

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
1. Introducción .....	12
2. Antecedentes del sector salud .....	15
2.1. Sistema de Salud .....	15
2.2. Servicio de Salud .....	19
2.3. Servicio Metropolitano de Salud Oriente .....	21
2.4. Hospital Luis Calvo Mackenna.....	22
2.4.1. Historia.....	24
2.4.2. Estructura .....	25
2.4.3. Servicios .....	26
3. Contexto del problema .....	27
3.1. Situación Actual del Hospital Luis Calvo Mackenna.....	27
3.2. Los Potenciales Pacientes.....	28
3.3. Proceso de Atención de Pacientes en la Urgencia .....	30
3.4. Motivación del Proyecto.....	33
4. Revisión de la literatura .....	36
4.1. Pronóstico de demanda .....	36
4.2. Asignaciones turnos.....	37
5. Marco Teórico Conceptual .....	39
5.1. Metodología del Proyecto. ....	39
5.2. Arquitectura de procesos .....	42
5.3. Notación de Modelamiento de Procesos de Negocio.....	46
5.3.1. BPMN .....	46
5.4. Minería de Datos.....	49
5.4.1. Proceso KDD .....	50
5.4.2. Modelos de Minería de Datos.....	52
5.4.3. Generalización del modelo .....	52
5.4.4. Supervisión del entrenamiento .....	52
5.4.5. Técnicas comunes en Data Mining .....	54
5.4.6. Regresión .....	55
5.4.7. Comparación de modelos.....	63
5.5. Programación Lineal .....	64
5.5.1. Programación Lineal Entera .....	66
6. Planteamiento Estratégico.....	67
6.1. Eficacia Operacional .....	67
6.2. Estrategias competitivas genéricas .....	67
6.3. Modelo Delta .....	69
6.4. Eficacia Administrativa u Operacional HLCM .....	73
6.5. Balanced Scorecard.....	74
6.5.1. Perspectivas del Balanced Scorecard.....	76
6.6. Balanced Scorecard Hospital Calvo Mackenna.....	77
6.6.1. Definiendo la Visión y la Misión.....	77

6.6.2.	Identificando opciones estratégicas .....	78
6.6.3.	Perspectivas en el HLCM .....	78
6.6.4.	Establecer indicadores .....	82
7.	Modelo de negocio del Hospital Dr. Luis Calvo Mackenna .....	87
7.1.	Creación de Valor al Cliente .....	87
7.2.	Fórmula de Beneficio .....	88
7.3.	Recursos Claves .....	88
7.4.	Procesos Claves .....	88
8.	Arquitectura de Macro-procesos .....	90
8.1.	Líneas de Servicios de Pacientes.....	92
8.1.1.	Análisis y Gestión de Demanda Conjunto .....	92
8.1.2.	Oferta de otros Servicios .....	93
8.1.3.	Atención Urgencia .....	93
8.1.4.	Atención Ambulatoria Electiva.....	94
8.1.5.	Atención Cerrada.....	94
8.2.	Servicios Comunes Propios.....	95
9.	Rediseño de Procesos .....	99
9.1.	Objetivos del Proyecto .....	99
9.2.	Predicción la demanda .....	99
9.3.	Caracterización la demanda .....	99
9.4.	Análisis de Capacidades.....	100
9.5.	Definición de Acciones de Promoción .....	100
9.6.	Planificación de Atención y Servicios .....	100
10.	Rediseño en el Hospital Calvo Mackenna.....	101
10.1.	Diseño de Análisis de Demanda.....	101
10.1.1.	Predicción y Caracterización de Demanda .....	102
10.1.2.	Análisis de Capacidades .....	104
10.1.3.	Definir Acciones de Promoción.....	105
10.1.4.	Planificación de Atención y servicios.....	106
10.2.	Árbol de Procesos.....	107
11.	Diagramas de Pistas BPMN .....	108
11.1.	Generación de Pronósticos.....	108
11.1.1.	Limpieza de Datos .....	108
11.1.2.	Ejecución de Modelos de Pronóstico y Caracterización .....	109
11.2.	Mantenimiento de Modelos en el tiempo .....	110
11.3.	Sub Proceso Análisis de capacidades .....	112
11.3.1.	Modificación de las Capacidades Actuales .....	112
11.3.2.	Producción del Análisis de Capacidades .....	113
12.	Lógicas de negocio complejas .....	116
12.1.	Predicción de demanda .....	116
12.2.	Modelo Mensual.....	117
12.2.1.	Datos.....	117
12.2.2.	Modelo Mensual.....	119
12.2.3.	Resultados .....	121
12.3.	Modelo Semanal .....	125
12.3.1.	Datos.....	125
12.3.2.	Modelos .....	126

12.3.3.	Resultados .....	128
12.4.	Modelo diario.....	129
12.4.1.	Datos.....	129
12.4.2.	Modelo .....	130
12.4.3.	Resultados .....	135
12.5.	Desagregando Modelo Mensual .....	135
12.5.1.	Datos.....	135
12.5.2.	Resultados .....	138
12.6.	Caracterización histórica.....	140
12.6.1.	Resultados .....	142
12.7.	Análisis de demanda.....	146
12.7.1.	Antecedentes .....	146
12.7.2.	Modelo de Programación Lineal .....	148
12.7.3.	Resultados .....	151
12.8.	Mantenimiento de modelos en el tiempo .....	154
12.8.1.	Comparar Modelo VS Realidad .....	155
12.8.2.	Criterio de obsolescencia .....	157
12.8.3.	Recalibrar modelo.....	158
12.8.4.	Desarrollar nuevo modelo.....	160
13.	Diseño de las Aplicaciones Computacionales.....	161
13.1.	Diagramas de Caso de Uso.....	161
13.1.1.	Generación de Pronósticos .....	161
13.1.2.	Subproceso de Análisis de Capacidades .....	163
13.2.	Diagramas de Secuencia de Sistema.....	164
13.2.1.	Limpieza de Datos .....	164
13.2.2.	Ejecución de Modelos de Pronóstico y Caracterización .....	165
13.2.3.	Modificar Capacidades .....	167
13.2.4.	Análisis De Capacidades .....	168
13.3.	Diagrama de Secuencia Extendido .....	169
13.3.1.	Limpieza de Datos .....	169
13.3.2.	Ejecutar Pronóstico y Caracterización.....	171
13.3.3.	Modificar Capacidades .....	173
13.3.4.	Análisis de Capacidades .....	174
13.4.	Diagrama de Clases .....	175
13.4.1.	Limpieza de Datos .....	176
13.4.2.	Generación de Pronóstico .....	177
13.4.3.	Modificar Recursos .....	178
13.4.4.	Análisis de Capacidades .....	179
13.5.	Diagrama de Paquetes .....	180
13.6.	Diagrama de datos.....	182
14.	Construcción del Piloto.....	184
14.1.	Desarrollo de la Aplicación Piloto .....	184
14.2.	Construcción del Prototipo para Pronóstico de demanda .....	184
14.3.	Programación del Prototipo .....	184
14.4.	Pantallas del Prototipo .....	185
14.4.1.	Pantalla de Inicio de Sesión .....	185
14.4.2.	Pantalla de Inicio .....	186
14.4.3.	Módulo de Predicción de demanda .....	187
15.	Gestión del Cambio .....	192
15.1.	Contexto Organizacional.....	192
15.2.	Desafíos para la Gestión del Cambio .....	192
15.3.	Estrategia para Gestión de Cambio.....	193

15.3.1.	Sentido de Urgencia .....	193
15.3.2.	Gestión del Poder .....	194
15.3.3.	Definición de Coalición Conductora.....	196
15.3.4.	Gestión de Narrativas .....	197
15.3.5.	Observando lo que se conserva .....	198
15.3.6.	Estrategia Comunicacional.....	199
15.3.7.	Evaluación y Cierre del Proceso de Cambio .....	200
16.	Resultados de la implementación.....	202
16.1.	Experiencia en la implementación .....	202
16.2.	Campaña de invierno 2010.....	203
16.3.	Ideas de cambio a mediano plazo .....	203
16.4.	Conclusión .....	204
17.	Análisis Económico.....	205
17.1.	Medición de Beneficios .....	205
17.2.	Medición de Costos .....	206
17.3.	Construcción del Flujo de Caja .....	209
17.3.1.	Tasa social de descuento .....	209
17.3.2.	Disminución del Tiempo de Espera .....	210
17.4.	Análisis de Sensibilidad .....	211
17.5.	Análisis por Simulación .....	212
17.5.1.	Resultados Escenario correlación -0,5 .....	214
17.5.2.	Resultados Escenario correlación -0,25 .....	215
17.5.3.	Conclusiones de la Simulación .....	217
18.	Framework.....	218
18.1.	Alcance del <i>Framework</i> .....	220
18.2.	Definición del dominio.....	220
18.3.	Lógica de Negocios Genérica.....	221
18.3.1.	Recolección de datos y factores relevantes .....	222
18.3.2.	Limpieza de datos y normalización.....	224
18.3.3.	Construcción del modelo de predicción.....	224
18.3.4.	Categorización .....	228
18.4.	Diseño del <i>Framework</i> .....	228
18.5.	Beneficios del Framework.....	230
19.	Conclusiones .....	232
19.1.	Ingeniería de Negocios .....	232
19.2.	Proceso de Predicción de demanda.....	233
19.2.1.	Modelos Mensuales.....	233
19.2.2.	Modelos Semanales .....	233
19.2.3.	Modelos Diarios .....	234
19.2.4.	Segmentación .....	234
19.3.	Análisis de capacidades .....	235
19.4.	Gestión del cambio .....	235
19.5.	Trabajo Futuro .....	236
20.	Bibliografía.....	237
21.	Anexos .....	244
21.1.	Anexo I - Servicios de Salud de Chile .....	244
21.2.	Anexo II - Red Centros de Salud Servicio Metropolitano Oriente .....	245
21.3.	Anexo III - Cartera de servicios Hospital Luis Calvo Mackenna.....	246
21.4.	Anexo IV - Notación Extendida BPMN .....	250

21.5.	Anexo V - Plataforma JEE .....	257
21.6.	Anexo VI - Desarrollo J2EE con Frameworks .....	258
21.6.1.	Modelo Vista Controlador .....	258
21.6.2.	Struts.....	260
21.7.	Anexo VII – Evaluación del Proyecto para el proyecto piloto .....	262
21.8.	Construcción del Flujo de Caja .....	264
21.9.	Análisis de Sensibilidad .....	265
21.10.	Anexo VIII – Implementación algoritmo de análisis de demanda en ZIMPL ....	267

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Detalle del sistema de salud.....	16
Ilustración 2: Porcentaje de Atención de la Población (elaboración propia).....	16
Ilustración 3: Organigrama del Ministerio de Salud (elaboración propia).....	18
Ilustración 4: División del servicio de salud (elaboración propia).....	19
Ilustración 5: Hospital Luis Calvo Mackenna dentro del SSMO (Servicio Salud Metropolitano Oriente, 2010).....	23
Ilustración 6: Dotación HLCM (Hospital Luis Calvo Mackenna, 2010).....	24
Ilustración 7: Organigrama HLCM.....	26
Ilustración 8 Clasificación de Pacientes.....	27
Ilustración 9: Número de atenciones en urgencia al año en el Hospital Calvo Mackenna.....	30
Ilustración 10: Representación gráfica de las diferentes categorías.....	31
Ilustración 11: Sistema de Atención de Urgencia.....	33
Ilustración 12: Clasificación de Reclamos en el SSMO (Departamento de Planificación y Desarrollo de la Red Asistencial, PLADE, 2008).....	34
Ilustración 13: Relación entre las diferentes quejas de los usuarios.....	34
Ilustración 14: Metodología Ingeniería de Negocios (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009).....	42
Ilustración 15: Patrones de Macroprocesos (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010).....	44
Ilustración 16: Patrones de arquitectura de procesos.....	45
Ilustración 17: Árbol de patrones de procesos de negocio (Barros, 2006).....	45
Ilustración 18: Figura BPMN basado en (White, 2004).....	47
Ilustración 19: proceso KDD (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996).....	50
Ilustración 20: proceso KDD basado en (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996).....	52
Ilustración 21: Comparación Modelos Supervisado v/s No Supervisados.....	53
Ilustración 22: Clasificación Técnicas.....	54
Ilustración 23: Detalles de una neurona.....	58
Ilustración 24: Representación grafica función Sigmoidal.....	59
Ilustración 25: Ejemplo de Hiperplano de SVM.....	59
Ilustración 26: Support vector regression con función de perdida $\epsilon$ y variables de holgura $\xi$ .....	62
Ilustración 27: Región Factible Programación entera.....	65
Ilustración 28: Estrategias de Hax (Hax, 2010).....	69
Ilustración 29: Estrategia de Mejor Producto y sus Competencias necesarias (Hax, 2010).....	70
Ilustración 30: Estrategia Solución Total al Cliente y sus Competencias (Hax, 2010).....	71
Ilustración 31: Estrategia Lock-in Sistémico y sus Competencias (Hax, 2010).....	71

Ilustración 32: Identificando las competencias del negocio – Framework sobre las ocho posiciones estratégicas (Hax, 2010) .....	72
Ilustración 33: Modelo Delta adaptado a Organizaciones sin Fines de Lucro (Hax, 2010) .....	73
Ilustración 34: Diagrama Creación Balance Scorecard .....	75
Ilustración 35: Relación de las cuatro perspectivas .....	80
Ilustración 36: Mapa estratégico Hospital Luis Calvo Mackenna.....	82
Ilustración 37: Modelo de negocio HLCM .....	89
Ilustración 38: Arquitectura de Macro-procesos (Barros & Julio, 2010).....	90
Ilustración 39: Línea de servicios al paciente (Barros & Julio, Application of Enterprise and Process Architecture patterns in Hospitals, 2010) .....	92
Ilustración 40: Servicios comunes propios (Barros & Julio, Application of Enterprise and Process Architecture patterns in Hospitals, 2010) .....	97
Ilustración 41: Análisis y gestión de demanda conjunto. ....	102
Ilustración 42: Predicción y caracterización de demanda .....	103
Ilustración 43: Análisis de Capacidades .....	104
Ilustración 44: Definir acciones de promoción. ....	105
Ilustración 45: Planificación de Atenciones y Servicios .....	106
Ilustración 46: Árbol de Procesos.....	107
Ilustración 47: Limpieza de Datos. ....	108
Ilustración 48: Pronóstico y caracterización de la demanda. ....	110
Ilustración 49: Mantenimiento de modelos en el tiempo .....	111
Ilustración 50: Administración de recursos actuales .....	112
Ilustración 51: Análisis de capacidades .....	114
Ilustración 52: Gráfico de demanda mensual en urgencia.....	118
Ilustración 53: Gráfico de demanda mensual en pediatría .....	119
Ilustración 54: Gráfico de demanda mensual en traumatología .....	119
Ilustración 55: Error absoluto porcentual de la media (MAPE) para los distintos tipo de modelo mensual .....	122
Ilustración 56: Comparación Resultado Real Vs Pronóstico en pediatría .....	123
Ilustración 57: Comparación Resultado Real Vs Pronóstico en traumatología .....	124
Ilustración 58: Gráfico de demanda semanal en pediatría .....	125
Ilustración 59: Gráfico de demanda semanal en traumatología .....	126
Ilustración 60: Demanda Diaria pediatría año 2008.....	129
Ilustración 61: Demanda Diaria traumatología año 2008.....	130
Ilustración 62: Distribución horaria de atención .....	137
Ilustración 63: Caracterización de pacientes por gravedad .....	141
Ilustración 64: Distribución de categorías por mes .....	142

Ilustración 65: Médicos Pediatras propuestos por el modelo vs actuales .....	152
Ilustración 66: Médicos Traumatólogos propuestos por el modelo vs actuales .....	152
Ilustración 67: Total de Turnos a la semana .....	153
Ilustración 68: Total de Turnos a la semana en pediatría .....	153
Ilustración 69: Total de Turnos a la semana en traumatología y Cirugía .....	154
Ilustración 70: Casos de Uso - Limpiar de Datos.....	162
Ilustración 71: Casos de Uso - Ejecución de Modelos de Pronóstico y Caracterización.....	162
Ilustración 72: Casos de Uso – Modificar de Capacidades .....	163
Ilustración 73: Casos de Uso – Análisis de Capacidades.....	164
Ilustración 74: Diagrama de Secuencia - Limpiar Datos.....	165
Ilustración 75: Diagrama de Secuencia - Generar Pronóstico.....	166
Ilustración 76: Diagrama de Secuencia - Modificar Capacidades .....	167
Ilustración 77: Diagrama de Secuencia - Análisis De Capacidades.....	168
Ilustración 78: Diagrama extendido - limpiar de datos .....	170
Ilustración 79: Diagrama extendido - Generación de Pronostico.....	172
Ilustración 80: Diagrama extendido - Modificar Capacidades.....	174
Ilustración 81: Diagrama de Secuencia Extendido - Análisis de capacidades .....	175
Ilustración 82: Diagrama de clases - Limpieza de datos .....	176
Ilustración 83: Diagrama de Clases - Generación de Pronostico .....	178
Ilustración 84: Diagrama de clases - Modificar de capacidades.....	179
Ilustración 85: Diagrama de clases - Análisis de Capacidades .....	180
Ilustración 86: Diagrama de paquetes .....	181
Ilustración 87: Modelo Entidad Relación - Modelo de datos.....	183
Ilustración 88: Página de inicio de sesión .....	186
Ilustración 89: Página de Inicio .....	187
Ilustración 90: Ver Datos de la demanda histórica.....	188
Ilustración 91: Modificar Demanda Histórica.....	189
Ilustración 92: Cálculo de nuevos pronósticos .....	190
Ilustración 93: Ver Desempeño box Medicina.....	191
Ilustración 94: Desempeño Box Quirúrgico.....	191
Ilustración 95: Noticia relevante sobre atención en urgencia .....	193
Ilustración 96: Clasificación de Reclamos en el SSMO (Departamento de Planificación y Desarrollo de la Red Asistencial, PLADE, 2008).....	194
Ilustración 97: Análisis de Sensibilidad .....	211
Ilustración 98: Distribución probabilística de la disminución del tiempo de espera .....	212
Ilustración 99: Distribución probabilística de la disminución de pacientes LWBS .....	213
Ilustración 100: Correlación 0,5 positiva de las variables tiempo de espera vs. Pacientes LWBS	213



Ilustración 101: Correlación 0,25 positiva de las variables tiempo de espera vs. Pacientes LWBS .....	214
Ilustración 102: Análisis de Sensibilidad – Escenario 1 .....	214
Ilustración 103: Frecuencia del VAN – Escenario 1 .....	215
Ilustración 104: Análisis de Sensibilidad – Escenario 2 .....	216
Ilustración 105: Frecuencia del VAN – Escenario 2 .....	216
Ilustración 106: Diagrama de flujo para utilización de patrones y framework .....	219
Ilustración 107: Dominio del Framework .....	221
Ilustración 108: Abstracción empresa de servicios .....	222
Ilustración 109: Árbol de decisión para selección de método de pronóstico (Armstrong S. , 2010) .....	225
Ilustración 110: Clases de control .....	229
Ilustración 111: Clases de Entidades .....	230
Ilustración 112: Modelo Vista Controlador .....	260
Ilustración 113: Interacciones de componentes en Struts .....	261
Ilustración 114: Análisis de Sensibilidad .....	266

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución según sistema de salud en base a (MIDEPLAN, 2006) .....	15
Tabla 2: Establecimientos de Urgencia en el SSMO (Servicio Salud Metropolitano Oriente, 2010) .....	22
Tabla 3: Población estimada por edad y sexo, Servicio de Salud Metropolitano Oriente 2007 (Departamento de Planificación y Desarrollo de la Red Asistencial, PLADE, 2008) .....	29
Tabla 4: Consultas Médicas en Atención Primaria, Especialidades y de Urgencia según sexo. SSMO, RM y País año 2007 (Departamento de Planificación y Desarrollo de la Red Asistencial, PLADE, 2008) .....	29
Tabla 5: Elementos BPMN fuente adaptado de (BizAgi, 2010) .....	47
Tabla 6: Eventos básicos BPMN .....	48
Tabla 7: Actividades Básicas BPMN .....	48
Tabla 8: Decisiones Básicas BPMN .....	49
Tabla 9: Funciones Kernel comunes .....	62
Tabla 10: Indicadores de comparación de Pronósticos .....	64
Tabla 11: Generalización de la Programación Lineal .....	65
Tabla 12: Correlación de variables en pediatría .....	121
Tabla 13: Correlación de variables en traumatología .....	121
Tabla 14: Resultados Box pediatría .....	123
Tabla 15: Resultados Box traumatología .....	124

Tabla 16: Periodo de clases definido por el Ministerio de Educación.....	126
Tabla 17: Correlación en pediatría .....	127
Tabla 18: Correlación en traumatología .....	128
Tabla 19: Error absoluto porcentual de la media (MAPE) de modelos semanales .....	128
Tabla 20: Índice contaminación y su correspondiente categorización en la Región Metropolitana	131
Tabla 21: Correlación pediatría .....	133
Tabla 22: Correlación traumatología .....	134
Tabla 23: Error Absoluto Porcentual de la Media (MAPE) de modelos diarios .....	135
Tabla 24: Porcentaje de Atenciones por día en pediatría .....	136
Tabla 25: Porcentaje de Atenciones por día en traumatología .....	136
Tabla 26: Distribución horaria de atención.....	138
Tabla 27: Errores Predicción por día en traumatología, Septiembre del 2008.....	138
Tabla 28: Errores Predicción por día en pediatría, Septiembre del 2008.....	138
Tabla 29: Resultados Distribución Horaria en Box pediatría Septiembre 2008.....	139
Tabla 30: Resultados distribución horaria box traumatología septiembre 2008 .....	140
Tabla 31: Distribución de categorías por mes.....	142
Tabla 32: Errores categorización C1 en pediatría.....	143
Tabla 33: Errores categorización C2 en pediatría.....	143
Tabla 34: Errores categorización C3 en pediatría.....	144
Tabla 35: Errores categorización C4 en pediatría.....	144
Tabla 36: Errores categorización C1 en traumatología .....	145
Tabla 37: Errores categorización C2 en traumatología .....	145
Tabla 38: Errores categorización C3 en traumatología .....	145
Tabla 39: Errores categorización C4 en traumatología .....	146
Tabla 40: Tabla distribución normal con media cero .....	157
Tabla 41: Mapa de poder .....	195
Tabla 42: Coalición Conductora .....	196
Tabla 43: Tabla de narrativas formuladas.....	198
Tabla 44: Panel de control de utilización del proyecto.....	201
Tabla 45: Resumen Costo de desarrollo.....	209
Tabla 46: Resumen Costos Anuales después de la Implementación.....	209
Tabla 47: Flujo de Caja .....	210
Tabla 48: Resumen Costo de Implementación .....	264
Tabla 49: Resumen Costos Anuales después de la Implementación.....	264
Tabla 50: Flujo de Caja .....	265