

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
	2.1. Objetivo General	3
	2.2. Objetivos Específicos	3
<b>3.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
	3.1. Amenaza Natural	4
	3.1.1. Tipología de Amenazas	5
	3.2. Vulnerabilidad	6
	3.3. Riesgo	7
	3.4. Desastre Natural	8
	3.5. Movimientos en Masa	10
	3.5.1. Factores que participan en la generación de Movimientos en Masa	12
	3.5.1.1. Factores Constantes	13
	i) Naturaleza de los Materiales	13
	ii) Pendiente topográfica y morfología de la ladera	13
	iii) Vegetación	14
	3.5.1.2. Factores Variables	14
	i) Climatología	15
	ii) Meteorización	16
	iii) Sismicidad	16
	iv) Acciones antrópicas	16
	3.5.2. Partes de un Movimiento en Masa	18
	3.5.3. Tipología de los Movimientos en Masa	20
	3.5.3.1. Caídas	20
	3.5.3.2. Basculamientos	21
	3.5.3.3. Separaciones laterales	21
	3.5.3.4. Deslizamientos	22
	3.5.3.5. Flujos	23

3.6. Estudios Realizados de Movimientos en Masa	24
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>26</b>
4.1. Marco General	26
4.2. Ubicación del Área de Estudio	26
4.3. Antecedentes Generales del Área de Estudio	27
4.4. Movimientos en Masa en el Área de Estudio	28
4.5. Reuniones de Coordinación del Estudio	29
4.6. Fases Metodológicas	29
4.6.1. Revisión Bibliográfica	29
4.6.2. Ubicación de los puntos de estudio	30
4.6.3. Construcción de un Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa	32
4.6.4. Determinación de las variables para la construcción del Indicador	32
i) Precipitación Máxima Mensual	33
ii) Intensidad de Precipitación	33
iii) Profundidad del Suelo	33
iv) Textura del Suelo	33
v) Presencia de Roca Fragmentada	33
vi) Densidad Aparente del Suelo	33
vii) Pendiente Máxima	33
viii) Cobertura de Vegetación	33
ix) Profundidad de Raíces	34
x) Acción Antrópica	34
4.6.5. Determinación del Valor numérico de cada variable	34
4.6.6. Determinación del peso relativo para cada una de las variables	38
4.6.7. Obtención de Información para el cálculo numérico de las variables	40
4.6.7.1. Obtención de información de las variables dinámicas	41
i) Datos requeridos de estaciones meteorológicas	41
a) Cálculo de parámetros estadísticos para los	43

datos pluviométricos	
b) Determinación de parámetros para la Función de Distribución de Probabilidad (FDR)	44
c) Función de distribución de Gumbel	45
d) Determinación de la probabilidad de precipitación a partir de la FDP de Gumbel para distintos periodos de retorno (T)	46
e) Determinación del mejor ajuste	46
f) Coeficiente de Determinación $R^2$	47
g) Test de Kolmogorov - Smirnov	48
ii) Medición de la Cobertura Vegetal	49
iii) Medición de la acción antrópica	49
4.6.7.2. Obtención de Información de la variables estáticas	50
i) Medición de las variables del suelo	50
ii) Medición de la variable presencia de roca fragmentada	51
iii) Medición de la variable pendiente máxima	51
iv) Medición de la variable profundidad de raíces	51
4.6.8. Obtención del peso o ponderación de las variables (W(i))	52
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>54</b>
5.1. Áreas de Influencia Territorial para las estaciones Pluviométricas generadas por los polígonos de Thiessen	54
5.2. Variables pertenecientes al IRM	56
5.2.1. Resultados de las variables pertenecientes al IRM	56
5.2.1.1. Resultados de las variables dinámicas	56
i) Variables obtenidas por medio de bases de datos	56
ii) Resultados de las variables dinámicas obtenidas por medio de la captura de datos en terreno	62
5.2.1.2. Resultados de las variables estáticas obtenidas por medio de la captura de información en terreno y en laboratorio	63

i) Clasificación de las variables estáticas obtenidas en laboratorio	63
ii) Clasificación de las variables estáticas obtenidas por captura de información en terreno	65
5.3. Peso Relativo otorgado a cada una de las variables	66
5.3.1. Notas Otorgadas por los Expertos	66
i) Expertos del ámbito académico	66
ii) Expertos del ámbito público	67
iii) Expertos del ámbito privado	68
5.3.2. Aplicación del Método de Comparación por Pares	69
i) Puntaje otorgado por los expertos a cada variable	69
ii) Peso relativo de las variables pertenecientes al IRM	70
5.4. Modelo del Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa	71
5.5. Validación del Modelo del Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa	72
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>73</b>
6.1. Análisis de las áreas de influencia territorial para las estaciones pluviométricas generadas con los polígonos de Thiessen	73
6.2. Análisis de las Variables Pertenecientes al IRM	73
6.2.1. Análisis de las variables dinámicas	74
6.2.1.1. Análisis de las variables obtenidas por medio de bases de datos	74
6.2.1.2. Análisis de las variables dinámicas obtenidas por medio de captura de datos en terreno	77
6.2.2. Análisis de las variables estáticas	78
6.2.2.1. Análisis de las variables estáticas obtenidas en laboratorio	79
6.2.2.2. Análisis de las variables estáticas obtenidas por captura de información en terreno	80
6.3. Análisis del peso relativo otorgado a cada una de las variables	83
6.3.1. Análisis de las notas otorgadas por los expertos de	83

los diferentes ámbitos	
6.3.2. Análisis del peso relativo obtenido para cada una de las variables pertenecientes al IRM	84
6.4. Análisis del indicador de riesgo de movimientos en masa determinado para cada uno de los puntos estudiados en la comuna de San Clemente	85
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>
7.1. Conclusiones	91
7.2. Recomendaciones	93
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

N°		Página
1	Ranking de países expuestos a amenazas naturales	10
2	Puntos de estudio	30
3	Ejemplo de las notas que los expertos asignaron a cada variable	39
4	Coordenadas UTM de las estaciones pluviométricas seleccionadas	42
5	Registro histórico de la precipitación máxima mensual de las estaciones seleccionadas	42
6	Registro histórico de intensidad de precipitación en 24 horas de las estaciones seleccionadas	42
7	Valores estadísticos obtenidos para las variables precipitación máxima mensual e intensidad de precipitación en 24 horas	57
8	Ajuste de la función de Gumbel para los datos de precipitación máxima mensual	57
9	Ajuste de la Función de Gumbel para los datos de intensidad de precipitación en 24 horas	58
10	Valores de probabilidad para las precipitaciones máximas mensuales de las 5 estaciones estudiadas en diferentes periodos de retorno (T)	58
11	Valores de probabilidad para las intensidades de precipitación en 24 horas de las 5 estaciones estudiadas en diferentes periodos de retorno (T)	59
12	Datos máximos y mínimos de las precipitaciones máximas mensuales y valores obtenidos de la FDP de Gumbel y los periodos de retorno (T)	60
13	Datos máximos y mínimos de las intensidades de precipitación en 24 horas y valores obtenidos de la FDP de Gumbel y los periodos de retorno (T)	60
14	Calificación de las variables V1 y V2	61
15	Calificación de las variables V8 y V10	62
16	Calificación de las variables V4 y V6	64

17	Calificación de las variables V3, V5, V7 y V9	65
18	Notas otorgadas por los expertos del ámbito académico	67
19	Notas otorgadas por los expertos del ámbito público	68
20	Notas otorgadas por los expertos del ámbito privado	69
21	Puntajes totales otorgados por los expertos a cada una de las Variable	69
22	Pesos relativos otorgados a cada una de las Variables	70
23	Valores del Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa (IRM) para cada punto estudiado	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Página
1	Impactos de Desastres	8
2	Pérdidas económicas en relación con el número de desastres	9
3	Autopista Duarte, República Dominicana, 1999	11
4	Autopista Duarte, República Dominicana, 2000	12
5	Partes de un Movimiento en Masa	18
6	Desprendimiento	19
7	Caídas	20
8	Basculamiento	21
9	Separaciones laterales	21
10	Deslizamiento rotacional	22
11	Deslizamiento traslacional	22
12	Flujos	23
13	Comuna San Clemente, área de estudio	27
14	Movimiento en Masa, sector El Colorado, San Clemente (Punto 7)	31
15	Superficie vulnerable a un Movimiento en Masa, sector El Médano, San Clemente (Punto 15)	31
16	Distribución de probabilidades con diferentes desviaciones estándar	44
17	Áreas de influencia pluviométrica de los puntos estudiados	55
18	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable precipitación máxima mensual según los valores máximos	76
19	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable intensidad de precipitación en 24 horas según los valores máximos	76
20	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable cobertura vegetal	77
21	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable acción antrópica	78
22	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable textura del suelo	79



23	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable densidad aparente del suelo	80
24	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable profundidad de suelo	81
25	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable presencia de roca fragmentada	81
26	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable pendiente máxima	82
27	Porcentaje de los valores obtenidos para la variable profundidad de raíces	82
28	Puntaje total otorgado por los expertos a las variables pertenecientes al IRM	83
29	Pesos relativos otorgados a cada una de las variables pertenecientes al IRM	84
30	Valores del IRM de los Movimientos en Masa para cada uno de los puntos estudiados	85
31	Obras de mampostería en ladera de ubicada en la carretera Itata	93
32	Canal de evacuación de aguas	94
33	Muros de contención de material	94

## ÍNDICE DE APÉNDICES

N°

- 1 Cuestionario para la valoración de variables para la construcción de un Indicador de Riesgo de Movimientos en Masa, en la comuna de San Clemente, VII Región del Maule
- 2 Desarrollo realizado para la obtención del peso relativo de cada una de las variables
- 3 Desarrollo realizado para la obtención del indicador de riesgo de Movimientos en Masa
- 4 Precipitaciones Máximas Mensuales
- 5 Precipitaciones Máximas en 24 horas

## ÍNDICE DE ANEXOS

N°

1

Personas de los diferentes sectores que proporcionaron información de las diferentes variables