

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



TOMO I

**“ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCTIVIDAD DE MAQUINARIA Y SU
INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MÉTODOS
MECÁNICOS”**

Por:

CKRYSH ARCENIA FERNÁNDEZ COLQUE

Proyecto de grado presentado a consideración de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II – 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme y darme la oportunidad de soñar, aprender y marcar la diferencia; porque todo sacrificio tiene su recompensa.

A mis padres, Armando Fernández y Arcenia Colque, que sembraron en mí la fuerza para vencer los obstáculos, porque todo trabajo duro y honesto rinde frutos; muchos de mis logros es gracias a ustedes.

A mi hermano Napoleón Fernández y a mi cuñada Marioli Fernández, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome sus palabras de aliento, apoyo inquebrantable y amor infinito.

A mi esposo Walter Cazon, por alentarme constantemente a levantarme en mis derrotas para culminar esta meta. Y quien con su ejemplo de vida me ha enseñado que la humildad es la mejor cualidad del ser humano.

A mi sobrinito Matías Fernández, quien con sus infinitas travesuras, mantenga esa dosis de energía para cumplir sus metas; le dedico este Proyecto con todo mi corazón, y que sea de inspiración a futuro para vencer sus desafíos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	Página
1.1	Introducción.....1
1.2	Justificación.....2
1.3	Planteamiento del problema.....3
1.3.1	Situación problemática.....3
1.3.2	Problema.....4
1.4	Objetivos.....4
1.4.1	Objetivo general.....4
1.4.2	Objetivos específicos.....4
1.5	Formulación de la hipótesis.....5
1.5.1	Hipótesis.....5
1.6	Identificación de variables.....5
1.6.1	Conceptualización y operación de las variables.....5
1.7	Alcance del proyecto.....8
1.8	Unidad de estudio o muestreo.....8
1.8.1	Población.....8
1.8.2	Muestra.....8
1.8.3	Muestreo.....8
1.8.4	Técnicas de muestreo.....9
1.9	Métodos y procedimientos lógicos.....9
1.9.1	Listado de actividades a realizar.....9
1.10	Análisis de resultados.....10
1.10.1	Estadística descriptiva.....10

CAPÍTULO II

MOVIMIENTO DE TIERRAS

	Página
2.1	Movimiento de tierras.....11
2.2	Adquisición y renovación de maquinaria.....11
2.2.1	Alquiler frente a la compra de maquinaria.....11
2.3	La vida económica de la maquinaria.....12
2.3.1	Selección de la maquinaria.....14
2.4	Costos de la explotación de la maquinaria.....14
2.4.1	Estructura del costo.....14
2.4.2	Costos horarios fijos y variables.....15
2.4.3	Costos de operación.....15
2.5	Lubricantes y combustibles.....15
2.6	Averías y reparaciones.....16
2.7	Costos de neumáticos.....17
2.8	Costo de operador.....17
2.9	Disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento de los equipos.....18
2.9.1	Distribución del tiempo de permanencia en obra.....18
2.9.2	Disponibilidad de una máquina.....19
2.10	Fiabilidad de los equipos.....19
2.10.1	Fiabilidad y avería.....19
2.10.2	Curva de fiabilidad de una máquina.....20
2.11	Mantenimiento y reparación de los equipos.....21
2.11.1	Planificación y programación del mantenimiento.....22
2.11.2	Reparaciones.....24
2.12	Ciclos de trabajo de un equipo de máquinas.....25
2.13	Producción de equipos.....25
2.13.1	Rendimiento y factores de producción.....25
2.13.2	Factores que determinan la producción de un equipo.....26
2.14	Producción de un equipo de máquinas trabajando en cadena.....26
2.15	Tipos de máquinas.....27

2.16	Marco conceptual.....	27
2.16.1	Motor.....	27
2.16.2	Transmisión.....	28
2.16.3	Sistema hidráulico.....	29
2.16.4	Filtro de aceite.....	30
2.16.5	Filtro de aire.....	31
2.17	Rendimiento - aceites.....	31
2.18	Maquinarias.....	32
2.18.1	Excavadora.....	32
2.18.2	Pala cargadora.....	33
2.18.3	Tractor oruga.....	34
2.18.4	Volqueta.....	35
2.19	Diferentes tipos de costos.....	36
2.19.1	Costo de inversión.....	36
2.20	Clasificación de los costos.....	36
2.21	Plataforma de mantenimiento inteligente – Fractal.....	38
2.21.1	¿Cómo funciona?	38
2.21.2	Características de Fractal.....	38
2.21.3	Ventajas de Fractal.....	38
2.22	Mantenimiento de maquinaria y equipo.....	39
2.23	Condiciones para un funcionamiento correcto.....	39
2.24	Mantenimiento preventivo en máquinas - herramientas.....	41
2.25	Tipos de mantenimiento de maquinaria.....	42
2.25.1	Mantenimiento reactivo.....	42
2.25.2	Mantenimiento de ejecución para fallar.....	43
2.25.3	Mantenimiento de rutina.....	43
2.25.4	Mantenimiento correctivo.....	43
2.25.5	Mantenimiento preventivo.....	43
2.25.6	Mantenimiento predictivo.....	43
2.25.7	Mantenimiento prescriptivo.....	44
2.26	Consejos para el mantenimiento de maquinaria.....	44

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1 Aplicación práctica.....	45
3.2 Enfoque del trabajo.....	45
3.3 Criterios de obtención de datos.....	47
3.3.1 Datos de la maquinaria tramo Choéré – Acheral.....	47
3.3.2 Registro.....	47
3.3.3 Ubicación de la fuente.....	47
3.3.4 Delimitación.....	47
3.4 Obtención de datos Choéré - Acheral.....	47
3.4.1 Maquinaria utilizada en el mes de mayo.....	47
3.4.2 Maquinaria utilizada en el mes de junio.....	50
3.4.3 Maquinaria utilizada en el mes de julio.....	52
3.4.4 Desglose de las actividades de cada maquinaria en el mes de mayo.....	54
3.4.5 Desglose de las actividades de cada maquinaria en el mes de junio.....	56
3.4.6 Desglose de las actividades de cada maquinaria en el mes de julio.....	57
3.5 Maquinaria Pertt.....	59
3.6 Análisis de datos de la información recolectada.....	59
3.7 Cronograma de maquinarias en actividades ejecutadas.....	60
3.8 Proyección de volúmenes.....	60
3.9 Comunidades beneficiadas - meses de (abril – mayo – junio)	62
3.10 Análisis de repuestos.....	63
3.11 Reportes del diagnóstico.....	66
3.11.1 Planificación de mantenimiento anual para volqueta.....	67
3.11.2 Planificación de mantenimiento anual para excavadora.....	67
3.11.3 Planificación de mantenimiento anual para pala cargadora.....	67
3.11.4 Planificación de mantenimiento anual para tractor oruga.....	68
3.12 Análisis técnico.....	69

3.13	Desarrollo del software Fractal.....	72
3.14	Análisis de costo.....	75
3.14.1	Requerimientos.....	75
3.15	Costo horario.....	76

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página	
4.1	Resultados maquinaria mes de mayo.....	81
4.1.1	Resumen de costo y horas del mes de mayo – maquinaria Convisa.....	81
4.1.2	Resumen de costo y horas del mes de mayo – maquinaria particular.....	83
4.2	Resultados maquinaria mes de junio.....	87
4.2.1	Resumen de costo y horas del mes de junio – maquinaria Convisa.....	87
4.2.2	Resumen de costo y horas del mes de junio – maquinaria particular.....	89
4.3	Resultados maquinaria mes de julio.....	93
4.3.1	Resumen de costo y horas del mes de julio – maquinaria Convisa.....	93
4.3.2	Resumen de costo y horas del mes de julio – maquinaria particular.....	95
4.4	Rendimientos.....	99
4.4.1	Rendimientos del mes de mayo – maquinaria Convisa.....	99
4.4.2	Rendimientos del mes de mayo – maquinaria particular.....	101
4.4.3	Rendimientos del mes de junio – maquinaria Convisa.....	103
4.4.4	Rendimientos del mes de junio – maquinaria particular.....	105
4.4.5	Rendimientos del mes de julio – maquinaria Convisa.....	107
4.4.6	Rendimientos del mes de julio – maquinaria particular.....	109
4.5	Costo horario operación (maquinaria – mano de obra – otros)	111
4.6	Resumen costos de mantenimiento.....	126
4.7	Resumen comparación de rendimientos.....	127
4.8	Resumen comparación costos de operación.....	129

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	139
5.2 Recomendaciones.....	140

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: RECOPIACIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS MAQUINARIAS

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA ACTIVA DEL PERTT

ANEXO C: ENTREVISTA

ANEXO D: DESGLOSE DE LAS ACTIVIDADES EN HORAS Y COSTO

ANEXO E: PARTES DIARIAS MAQUINARIA PERTT

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA DEL PERTT

ANEXO G: IMÁGENES SOBRE LA APLICACIÓN FRACTAL

ANEXO H: CONSTANCIA DE SOLICITUDES

ANEXO I: DESGLOSE DE LOS RECURSOS DEL SOFTWARE FRACTAL

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Operacionalización de variable independiente.....	5
Tabla 2: Operacionalización de variable dependiente.....	7
Tabla 3: Maquinaria Convisa – mes de mayo.....	48
Tabla 4: Maquinaria particular – mes de mayo.....	49
Tabla 5: Maquinaria Convisa junio.....	50
Tabla 6: Maquinaria particular junio.....	51
Tabla 7: Maquinaria Convisa julio.....	52
Tabla 8: Maquinaria particular julio.....	53
Tabla 9: Maquinaria Convisa y actividad – mes de mayo.....	54
Tabla 10: Maquinaria particular y actividad – mes de mayo.....	55
Tabla 11: Maquinaria Convisa y actividad – mes de junio.....	56
Tabla 12: Maquinaria particular y actividad – mes de junio.....	57
Tabla 13: Maquinaria Convisa y actividades – mes de julio.....	57
Tabla 14: Maquinaria particular y actividades – mes de julio.....	58
Tabla 15: Avance de las actividades de apoyo.....	59
Tabla 16: Datos maquinaria abril - PERTT.....	59
Tabla 17: Datos maquinaria mayo - PERTT.....	59
Tabla 18: Datos maquinaria junio - PERTT.....	60
Tabla 19: Registro en tiempo de las maquinarias.....	60
Tabla 20: Proyección de volúmenes desde abril a junio.....	60
Tabla 21: Maquinarias de acuerdo con horas trabajadas.....	61
Tabla 22: Relación datos diésel (litros)	62
Tabla 23: Actividades de movimiento de tierras en (m3)	62
Tabla 24: Cotización pala cargadora.....	63
Tabla 25: Cotización tractor oruga.....	64
Tabla 26: Cotización excavadora.....	65
Tabla 27: Mantenimientos - aceite motor.....	69
Tabla 28: Cambios de aceite motor.....	70

Tabla 29: Mantenimiento - filtro de aceite.....	71
Tabla 30: Requerimientos de material – maquinarias.....	75
Tabla 31: Requerimiento de baterías.....	76
Tabla 32: Requerimiento de gomas.....	76
Tabla 33: Requerimiento filtros – 250 horas.....	77
Tabla 34: Requerimiento filtros – 1000 horas.....	78
Tabla 35: Requerimiento material para 250,1000 y 2000 horas.....	79
Tabla 36: Costo de mantenimiento preventivo – anual.....	80
Tabla 37: Costo de mantenimiento preventivo – semestral.....	80
Tabla 38: Costo de mantenimiento preventivo – trimestral.....	81
Tabla 39: Costo de mantenimiento preventivo – quincenal.....	81
Tabla 40: Resumen maquinaria propia Convisa – mayo.....	81
Tabla 41: Resumen maquinaria particular – mayo.....	83
Tabla 42: Comparación de maquinarias Convisa y particular – mayo.....	85
Tabla 43: Resumen maquinaria Convisa – junio.....	87
Tabla 44: Resumen maquinaria particular – junio.....	89
Tabla 45: Comparación de maquinaria Convisa y particular – junio.....	91
Tabla 46: Resumen maquinaria Convisa – julio.....	93
Tabla 47: Resumen maquinaria particular – julio.....	95
Tabla 48: Comparación de maquinaria Convisa y particular – julio.....	97
Tabla 49: Rendimientos de la maquinaria Convisa – mayo.....	99
Tabla 50: Rendimientos de la maquinaria particular – mayo.....	101
Tabla 51: Rendimientos de la maquinaria Convisa – junio.....	103
Tabla 52: Rendimientos de la maquinaria particular – junio.....	105
Tabla 53: Rendimientos de la maquinaria Convisa – julio.....	107
Tabla 54: Rendimientos de la maquinaria particular – julio.....	109
Tabla 55: Costo operación excavadora.....	111
Tabla 56: Costo operación volqueta.....	115
Tabla 57: Costo operación pala cargadora.....	119
Tabla 58: Costo de operación – tractor oruga.....	123
Tabla 59: Resumen de costos maquinaria.....	126

Tabla 60: Comparación de rendimientos maquinaria Convisa.....	127
Tabla 61: Comparación de rendimientos maquinaria PERTT.....	128
Tabla 62: Comparación costo de operación Convisa - PERTT.....	129

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1: Proyección de volúmenes.....	61
Gráfica 2: Relación de horas trabajadas.....	61
Gráfica 3: Relación diésel (litros)	62
Gráfica 4: Resumen Convisa – mayo (horas).....	81
Gráfica 5: Resumen Convisa - mayo (costo).....	82
Gráfica 6: Resumen particular - mayo (horas)	83
Gráfica 7: Resumen particular - mayo (costo)	84
Gráfica 8: Comparación de horas trabajadas – mayo.....	85
Gráfica 9: Comparación de costo - mayo.....	86
Gráfica 10: Resumen Convisa – junio (horas)	87
Gráfica 11: Resumen Convisa – junio (costo)	88
Gráfica 12: Resumen particular – junio (horas)	89
Gráfica 13: Resumen particular – junio (costo)	90
Gráfica 14: Comparación horas trabajadas - junio.....	91
Gráfica 15: Comparación de costo - junio.....	92
Gráfica 16: Resumen Convisa - julio (horas)	93
Gráfica 17: Resumen Convisa - julio (costo)	94
Gráfica 18: Resumen particular - julio (horas)	95
Gráfica 19: Resumen particular - julio (costo)	96
Gráfica 20: Comparación de horas trabajadas - julio.....	97
Gráfica 21: Comparación de costo - julio.....	98
Gráfica 22: Rendimiento maquinaria propia – mayo.....	100
Gráfica 23: Rendimiento maquinaria alquilada - mayo.....	102
Gráfica 24: Rendimiento maquinaria propia - junio.....	104

Gráfica 25: Rendimiento maquinaria alquilada – junio.....	106
Gráfica 26: Rendimiento maquinaria propia – julio.....	108
Gráfica 27: Rendimiento maquinaria alquilada – julio.....	110
Gráfica 28: Comparación de rendimientos maquinaria Convisa.....	127
Gráfica 29: Comparación de rendimientos maquinaria PERTT.....	128
Gráfica 30: Comparación costo de comparación Convisa – PERTT.....	129

ÍNDICE DE IMAGENES

	Página
Imagen 1: Planificación anual de la volqueta.....	67
Imagen 2: Planificación anual - excavadora.....	67
Imagen 3: Planificación anual - pala cargadora.....	67
Imagen 4: Planificación anual – tractor oruga.....	68
Imagen 5: Presentación de la aplicación.....	72
Imagen 6: Gestión de órdenes de trabajo.....	72
Imagen 7: Resumen de las órdenes y tareas.....	73
Imagen 8: Desglose de activos por maquinaria.....	73
Imagen 9: Ubicación de la zona de trabajo.....	74
Imagen 10: Catálogo del personal técnico.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Costo y utilización.....	12
Figura 2: Curva de costos.....	13
Figura 3: Ubicación de la zona Caraparí.....	46
Figura 4: Ubicación zona PERTT.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1: Motor maquinaria pesada.....	28
Ilustración 2: Transmisión de maquinaria pesada.....	29
Ilustración 3: Sistema hidráulico maquinaria pesada.....	30
Ilustración 4: Filtro de aceite.....	30
Ilustración 5: Filtro de aire.....	31
Ilustración 6: Excavadora maquinaria pesada.....	33
Ilustración 7: Pala cargadora maquinaria pesada.....	34
Ilustración 8: Tractor oruga maquinaria pesada.....	35
Ilustración 9: Volqueta maquinaria pesada.....	36
Ilustración 10: Ficha de ubicación realizado en el programa Fractal.....	130
Ilustración 11: Ficha de personal realizado en el programa Fractal.....	131
Ilustración 12: Ficha de tareas realizado en el programa Fractal.....	132
Ilustración 13: Desglose de activos - excavadora.....	134
Ilustración 14: Desglose de activos – pala cargadora.....	135
Ilustración 15: Desglose de activos – tractor oruga.....	136
Ilustración 16: Desglose de activos - volqueta.....	137
Ilustración 17: Resumen de tareas programadas.....	138
Ilustración 18: Resumen de prioridad de tareas.....	138