

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo	3
1.2	Alcance	4
2	ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1	Conceptos	4
2.2	Tipos de MEx	5
2.2.1	MEx Cuadrada.....	6
2.2.2	MEx Triangular Tipo Teniente.....	7
2.2.3	MEx Mixta Tipo Henderson	9
2.3	Lineamientos de Diseño.....	11
2.4	Selección del Tipo de MEx.....	13
2.4.1	Aspectos Operacionales.....	13
2.4.2	Aspectos Geométricos.....	14
2.4.3	Aspectos Geomecánicos	14
2.4.4	Otros Aspectos:	14
2.5	Geometría del Operación Típica en una MEx tipo Teniente.....	14
2.6	Conclusiones Sobre el Estado del Arte.....	17
3	DESARROLLO DEL ESTUDIO	18
3.1	Hipótesis	18
3.2	Concepto de Carguío “No frontal”	18
3.3	Propuesta de Diseño MEx Mixta (Rectangular-Triangular).....	21
3.4	Metodología General.....	22
3.5	Lineamientos de Diseño MEx.....	23
3.5.1	Diseño MEx Tipo Teniente	24
3.5.2	Diseño MEx Mixta.....	25
3.6	Cubicación de obras.....	25
3.6.1	MEx Tipo Teniente v/s MEx Mixta	26
3.6.2	MEx Mixta Operativizada.....	29
3.6.3	MEx Tipo Teniente v/s MEx Mixta Operativizada	30
4	EVALUACIÓN COMPARATIVA ENTRE MEX TIPO TENIENTE Y MIXTAS	36
4.1	Criterios de Evaluación de MEx	36
4.2	Evaluación del Diseño.....	40
5	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	49
6	PROGRAMA DE OBRAS	50
7	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE MEX	53
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
8.1	Conclusiones.....	57
8.2	Recomendaciones.....	61
	BIBLIOGRAFÍA	63
	ANEXO A: Cálculo Ciclos y Rendimientos Obras Nivel de Producción	64
	Anexo A-1: Desarrollos Horizontales Calles	64

Anexo A-2: Desarrollos Horizontales Zanjias.....	66
Anexo A-3: Desquiches.....	68
Anexo A-4: Equivalente en Excavaciones.....	69
Anexo A-5: Fortificación con Cables	70
Anexo A-6: Pavimentos.....	72
Anexo A-7: Chimeneas Piloto Bateas	72
Anexo A-8: Perforación y Tronadura de Bateas.....	73
ANEXO B: Detalle Programa de Obras.....	76
Anexo B-1: Programa de Obras MEx tipo Teniente	76
Anexo B-2: Programa de Obras MEx Mixta Operativizada	78
Anexo B-3: Figuras Comparativas Programa Mensual de Obras	80
ANEXO C: Autorización para el uso de Información	85
ANEXO D: Paper en Preparación para Publicar	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos a utilizar en diseño comparativo de MEx.....	23
Tabla 2: Cubicación Comparativa MEx	28
Tabla 3: Resumen de Cubicación Comparativa MEx	28
Tabla 4: Resumen de Cubicación Comparativa MEx por área de influencia.....	29
Tabla 5: Cubicación Comparativa MEx Operativizada	34
Tabla 6: Resumen de Cubicación Comparativa MEx Operativizada	34
Tabla 7: Resumen de Cubicación Comparativa MEx por área de influencia.....	35
Tabla 8: Normalización de Obras respecto a MEx Teniente	35
Tabla 9: Resumen Evaluación Comparativa MEx	44
Tabla 10: Evaluación en Base a Estabilidad	46
Tabla 11: Evaluación en Base a Productividad	46
Tabla 12: Evaluación en Base a Geometría	46
Tabla 13: Evaluación en Base a Operación LHD	46
Tabla 14: Evaluación sin Priorizar	47
Tabla 15: Evaluación Comparativa MEx (DTI = 24 [m])	48
Tabla 16: Efecto en la Evaluación según distintas prioridades (DTI = 24 [m])	48
Tabla 17: Evaluación Comparativa MEx (DTI = 30 [m])	49
Tabla 18: Efecto en la Evaluación según distintas prioridades (DTI = 30 [m])	49
Tabla 19: Obras asociadas a Costos MEx	50
Tabla 20: Comparación Costos MEx.....	50
Tabla 21: Resumen Rendimientos para Programa de Construcción.....	52
Tabla 22: Cronograma Mensual de Obras MEx tipo Teniente	52
Tabla 23: Cronograma Mensual de Obras MEx Mixta Operativizada.....	52
Tabla 24: Análisis comparativo entre diseños de MEx	57
Tabla 25: Resumen de Cubicación Comparativa MEx	58
Tabla 26: Comparación Aspecto Económico MEx	58

Tabla 27: Evaluación Comparativa Aspectos de Diseño MEx.....	59
Tabla 28: Estimación Ciclo Desarrollo Calles (1/2)	64
Tabla 29: Estimación del ciclo para desarrollo de calles (2/2).....	65
Tabla 30: Base para estimación de rendimiento para desarrollo de calles	65
Tabla 31: Estimación del rendimiento en desarrollo de calles.....	66
Tabla 32: Estimación del ciclo para desarrollo de zanjas (1/2).....	66
Tabla 33: Estimación del ciclo para desarrollo de zanjas (2/2).....	67
Tabla 34: Base para estimación de rendimiento para desarrollo de zanjas	67
Tabla 35: Estimación del rendimiento en desarrollo de zanjas.....	68
Tabla 36: Estimación del ciclo para desquinches (1/2)	68
Tabla 37: Estimación del ciclo para desquinches (2/2)	69
Tabla 38: Estimación de rendimiento para desquinches	69
Tabla 39: Estimación de la cantidad de excavaciones dentro del diseño.....	70
Tabla 40: Estimación del rendimiento para excavaciones.....	70
Tabla 41: Estimación del ciclo para cableado	71
Tabla 42: Base para estimación de rendimiento para cableado.....	71
Tabla 43: Estimación del rendimiento en Cableado	71
Tabla 44: Estimación del ciclo para chimenea Blind Hole	72
Tabla 45: Base para estimación de rendimiento para chimenea Blind Hole	73
Tabla 46: Estimación del rendimiento en chimenea Blind Hole.....	73
Tabla 47: Estimación del ciclo para perforación y tronadura de bateas	74
Tabla 48: Base para estimación Rendimiento Perforación y Tronadura de bateas.....	74
Tabla 49: Estimación del rendimiento en perforación y tronadura de bateas.....	75
Tabla 50: Obras asociadas a Calle 1, Módulo de referencia MEx tipo Teniente	76
Tabla 51: Obras asociadas a Calle 2, Módulo de referencia MEx tipo Teniente	77
Tabla 52: Obras asociadas a Calle 1, Módulo de referencia MEx Mixta Operativizada .	78
Tabla 53: Obras asociadas a Calle 2, Módulo de referencia MEx Mixta Operativizada .	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Desplazamiento de Elipsoides hacia el interior de la Batea	1
Figura 2: Diseño Conceptual Acercando los PEx a la Calle de Producción	2
Figura 3: Efectos en el carguío con LHD.....	3
Figura 4: Ejemplo MEx tipo Teniente	5
Figura 5: Esquema de la Configuración Cuadrangular.....	6
Figura 6: Construcción de la MEx Cuadrada.....	6
Figura 7: Esquema de la Configuración Cuadrangular.....	7
Figura 8: Construcción de la MEx Tipo Teniente.....	8
Figura 9: Configuración Mixta de Elipsoides de Extracción.....	9
Figura 10: Construcción de la MEx Henderson a partir de una Configuración Mixta	10
Figura 11: Variante construcción de la MEx a partir de una Configuración Mixta	11
Figura 12: Esquema ilustrativo para lineamientos de diseño	11
Figura 13: Esquema de MEx en condición de Tiraje Aislado	12

Figura 14: Esquema de MEx en condición de Tiraje Semi Aislado	12
Figura 15: Esquema de MEx en condición de Tiraje Interactivo.....	13
Figura 16: Maniobra del LHD en MEx Teniente	15
Figura 17: Maniobra del LHD en MEx 100% Rectangular	15
Figura 18: Base de Diseño para MEx Mixta (R/T).....	16
Figura 19: Esquema del principal objetivo de estudios en bibliografía	17
Figura 20: Diseño experimental con carguío “no frontal” en Punto de Extracción.....	18
Figura 21: Detalle diseño experimental Punto de Extracción	19
Figura 22: Detalle diseño experimental Sección transversal.....	19
Figura 23: Detalle diseño experimental Sección longitudinal e isométrico	19
Figura 24: Ejemplo de aplicación modificando MEx Tipo Tte. y Espina de Pescado	19
Figura 25: Ejemplo de aplicación con Chancador Sizer	20
Figura 26: Esquema de cálculo para proyección del Talud.....	24
Figura 27: MEx Tipo Teniente	24
Figura 28: MEx Mixta	25
Figura 29: Excavaciones Sección 4,8 x 4,5 [mxm].....	26
Figura 30: Excavaciones Sección 4,4 x 4,3 [mxm].....	26
Figura 31: Excavaciones Desquinches en Esquinas.....	26
Figura 32: Fortificación Perno – Malla.....	26
Figura 33: Fortificación Shotcrete.....	27
Figura 34: Fortificación con Cables	27
Figura 35: Construcción de Puntos de Extracción.....	27
Figura 36: Pavimentos	27
Figura 37: Muros de Contención	28
Figura 38: MEx Mixta Operativizada	29
Figura 39: Excavaciones Sección 4,8 x 4,5 [mxm] MEx Mixta Operativizada	30
Figura 40: Excavaciones Sección 4,4 x 4,3 [mxm] MEx Mixta Operativizada	30
Figura 41: Excavaciones Desquinches en Esquinas MEx Mixta Operativizada	30
Figura 42: Fortificación Perno – Malla MEx Mixta Operativizada	30
Figura 43: Fortificación Shotcrete MEx Mixta Operativizada	31
Figura 44: Fortificación con Cables MEx Mixta Operativizada	31
Figura 45: Construcción de Puntos de Extracción MEx Mixta Operativizada.....	31
Figura 46: Pavimentos MEx Mixta Operativizada.....	31
Figura 47: Muros de Contención MEx Mixta Operativizada	32
Figura 48: Perforación Batea.....	32
Figura 49: Excavación Batea.....	32
Figura 50: Geometrías 3D Diseño de Bateas MEx Tipo Teniente.....	33
Figura 51: Geometrías 3D Diseño de Bateas MEx Mixta Operativizada	33
Figura 52: Disposición de Bateas en Área referencial de estudio	33
Figura 53: Esquema de Evaluación comparativa entre MEx.....	36
Figura 54: Ilustración de Áreas asociadas a 2 PEx	36
Figura 55: Áreas asociadas al pilar generado por 2 PEx (Geometrías equivalentes)	37

Figura 56: Esquema para el cálculo del Efecto Dilución	37
Figura 57: Esquema de MEx Equilátera.....	38
Figura 58: Esquema para el cálculo de la Distorsión en la MEx.....	38
Figura 59: Esquema para el cálculo de la Anisotropía	38
Figura 60: Esquema para el cálculo de la Holgura de la MEx.....	39
Figura 61: Esquema para el cálculo de la Luz Máxima.....	39
Figura 62: Comparación entre Diseños (DTI = 24 [m]).....	47
Figura 63: Comparación entre Diseños (DTI = 30 [m]).....	48
Figura 64: Obras mes 1.....	80
Figura 65: Obras mes 2.....	80
Figura 66: Obras mes 3.....	80
Figura 67: Obras mes 4.....	80
Figura 68: Obras mes 5.....	81
Figura 69: Obras mes 6.....	81
Figura 70: Obras mes 7.....	81
Figura 71: Obras mes 8.....	81
Figura 72: Obras mes 9.....	82
Figura 73: Obras mes 10.....	82
Figura 74: Obras mes 11.....	82
Figura 75: Obras mes 12.....	82
Figura 76: Obras mes 13.....	83
Figura 77: Obras mes 14.....	83
Figura 78: Obras mes 15.....	83
Figura 79: Obras mes 16.....	83
Figura 80: Obras mes 17.....	84
Figura 81: Obras mes 18.....	84