es no probabilístico</p>

Fuente: Elaboración propia

• ANEXO 4.2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 59. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE VALORACION
<b>V.I: Redes Neuronales Artificiales</b>	<p>La RNA es un sistema que imita el comportamiento del sistema nervioso del hombre. Una red neuronal está integrada por un grupo de neuronas interconectadas entre sí mediante enlaces. Una red Neuronal está compuesta por capas interconectadas y que estas a su vez están conformadas por neuronas.</p> <p>Estas redes no son más que sistemas entrelazados en paralelo de componentes simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, quienes se interrelacionan con elementos de la realidad de la misma forma como lo hace el cerebro del hombre.</p>	<p>Esta variable se midió con la elaboración y aplicación del modelo de la RNA elaborado en el software NeuralTools 7.6, que servirán el modo de toma de decisiones.</p>	<p>D1: Base de datos</p> <p>D2: Arquitectura del modelo</p> <p>D3: Rendimiento</p>	<p>I1: Condiciones de trabajo de la obra I2: Habilidad y Experiencia del trabajador I3: Año de antigüedad y mantenimiento del equipo</p> <p>I1: Monocapa I2: Multicapa I3: Convolutacional</p> <p>I1: Buena I2: Regular I3: Mala</p>	<p><b>(No se aplica)</b></p> <p>Formular las preguntas en función de: V-D-I. P1: I+D+V P2: I+D P3: D+V+IP4: D+I P5: V+I+D</p>	<p><b>(No se aplica)</b></p> <p>Solo para el caso de cuestionarios aplicar la escala de Likert 1= Totalmente en desacuerdo. 2= En desacuerdo. 3= Totalmente de acuerdo. 4= De acuerdo. 5= Indeciso</p>
<b>V.D: Rendimientos de máquinas para movimientos de tierras</b>	<p>La producción de un equipo relaciona unidades de trabajo y el tiempo que por lo general es una hora. Producción = Unid. Trabajo / tiempo (hora)</p> <p>En la fase preliminar de corte y relleno la unidad que comúnmente se usa es el m<sup>3</sup>, no obstante en otras actividades de construcción pueden utilizarse otras unidades como el metro lineal o el m<sup>2</sup>.</p> <p>Por otro lado, el tiempo se expresa en horas, que también en algunos casos puede ser días.</p>	<p>El tener información o conocer los rendimientos aproximados de los equipos para las fases de corte y relleno es primordial, puesto que si se cuenta con los rendimientos se puede planificar cada operación del movimiento de tierras</p>	<p>D1: Eficacia horaria</p> <p>D2: Productividad</p> <p>D3: Control del costo unitario de cada actividad</p>	<p>I1: Buenos I2: Promedio I3: Malos</p> <p>I1: Producción I2: Eficiencia I3: Efectividad</p> <p>I1: Costo horario I2: Costo de posesión I3: Costo de operación</p>		

Fuente: Elaboración propia