



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MEJORA DEL PROCESO DE RESPUESTA DURANTE LA GESTION DE CATASTROFES

*PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN INGENIERIA DE
NEGOCIOS CON TECNOLOGIAS DE INFORMACION*

ALFREDO R. JALDIN VASQUEZ

PROFESOR GUÍA:
SR. OSCAR BARROS VERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

SR. JAIME CONTESSE MARROQUÍN
SR. PATRICIO WOLFF ROJAS
SR. JAIME CAMPOS MUÑOZ

SANTIAGO DE CHILE

ABRIL, 2013

RESUMEN EJECUTIVO

Chile es considerado uno de los países más activos sísmicamente, debido a su ubicación en el cinturón de fuego del pacífico. Gran parte del territorio continental comprende la zona de subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Estas características geográficas y la actividad sísmica ligada generan una serie de consecuencias, produciendo desastres que impactan de forma negativa a la sociedad y ocasionan pérdidas. El 27 de febrero de 2010 ocurrió uno de los terremotos más devastadores de la historia. Debido a inexactitudes en el manejo de la respuesta durante la gestión de la catástrofe, se evidenció una baja coordinación de las instituciones y los sistemas de alerta nacionales, las cuales informaron que no habría riesgo de tsunami y, por error, provocaron cuantiosas pérdidas de vidas humanas y materiales.

Dado que el fenómeno sismo tsunami no puede ser generado, el presente proyecto propone un proceso que es validado por una simulación retrospectiva con datos reales del terremoto de 27 de febrero de 2010 en un área de estudio determinada: Talcahuano. Se abarca el diseño de los procesos desde la captura de la información de un evento sísmico, hasta la gestión y entrega de una medida concreta de respuesta traducida en un mapa de evacuación georeferenciado *on line* que apoya la toma de decisiones y satisface la necesidad concreta de evacuación durante la emergencia para el cliente, que en este caso es la sociedad. El presente proyecto constituye una nueva perspectiva porque contempla los conceptos metodológicos del diseño de procesos de negocios e incorpora los conceptos y modelos de la ciencia geofísica para la generación de lógicas de actuación complejas en sus procesos clave.

El objetivo principal del presente proyecto es la formalización de un modelo de negocio para la mejora del proceso de respuesta en la gestión de catástrofes, acotado a un fenómeno de tipo sismo tsunami. Esta formalización se propone en la organización que, de acuerdo a la institucionalidad vigente del estado de Chile, tiene la responsabilidad de la gestión de la respuesta: Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI).

La metodología adoptada, es la propuesta por el MBE, a través de la cual se diseña toda la arquitectura y los procesos; abarca desde el diseño de la arquitectura empresarial de la ONEMI, hasta el diseño detallado de los diagramas de procesos en BPMN, donde se incorporan lógicas de actuación complejas basadas en modelos geofísicos avalados por estudios e investigaciones reconocidos por la comunidad científica internacional.

Finalmente, a través de una evaluación económica social, se cuantifica el valor de una vida llegando a la conclusión de que la rentabilidad de la inversión del proyecto es mayor que la tasa actualizada o de rechazo, y en consecuencia el proyecto es viable siempre y cuando que a raíz de la implementación del mismo se salven cuatro o más vidas. Bajo este argumento, se hace hincapié que con un modelo de negocio, que contempla una alerta temprana y un adecuado mapa de evacuación donde se identifiquen las zonas seguras ante la amenaza de un tsunami, la posibilidad de salvar cientos de vidas, es fehaciente.

DEDICATORIA

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Agencia de Cooperación Internacional de Chile AGCI, por brindarme la posibilidad de continuar mis estudios de posgrado en éste maravilloso país.

Al departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, a todas las personas que colaboraron para la conclusión del presente trabajo y en particular al profesor Jaime Campos Director del mencionado departamento.

Al Servicio Sismológico Nacional, a todas las personas que colaboraron para la conclusión del presente trabajo y en particular a Sergio Barrientos y Sebastián Riquelme, Director y Jefe de Operaciones, respectivamente.

Al programa de Magister en Ingeniería de Negocios con TI de la Universidad de Chile, a todas las personas que colaboraron para la conclusión del presente trabajo, en particular al señor Oscar Barros, a las señoras Ana Maria Valenzuela y Laura Saez, Director, Coordinadora y Asistente del programa respectivamente.

A mis 3 tutores del programa de Magister en Ingeniería de Negocios con TI de la Universidad de Chile: Carlos Reveco, Cristian Julio y Patricio Wolff.

A la Casa de Bello.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	3
2. CONTEXTO DEL PROBLEMA.....	4
2.1. Situación actual de la institucionalidad del país frente a catástrofes .	4
2.1.1. Oficina Nacional de Emergencia	5
2.1.2. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	5
2.2. Motivación del proyecto	6
2.3. Objetivos del proyecto.....	7
2.3.1. Objetivo general	7
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
3.1. Metodología del Proyecto.....	8
3.1.1. Arquitectura de procesos	9
3.1.2. Patrones de procesos de negocio.....	13
3.1.2.1. Modelamiento de procesos	13
3.1.2.2. Patrones de procesos.....	14
3.1.3. Notación de Modelamiento de Procesos de Negocio	15
3.1.3.1. BPMN	15
3.2. Marco teórico de desastres	17
3.2.1. Marcos de acción	18
3.2.1.1. Marco de acción del tratado de Hyogo para la reducción de desastres, MAH	18
3.2.1.2. Marco de la oficina de las naciones unidas para la reducción del riesgo de desastres, UNISDR	19
3.2.1.3. Plan nacional de protección civil del gobierno de Chile.....	19
3.2.1.4. Guía de medidas de prevención de desastres del gobierno metropolitano de Tokio, TMG	20
3.2.2. Marco Científico	22
3.2.2.1. Tectónica de placas.....	22
3.2.2.2. Fuente sísmica y fase W	24
3.2.2.2.1. Fase W.....	25
3.2.2.3. Tsunamis causados por terremotos	26
3.2.2.3.1. Terremotos Inter-placa.....	27
3.2.2.3.2. Terremotos Intraplaca	28
3.2.2.3.3. Tsunami Earthquakes	29
3.2.2.4. Parámetros de los Tsunamis	29
3.2.2.5. Integral de Run Up y tiempo de llegada de la primera ola	30
3.2.2.6. Magnitud e intensidad.....	31
3.2.2.7. Modelos numéricos de tsunamis	31
3.3. Marco Teórico para la generación de mapas de evacuación	32
3.3.1. Generación del mapa de inundación	32
3.3.1.1. Tratamiento en Arcgis.....	33

3.3.1.1.1. Overlap de mapas con ArcGis	34
3.3.1.1.2. Carga de datos reales con ArcGis	37
3.3.2. Caracterización de mapas	38
3.3.2.1. Lógica de identificación de recintos	38
3.3.3. Visualización On Line con Google Maps	40
4. PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO	41
4.1. Eficacia operacional	41
4.2. Modelo delta modificado	42
4.3. Balanced Score Card	44
4.3.1. Perspectivas del Balanced Score Card	44
4.3.2. Misión y Visión	44
5. MODELO DE NEGOCIO	46
5.1. Propuesta de valor	46
5.1.1. Cliente objetivo	46
5.1.2. Formula de beneficio	47
5.1.3. Recursos clave	47
5.1.4. Procesos clave	48
5.1.5. Incorporación de modelos de análisis sísmico al modelo de negocio	48
6. ARQUITECTURA DE PROCESOS	49
6.1. Arquitectura de respuesta	51
6.2. Procesos de producción y entrega de respuesta	53
6.3. Procesos de comunicación/información	55
6.4. BPMN cadena de comunicación	56
7. REDISEÑO DE PROCESOS	58
7.1. Objetivos del rediseño	58
7.1.1. Generación de la alerta temprana	58
7.1.2. Estimación del fenómeno sismo tsunami	59
7.1.3. Generación del mapa de inundación de la zona de estudio	59
7.1.4. Caracterización de la zona afectada	59
8. REDISEÑO DE PROCESOS ONEMI.....	60
8.1. Diseño de análisis de situación de la sociedad	61
8.1.1. Alerta	62
8.1.2. Coordinación de respuesta	63
9. ÁRBOL DE PATRONES DE PROCESOS DE NEGOCIO	64
10. DIAGRAMAS BPMN.....	65
10.1. Alerta	65
10.1.1. Captura de datos	66
10.1.2. Procesamiento de datos	67
10.1.3. Envío de alerta	68

10.2. Coordinación de respuesta.....	68
10.2.1. Estimación del fenómeno sismo/tsunami	69
10.2.2. Generación del mapa de inundación	69
10.2.3. Caracterización de la zona afectada	70
10.3. Detalle del rediseño	71
10.3.1. Generación de la alerta temprana.....	71
10.3.2. Estimación del fenómeno sismo/tsunami	73
10.3.3. Caracterización de la zona afectada.....	75
11. DISEÑO DE APLICACIÓN COMPUTACIONAL	76
11.1. Arquitectura de sistemas de apoyo.....	77
11.2. Diagrama de casos de uso.....	77
11.3. Escenario	78
11.4. Diagrama de clases	79
12. GESTIÓN DEL CAMBIO	80
12.1. Desafíos de segundo orden o adaptativos	80
12.2. Interpretaciones y percepciones	81
12.3. Fundando el escuchar y diseño de la oferta.....	82
12.4. Observando lo que se conserva en los procesos de cambio.....	83
12.5. Observando el liderazgo la gestión.....	84
12.6. Estrategia de comunicación en el proceso.....	85
12.7. Estados de ánimo del proceso de cambio.....	85
12.8. Mapa de poder	86
13. PRUEBA DE CONCEPTO	87
13.1. Resolución 5762 Ministerio de Educación.....	87
13.2. Validación del modelo	87
13.2.1. Unidades educativas afectadas según levantamiento de información en terreno.....	87
13.2.2. Unidades educativas afectadas por el tsunami según simulación retrospectiva del modelo	89
13.3. Análisis de la prueba de concepto	89
13.3.1. Análisis gráfico	89
13.3.2. Análisis conceptual y determinación del error del sistema.....	91
13.3.3. Errores de tipo I y de tipo II.....	91
13.3.4. Eficiencia del modelo	93
14. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	94
14.1. Estimación de los beneficios.....	94
14.2. Estimación de los costos	95
14.3. Estimación del flujo de caja	96
14.4. Análisis de sensibilidad	97
15. GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	99
15.1. Frameworks.....	99

15.2. Alcance del framework	101
15.3. Definición del dominio	101
15.4. Lógica de negocios genérica	102
15.5. Diseño del framework.....	103
16. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS	104
16.1. Ingeniería de negocios	104
16.2. Estrategia.....	104
16.3. Relación teórico práctica.....	105
16.4. Validación del modelo	105
16.5. Impacto económico	106
16.6. Generalización	106
16.7. Trabajos futuros.....	106
17. BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS.....	108
ANEXO A. Resultado gráfico del modelamiento numérico del tsunami del 27 de febrero de 2010, en la bahía de Talcahuano	108
ANEXO B. Generación de mapas de inundación a través del metodo Run Up en Google Earth	109
ANEXO C. Estaciones sismológicas de Chile. Fuente: Servicio Sismológico Nacional	110
ANEXO D. Formato de la tabla de la totalidad de recintos educativos de Talcahuano.....	112
ANEXO E. Extracto de la resolución ministerial con el listado de todas las unidades educativas afectadas correspondientes a Talcahuano	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología Ingeniería de Negocios (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009).....	9
Figura 2. Patrones de Macro procesos (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010).....	12
Figura 3. Modulo básico de modelamiento (Barros, Ingeniería E-Business, 2004).....	13
Figura 4. BPMN, objetos de flujo y conexión.....	17
Figura 5. BPMN, Pool, Lanes y artefactos.....	17
Figura 6. Línea de tiempo de las acciones de emergencia - Disaster prevention measures by the Tokyo Meropolitan government (TMG).....	21
Figura 7. Fase W.....	26
Figura 8. Mapa de Run Up. Sismo/tsunami Talcahuano.....	33
Figura 9. Overlap entre el mapa de Run Up y el mapa real de Talcahuano.....	35
Figura 10. Mapa de Overlap final 1 - Bahía de Talcahuano.....	35
Figura 11. Mapa de Overlap final 2 - Bahía de Talcahuano.....	36
Figura 12. Mapa de Overlap final 3 - Bahía de Talcahuano.....	37
Figura 13. Carga de datos reales con ArcGis a partir de una tabla.....	38
Figura 14. Mapa caracterizado final - Bahía de Talcahuano.....	39
Figura 15. Mapa caracterizado final - Bahía de Talcahuano. Google Maps.....	40
Figura 16. Triangulo de Hax, las 3 opciones estratégicas del modelo delta.....	42
Figura 17. Modelo delta modificado de Hax para organizaciones sin fines de lucro.....	44
Figura 18. Cuadro de mando integral de la organización.....	46
Figura 19. Presentación del modelo de negocio.....	48
Figura 20. Arquitectura de macro procesos.....	50
Figura 21. Arquitectura de respuesta.....	52
Figura 22. Arquitectura producción y entrega de respuesta.....	54
Figura 23. Arquitectura comunicación/información.....	56

Figura 24. Arquitectura de respuesta	61
Figura 25. Arquitectura de análisis de situación de la sociedad	62
Figura 26. Alerta	63
Figura 27. Coordinación de Respuesta	64
Figura 28. Árbol de patrones de procesos de negocio.....	65
Figura 29. BPMN Captura de datos.....	66
Figura 30. BPMN Procesamiento de datos.....	67
Figura 31. BPMN Envío de alerta.....	68
Figura 32. BPMN Estimación del fenómeno sismo/tsunami.....	69
Figura 33. BPMN Generación del mapa de inundación	70
Figura 34. BPMN Caracterización de la zona afectada	70
Figura 35. Parámetros de fuente sísmica terremoto del Maule 2010	73
Figura 36. Sistema de referencia para la solución de Run Up.....	74
Figura 37. Solución de Run Up bahía de Talcahuano	74
Figura 38. Cuantificación del impacto del tsunami en la bahía de Talcahuano.....	75
Figura 39. Caracterización de recintos educativos bahía de Talcahuano	76
Figura 40. Arquitectura de sistemas	77
Figura 41. Casos de uso	78
Figura 42. Diagrama de secuencia extendida, “Ejecuta modelo de parametrización geodinámica”.....	78
Figura 43. Diagrama de clases.....	80
Figura 44. Unidades educativas afectadas por el tsunami según modelo de simulación retrospectiva.....	90
Figura 45. PIB Chile Vs. Nueva Zelanda.	95
Figura 46. Diagrama de flujo para la utilización de patrones y frameworks.....	100
Figura 47. Dominio del framework	101

Figura 48. Estructura del problema.....102

Figura 49. Estructura Business Object.....103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Habilidades y competencias del líder	82
Tabla 2. Construcción de ofertas.	83
Tabla 3. Observando lo que se conserva y transgresiones	83
Tabla 4. Atributos de liderazgo y gestión	84
Tabla 5. Estados de ánimo del proceso de cambio.....	85
Tabla 6. Estrategia para lidiar con los estados de ánimo.	86
Tabla 7. Mapa de poder	87
Tabla 8. Unidades educativas afectadas por el tsunami del 27 de febrero en Talcahuano, según levantamiento de información en terreno	88
Tabla 9. Unidades educativas afectadas por el tsunami del 27 de febrero en Talcahuano, según simulación retrospectiva del modelo	89
Tabla 10. Estimación del costo de una vida.	94

INTRODUCCIÓN

Chile es considerado uno de los países más activos sísmicamente, debido a su ubicación en el cinturón de fuego del pacífico. Gran parte del territorio continental comprende la zona de subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Éstas características geográficas y la actividad sísmica ligada, generan una serie de consecuencias produciendo desastres que impactan de forma negativa a la sociedad, y ocasionan pérdidas.

El 27 de febrero de 2010, ocurrió uno de los terremotos más devastadores de la historia. Debido a inexactitudes en el manejo de la respuesta durante la gestión de la catástrofe, se evidenció una baja coordinación de las instituciones y los sistemas de alerta nacionales, las cuales informaron que no habría riesgo de tsunami, y provocaron cuantiosas pérdidas de vidas humanas y materiales.

El presente proyecto de naturaleza social, formaliza un modelo de negocio para la mejora del proceso de respuesta en la gestión de un evento catastrófico de tipo sismo tsunami. La organización desde donde se formaliza el modelo es la “Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública” ONEMI, y propone la eficiencia administrativa, como una estrategia formal dentro de una organización sin fines de lucro.

El presente proyecto constituye una nueva perspectiva que emplea los conceptos de la gestión de negocios y los conceptos de la ciencia geofísica como tal, esta combinación permite establecer una propuesta que se centra en la satisfacción de la necesidad del cliente, en éste caso la sociedad.

En el documento, se describirá los procesos de gestión del cambio para el proyecto, considerando el diseño de las principales acciones y prácticas dentro del dominio acción.

Dado que el fenómeno sismo tsunami no puede ser generado, el modelo de negocio será validado por una simulación retrospectiva con los datos del terremoto de 27 de febrero de 2010 en un área de estudio determinada: Talcahuano. Se abarcará el diseño de los procesos desde la captura de la información de un evento sísmico, hasta la gestión y entrega de una medida concreta de respuesta traducida en un mapa de evacuación georeferenciado ‘on line’ que apoya la toma de decisiones.

Este documento contempla la evaluación económica de un proyecto social, donde se estiman los beneficios, los costos, y su viabilidad a través de la estimación del flujo de caja y su respectiva sensibilización.

Se desarrollará la generación de la experiencia a través de un framework que permite extender el problema de respuesta durante una emergencia, a todo tipo de organizaciones dentro de ese dominio.

Finalmente, se establecerán las conclusiones del proyecto y se dejará una puerta abierta a la posibilidad de continuar con futuras investigaciones en éste ámbito.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Un desastre (del italiano *disastro* "sin estrella") o catástrofe (del griego *καταστροφή* "derrumbe") es un hecho natural o provocado por el ser humano que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas, en los ecosistemas y en el medio ambiente. Una catástrofe es un suceso que tiene consecuencias terribles. Los desastres ponen de manifiesto la vulnerabilidad del equilibrio necesario para sobrevivir y prosperar.¹

En la actualidad, muchos países se muestran preocupados por los fenómenos ocasionados por el cambio climático del mundo, se espera que el cambio climático produzca peligros naturales y todo tipo de amenazas con una mayor severidad y frecuencia. A medida que las ciudades y costas se vuelven más vulnerables, estos peligros pueden conducir a desastres mucho peores que los que se ha presenciado a la fecha.²

Chile al igual que otros países ubicados en la costa del pacífico se encuentra dentro del llamado cinturón de fuego, éste se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica.

La situación en Chile, como en el resto de Sudamérica, básicamente es dominada por la convergencia de dos placas, la placa Sudamericana y la placa de Nazca, a razón de 6,5 centímetros por año. Dicha convergencia genera todos los terremotos que ocurren en la zona de contacto, la que se extiende desde la península de Taitao hasta la parte sur de Colombia. Es decir, Chile, Perú, Ecuador y parte de Colombia están en las mismas condiciones. Esta convergencia se traduce en la acumulación de energía la que, en un momento determinado, al deslizarse las placas, se liberará, bajo la forma de un terremoto. Lamentablemente, Chile, se encuentra en la región más afectada, lo que lo transforma en el país más sísmico del planeta, poseyendo toda la taxonomía completa de terremotos que ocurren en el mundo.³

¹ Teledetección para el manejo de Desastres Naturales. Unesco Rapca. Cees van Westen.

² Marco de acción de Hyogo para 2005 – 2015. Conferencia mundial sobre la reducción de desastres. 18 – 22 de enero de 200.

³ Departamento de Geofísica Universidad de Chile.

El día 27 de febrero del presente, la zona centro-sur del país, fue afectada por un terremoto, que es considerado el segundo más fuerte en la historia del país y uno de los cinco más fuertes registrados por la humanidad. A nivel nacional, sólo superado por el terremoto de Valdivia, de 1960, el de mayor intensidad registrado por el hombre mediante sismómetros. El sismo del día 27 fue 31 veces más fuerte y liberó cerca de 178 veces más energía que el devastador terremoto que afectó Haití el mes anterior. El sismo, ocurrido a las 03:34:17 hora local, alcanzó una magnitud de 8,3 MW de acuerdo al Servicio Sismológico de Chile y de 8,8 MW según el Servicio Geológico de Estados Unidos. El epicentro se ubicó en la costa frente a las localidades de Curanipe y Cobquecura, esta última aproximadamente 150 kilómetros al noroeste de Concepción y a 63 kilómetros al suroeste de Cauquenes, y a 47,4 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre. El sismo, tuvo una duración de cerca de 2 minutos 45 segundos, al menos en Santiago. Fue percibido en gran parte del Cono Sur con diversas intensidades, desde Ica en Perú por el norte hasta Buenos Aires y São Paulo por el oriente.

Como consecuencia del fuerte sismo, un tsunami impactó las costas chilenas, destruyendo varias localidades ya devastadas por el impacto telúrico. El archipiélago de Juan Fernández, pese a no sentir el sismo, fue impactado por las marejadas que arrasaron con su único poblado, San Juan Bautista. La alerta de tsunami generada para el océano Pacífico se extendió posteriormente a 53 países ubicados a lo largo de gran parte de su cuenca, llegando a Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártida, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y las costas de Hawái.

2. CONTEXTO DEL PROBLEMA

2.1. Situación actual de la institucionalidad del país frente a catástrofes

La institucionalidad vigente, amparada en la Constitución Política de la Republica, establece que es deber del Estado brindar protección a la población y a la familia, ejerciendo una función pública denominada protección civil.

De esta forma, para realizar las acciones relacionadas con esta función, existen competencias y atribuciones en diversos órganos de la Administración del Estado, establecidas en distintos cuerpos normativos, que han ido estructurando el Sistema Nacional de Protección Civil, a través del que se busca “lograr la efectiva participación de toda la nación para mejorar las capacidades de prevención y respuesta frente a eventos destructivos o

potencialmente destructivos, de variado origen y manifestaciones.⁴ Estos órganos son:

2.1.1. Oficina Nacional de Emergencia

La acción de ONEMI se sustenta en el Art. 1º, Cap. I de la Constitución Política del Estado de Chile que señala: "...es deber del Estado resguardar la seguridad nacional, dar protección a la población y a la familia...", lo que corresponde al ámbito de la Protección Civil, definida mundialmente como "la protección a las personas, a sus bienes y ambiente ante toda situación de riesgo, sea de origen natural o provocado por el Hombre, mediante una ejercitada planificación, que considere como sus principios fundamentales la Ayuda Mutua y el Empleo Escalonado de Recursos". La ONEMI tiene la siguiente misión y visión.

Misión: "Planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocado por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil para la protección de las personas, los bienes y el ambiente."

Visión: "Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía, incorporando un mejor control y/o manejo de riesgos en las planificaciones para el desarrollo sostenible, a nivel nacional, regional, provincial y comunal, fundamentalmente en este último, por constituir el contexto inmediato de la comunidad y por ello, el más adecuado para el perfeccionamiento de las medidas de seguridad y protección de las personas, de sus bienes y ambiente."

2.1.2. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada

La principal misión del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA, es otorgar informaciones, herramientas y asistencia técnica para dar seguridad a la navegación, mar territorial y en la alta mar contigua al litoral chileno. Además, es el organismo oficial en materia de hidrografía, elaboración

⁴ Decreto Supremo N°156, Ministerio del Interior, 2002, establece Plan Nacional de Emergencia.

y publicación de cartas de navegación, entrega de datos sobre mareas, corrientes y maremotos, y señales horarias oficiales, entre otros.⁵

2.2. Motivación del proyecto

Los hechos posteriores al terremoto han quedado testimoniados en una serie de documentos, investigaciones, medios de comunicación, prensa escrita, etc. A través de los cuales se puede verificar la cronología de las principales acciones realizadas por los órganos competentes durante la respuesta de emergencia del 27 de febrero de 2010.

En base a estos antecedentes, se puede concluir que Chile y sus instituciones, no están preparados de manera adecuada para gestionar la respuesta de emergencia en una catástrofe de ésta naturaleza.

Esta conclusión es refrendada por el Informe de la Comisión Especial Investigadora de la Honorable Cámara de Diputados, sobre el estado de la institucionalidad del país en relación a su capacidad de respuesta frente a desastres naturales, que cita: “Es un hecho evidente que la institucionalidad, los recursos, la tecnología de comunicaciones, el desarrollo científico, la información ciudadana, los procedimientos preestablecidos, la fortaleza de las instituciones públicas y su coordinación distan del desarrollo necesario para enfrentar de manera adecuada un cataclismo como el ocurrido el 27 de febrero pasado, que tuvo dimensiones territoriales y de magnitud de población afectada sin precedentes en la historia de Chile. En este sentido, se deben realizar esfuerzos urgentes para superar las falencias mostradas en la presente emergencia. Somos un país permanentemente expuesto a las catástrofes naturales, las cuales llegan sin previo aviso y sin un pronóstico cierto. Por ello, nuestra misión principal es tener funcionando, las 24 horas y los 365 días del año, un dispositivo, eficiente y eficaz, que pueda responder rápida, oportuna y útilmente a las necesidades de protección de nuestra población ante la ocurrencia de cataclismos como los acontecidos el pasado 27 de febrero de 2010”.

Tales antecedentes por lo tanto, constituyen la principal motivación del proyecto.

⁵ Reseña Histórica, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, disponible en: <http://www.shoa.cl/index.htm> (Mayo, 2010)

2.3. Objetivos del proyecto

2.3.1. Objetivo general

El objetivo principal del proyecto es formalizar un modelo de negocio para la mejora del proceso de respuesta en la gestión de catástrofes. Acotado a un fenómeno de tipo sismo tsunami.

Esta formalización se propone en la organización que de acuerdo a la institucionalidad del estado de Chile, tiene la responsabilidad de la gestión de la respuesta: ONEMI.

3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

3.1. Metodología del Proyecto

La metodología empleada, corresponde a la perspectiva planteada por ingeniería de negocios que imparte el programa MBE de la Universidad de Chile y desarrollada en detalle en el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño integrado de negocios, procesos y aplicaciones TI” (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010) y (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009).

De acuerdo a la creciente necesidad de las empresas por llevar a cabo negocios que logren ser sustentables tanto en el corto como en el largo plazo, se han evidenciado que estas empresas persiguen una serie de iniciativas en la búsqueda de mejores prácticas que logren mejorar la productividad a todo nivel. En particular, la gestión de los procesos de negocio es considerado un factor clave para lograr que las empresas logren alcanzar éxito en el mercado. De acuerdo a ello, aparece la metodología de “Business Process Management” (BPM) que genera una manera sistemática de poder hacer gestión sobre los procesos de la empresa utilizando técnicas de modelamiento para integrarlos, monitorearlos y optimizarlos recursivamente en una lógica de mejora continua (Barros & Julio, 2010). La ingeniería de negocios es un elemento clave a la hora de diseñar los procesos de negocios de una organización. De acuerdo al trabajo realizado por Barros (Barros, Rediseño de Procesos de Negocios mediante el Uso de Patrones, 2003), uno de los aspectos más importantes en el diseño de procesos es la existencia de varios niveles de diseño, los cuales deben ser vistos de manera coordinada.⁶ Los niveles que define son:

- Modelo de negocio y arquitectura de procesos y su relación con la estrategia y la estructura organizacional, también llamada arquitectura empresarial.
- Diseño de procesos que implementan el modelo, con énfasis en el negocio.
- Diseño y construcción de las aplicaciones TI de apoyo a los procesos.

En la figura 1, se presenta un esquema formal de la metodología:

⁶ Reveco C. Pronóstico y análisis de demanda de la sala de urgencia del hospital Luis Calvo Mackenna y metodología para el cálculo de recursos críticos. 2011.

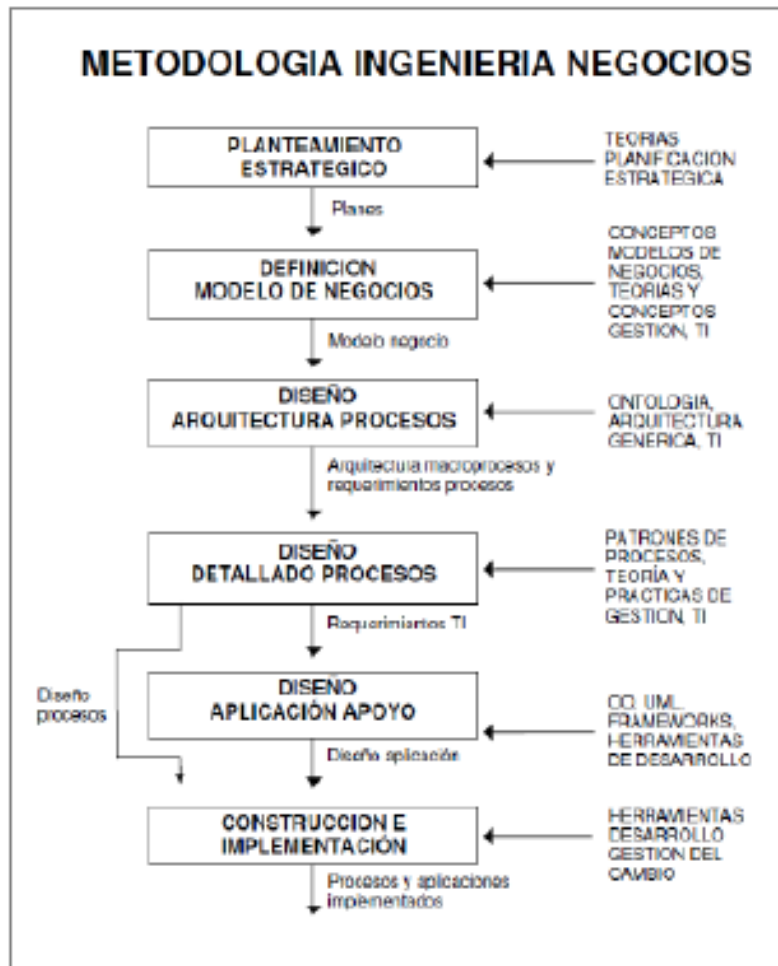


Figura 1. Metodología Ingeniería de Negocios (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009)

3.1.1. Arquitectura de procesos

La arquitectura de procesos puede ser dividida en 3 niveles dependiendo de su nivel de detalle, lo importante entre estos niveles es mantener la consistencia entre las relaciones que ocurren entre procesos. En un primer nivel nos encontramos con la Arquitectura de Procesos de Negocios de la empresa, que muestra los principales procesos de ella. En un segundo nivel se muestra en mayor detalle cómo se estructuran los procesos de la empresa mostrando cada subproceso, sus relaciones y los flujos de información. Y, finalmente, el tercer nivel muestra el diseño detallado de cada proceso, modelando la ejecución de cada tarea, incluida su interacción con los sistemas computacionales requeridos. En este nivel va la lógica más compleja del negocio y muestra de

forma estricta y detallada la secuencia de actividades desarrolladas para cada proceso.⁷

De acuerdo a lo expuesto por Barros en su libro Ingeniería E-Business (2004), desde fines de los años ochenta, muchas empresas han llevado a cabo proyectos de reingeniería o de rediseño de procesos. Los testimonios de esta experiencia han sido recogidos por una serie de canales especializados, del mismo modo, existe literatura que se refiere a mejores prácticas, donde se ha hecho una tipificación de las actividades de gestión en las empresas y de los métodos recomendados para realizarlas, de acuerdo a la experiencia de las empresas líderes. Esta tipificación ha sido planteada, en varios casos, agrupando actividades por proceso.

Toda la experiencia anterior avala una conclusión ya enunciada previamente: los procesos típicos de cualquier organización son un número pequeño, oscilando entre diez y quince, y las prácticas para ejecutar tales procesos no difieren mucho en las empresas que los han rediseñado. Por ejemplo, Davenport encontró que la IBM, XEROX y British Telecom definieron entre once y quince procesos clave.

La metodología planteada por Barros a través del MBE, adopta una perspectiva más radical todavía en cuanto a tipificar procesos, buscar factores comunes e integra actividades que aparecen como independientes dentro del funcionamiento organizacional. Para ello define el concepto de *macroproceso*, como un conjunto de procesos que se pueden ligar naturalmente y que, en algunas situaciones, ocurren en forma totalmente interrelacionada.⁸

Estos macro procesos son:

Macro proceso de Gestión, producción y provisión del bien o servicio.

El más importante de los macro procesos que se definen en la metodología, es el que representa la cadena integral de valor de la empresa, desde el requerimiento de un cliente por cualquier medio –Internet, vendedores, mercados electrónicos, etc. –, pasando por la obtención de factores ofrecidos por proveedores, asignación de recursos necesarios, producción del bien o

⁷ Reveco C. Pronóstico y análisis de demanda de la sala de urgencia del hospital Luis Calvo Mackenna y metodología para el cálculo de recursos críticos. 2011.

⁸ Barros O. Ingeniería E_Business. Ingeniería de negocios para la economía digital. 2004.

servicio, hasta la provisión o entrega del mismo. En este macro proceso, que se denomina Macro1 para abreviar, está la clave de la existencia de una empresa y el origen de sus ventajas competitivas. Este proceso puede subdividirse en procesos más pequeños, los cuales podrían manejarse en forma independiente en algunos casos.

Macro proceso de Desarrollo de nuevos productos y/o servicios.

Este macro proceso contiene el conjunto de actividades –habitualmente dispersas en varias áreas funcionales– que colaboran para descubrir, definir, evaluar, diseñar, probar e implementar nuevos productos y/o servicios en una empresa. Como tal tiene el propósito de innovar en cuanto a incrementar la oferta a los clientes. Obviamente, se persigue generar ventajas competitivas, ya sea por la calidad, novedad, costo o funcionalidad de los productos o servicios. A efecto de la presente metodología se denomina al mismo macro 2. En la mayoría de las organizaciones, éste es un proceso muy informal –ya que no existen definiciones claras respecto a quién hace qué y cuándo– y muy afectado en su eficiencia por las barreras funcionales. En efecto, no es raro que diferentes áreas funcionales como marketing, investigación y desarrollo, ingeniería, estudios y otras, desarrollen iniciativas en paralelo y, en algunos casos, competitivas en relación con nuevos productos o servicios. Por otro lado, cuando diferentes áreas funcionales realizan actividades propias dentro del macro proceso –por ejemplo, estudios de mercado en marketing, especificación del producto de investigación y desarrollo, diseños en ingeniería, factibilidad operativa en producción, etc.–, el flujo de información entre ellas es lento, con problemas de actualización, con muchas idas y vueltas y, en general, ineficiente. Esto hace que la generación de nuevos productos y/o servicios –vital para la supervivencia de una empresa– sea engorrosa y demorosa.

Macro proceso de Planificación del Negocio.

Macro 3. Dentro de este macro proceso se incluyen todas aquellas actividades de nivel táctico y estratégico que tienen por finalidad establecer políticas, planes, programas, pautas y orientaciones que definen el rumbo que seguirá una empresa en el futuro de mediano a largo plazo. Productos específicos de este macro proceso son, por ejemplo, políticas de mercado y financiera, planes estratégicos, proyecciones financieras, presupuestos multianuales, planes y proyectos de inversión, etc. Por lo tanto, la variedad de actividades incluidas en este macro proceso es grande, muchas de las cuales no están formalmente

definidas, sino que se llevan a cabo en varias unidades funcionales de la empresa.

Macro proceso de apoyo: Ciclo de vida de un recurso

Este macro proceso representa en forma generalizada el conjunto de actividades que, en cualquier organización, tiene como propósito ejecutar el ciclo de vida de los recursos que ésta requiere para su funcionamiento. Así, incluye y sintetiza los procesos que determinan necesidades, obtienen, asignan y disponen de los recursos humanos, financieros, materiales –insumos, repuestos y abastecimientos en general–, bienes de capital –equipos e infraestructura– y cualquier otro elemento que se requiera en su operación.

Éste es un macro proceso de apoyo, por tanto se podría asumir que no tiene razón de existencia en sí, sino que está al servicio de los macro procesos anteriormente definidos y su producto o servicio –personal contratado y capacitado, materias primas, dinero, maquinaria, equipos, tecnología, etc.– es requerido y usado por ellos. Este macro proceso se denomina macro 4.

De acuerdo a la metodología, cualquier organización puede ser vista según estos macro procesos y desarrollar de mejor manera sus actividades. Además, este marco conceptual permite identificar las relaciones entre los procesos y los flujos de información y requerimientos entre ellos, permitiendo una mejor gestión de la interacción que existe entre ellos.

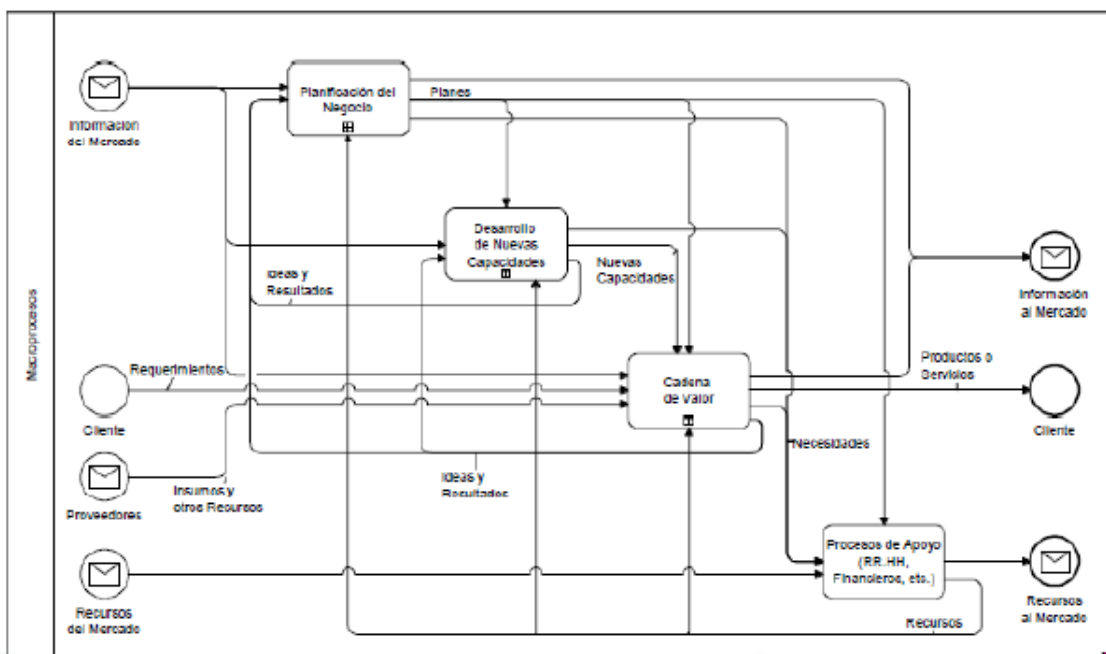


Figura 2. Patrones de Macro procesos (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010)

3.1.2. Patrones de procesos de negocio

3.1.2.1. Modelamiento de procesos

Al intentar el diseño o rediseño de procesos, se enfrenta la necesidad de contar con herramientas similares a las que usan las ingenierías tradicionales que realizan diseño en variados contextos: obras civiles, maquinarias, procesos minero-metalúrgicos, procesos de manufactura, redes eléctricas, etc. Al nivel más básico se requieren representaciones de procesos que sean equivalentes a los planos de tales ingenierías, los cuales entregan una visión estática de los componentes de un diseño y sus interrelaciones.⁹

Equivalentemente a los planos ingenieriles, para la metodología, se elige una representación gráfica basada en la identificación de las actividades del proceso y de los flujos que las ligan. Concretamente, se adopta un método de modelamiento, llamado IDEF0, correspondiente al estándar FIPS Publication 183 del National Institute of Standard and Technology de EE.UU¹⁰, el cual distingue los elementos que se presentan en la figura 3.

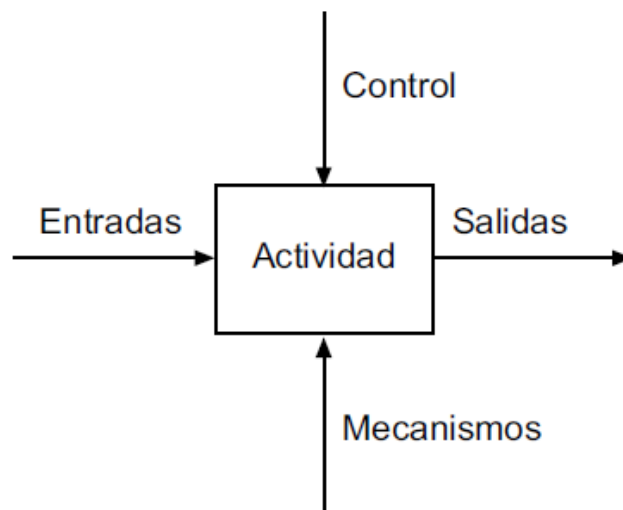


Figura 3. Módulo básico de modelamiento (Barros, Ingeniería E-Business, 2004)

⁹ Barros O. Ingeniería E_Business. Ingeniería de negocios para la economía digital. 2004.

¹⁰ www.idef.com

Las Entradas representan los insumos materiales o de información que una actividad necesita para poder producir sus Salidas, que son productos físicos o de información resultado del manejo interno de la Actividad. Por ejemplo, en una actividad productiva, en una fábrica, entran insumos que se transforman internamente, por medio de máquinas, para generar como salida un producto semi terminado o terminado; y, en una actividad de procesamiento de crédito hipotecario, en un banco, entra información respecto a los antecedentes de un cliente y se genera como salida la información que señala si le aprueba el crédito o no.

El Control son las instrucciones, normas, políticas o restricciones que una Actividad debe respetar al realizar su trabajo. Por ejemplo, métodos de trabajo, prácticas de calidad y normas de seguridad en el ejemplo de una actividad productiva; y políticas de segmentación de clientes, normas de evaluación y montos máximos, en el caso de crédito hipotecario.

Los Mecanismos son todos los elementos relevantes que requiere la actividad, no embebidos en su trabajo, para poder generar las Salidas. Por ejemplo, maquinaria, equipos y sistemas computacionales, recursos humanos, etc.

Usando este método, un proceso se modela como una secuencia de actividades ligadas por los diferentes flujos definidos. Vale decir, se subentiende que las Salidas de una Actividad son Entradas a otra, que el Control puede ser generado en una actividad previa y los Mecanismos, provenir de otras actividades del proceso.

3.1.2.2. Patrones de procesos

De acuerdo a lo establecido por Barros (Ingeniería E-Business, 2004), al aplicar la arquitectura genérica presentada en un dominio dado – entendiéndose éste como cierta situación característica abstraída de muchos casos de la vida real– se pueden generar patrones de procesos.

Éstos son modelos que señalan cómo debería ser la estructura y funcionamiento de toda una clase de procesos que caen bajo el dominio en cuestión. Por ejemplo, se podría establecer un patrón de proceso para el dominio de desarrollo de nuevos productos o servicios; esto significa que se concibe un modelo general de proceso que puede servir como referencia para diseñar un proceso específico para cada caso particular dentro del dominio.

Para definir patrones de procesos en cualquier organización de una manera ordenada, se parte de la definición de macro procesos de la sección 3.1, a partir de ello se puede establecer que el patrón para cada uno de los macro procesos definidos en dicha sección, puede derivarse a partir de ella. La arquitectura sólo sirve como guía para identificar componentes, relaciones y funciones y debe ser complementada con el conocimiento del dominio. Esto significa conocer un número significativo de casos reales que aborden el tema del dominio en diversos contextos.

Finalmente, se debe mencionar que con todo este análisis detallado, Barros ha desarrollado para cada uno de los 4 macro procesos, patrones genéricos y otros detallados para dominios y situaciones específicas.¹¹

3.1.3. Notación de Modelamiento de Procesos de Negocio

La Notación de Modelamiento de Procesos de Negocio, más conocida como BPMN (Business Process Modeling Notation), es un conjunto de elementos desarrollados para representar las actividades de un negocio (White, 2004).

3.1.3.1. BPMN

BPMN provee una notación común para que las personas relacionadas con los procesos puedan expresarlos gráficamente en una forma más clara, estandarizada y completa. BPMN facilita no sólo la estandarización de los procesos dentro de la organización sino que amplía el campo de acción para que estos puedan ser compartidos y entendidos entre los diferentes actores del de negocio, como los analistas y los desarrolladores.¹²

El principal objetivo de BPMN es proporcionar una notación estándar que sea fácilmente legible y entendible por parte de todos los involucrados e interesados del negocio (stakeholders). Entre estos interesados están los analistas de negocio (quienes definen y redefinen los procesos), los

¹¹ Barros O. Ingeniería E_Business. Ingeniería de negocios para la economía digital. 2004.

¹² Reveco C. Pronóstico y análisis de demanda de la sala de urgencia del hospital Luis Calvo Mackenna y metodología para el cálculo de recursos críticos. 2011.

desarrolladores técnicos (responsables de implementar los procesos) y los gerentes y administradores del negocio (quienes monitorizan y gestionan los procesos). En síntesis BPMN tiene la finalidad de servir como lenguaje común para cerrar la brecha de comunicación que frecuentemente se presenta entre el diseño de los procesos de negocio y su implementación. Actualmente hay una amplia variedad de lenguajes, herramientas y metodologías para el modelado de procesos de negocio. La adopción cada vez mayor de la notación BPMN como estándar ayudará a unificar la expresión de conceptos básicos de procesos de negocio (por ejemplo procesos públicos y privados, orquestación, coreografía, etc.) así como conceptos avanzados de modelado (por ejemplo manejo de excepciones, compensación de transacciones, entre otros).¹³

El modelado en BPMN se realiza mediante diagramas muy simples con un conjunto muy pequeño de elementos gráficos. Con esto se busca que para los usuarios del negocio y los desarrolladores técnicos sea fácil entender el flujo y el proceso. Las cuatro categorías básicas de elementos son:

- **Objetos de flujo:** Eventos, Actividades, Rombos de control de flujo (Gateways).
- **Objetos de conexión:** Flujo de Secuencia, Flujo de Mensaje, Asociación.
- **Pool y Lanes:** Pool representa a un participante en el proceso. Lane es una subpartición dentro del Pool.
- **Artefactos:** Objetos de Datos, Grupo, Anotación.

Estas cuatro categorías de elementos nos dan la oportunidad de realizar un diagrama simple de procesos de negocio (en inglés Business Process Diagram o BPD). En un BPD se permite definir un tipo personalizado de Objeto de Flujo o un Artefacto, si con ello se hace el diagrama más comprensible.¹⁴

¹³ Wikipedia.

¹⁴ Wikipedia



Figura 4. BPMN, objetos de flujo y conexión

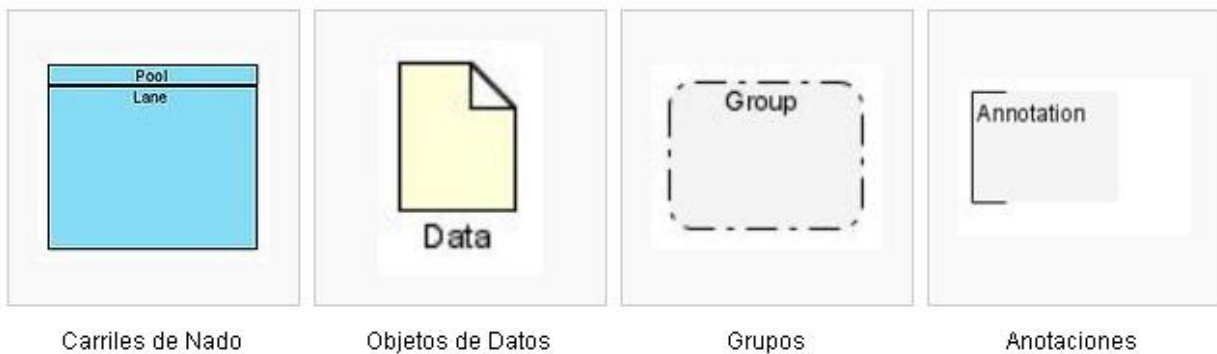


Figura 5. BPMN, Pool, Lanes y artefactos

3.2. Marco teórico de desastres

En éste acápite, se considera 2 partes:

La primera: Marcos de acción. Orientada a brindar un marco normativo fruto de los esfuerzos que desarrollan los organismos e instituciones internacionales y nacionales para la reducción de desastres alrededor del mundo. Y concluye con la descripción de la metodología de prevención de desastres adoptada por el gobierno metropolitano de Tokio. Se toma en particular esta metodología dado que ha sido desarrollada en consonancia con el marco normativo a nivel mundial y engloba la ejecución de las mejores prácticas para la gestión de catástrofes alrededor del mundo.

La segunda: Marco científico. Brinda una mirada conceptual para poder entender en detalle el fenómeno sísmico y sus consecuencias (Un evento de tipo tsunami). Después, con estos conceptos, se desarrollarán las lógicas de negocio más complejas avaladas por estudios e investigaciones reconocidas por la comunidad científica que serán incorporadas en el rediseño de procesos de la arquitectura del proyecto.

3.2.1. Marcos de acción

3.2.1.1. Marco de acción del tratado de Hyogo para la reducción de desastres, MAH

El Marco de Acción de Hyogo (MAH) es el instrumento más importante para la implementación de la reducción del riesgo de desastres que adoptaron los Estados miembros de las Naciones Unidas. Su objetivo general es aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres al lograr, para el año 2015, una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países. El MAH ofrece cinco áreas prioritarias para la toma de acciones, al igual que principios rectores y medios prácticos para aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables a los desastres, en el contexto del desarrollo sostenible. Desde la adopción del MAH, diversos esfuerzos realizados en los ámbitos mundial, regional, nacional y local han abordado la reducción del riesgo de desastres de una forma más sistemática. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer. La Asamblea General de las Naciones Unidas ha hecho un llamado a la implementación del MAH y ha reafirmado la importancia del Sistema multisectorial de la EIRD, al igual que de la Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres para apoyar y promover el Marco de Hyogo. Asimismo, la Asamblea General ha instado a los Estados miembros a establecer plataformas nacionales multisectoriales para coordinar la reducción del riesgo de desastre en los respectivos países. También, diversos entes regionales han formulado estrategias a ese nivel para la reducción del riesgo de desastres en la región andina, Centroamérica, El Caribe, Asia, el Pacífico, África y Europa, de conformidad con el MAH. Más de 100 gobiernos ya han designado puntos oficiales de enlace para el seguimiento y la implementación del MAH (a marzo del 2007). Algunos han tomado acciones para movilizar el

compromiso político y para establecer centros de promoción de la cooperación regional para la reducción del riesgo de desastres.¹⁵

3.2.1.2. Marco de la oficina de las naciones unidas para la reducción del riesgo de desastres, UNISDR

UNISDR es órgano que forma parte integral de la Secretaría de las Naciones Unidas.

La Asamblea General de la ONU aprobó la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres en diciembre de 1999 y estableció UNISDR, como la secretaría para garantizar su aplicación. UNISDR, como oficina de la ONU para la reducción del riesgo de desastres, es también el centro de coordinación del sistema de las Naciones Unidas para la coordinación de la reducción del riesgo de desastres y la implementación del plan internacional para la reducción del riesgo de desastres, el "Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres".

El mandato de la UNISDR fue ampliado en 2001 para servir como centro de coordinación en el sistema de las Naciones Unidas para la coordinación de la reducción de desastres y asegurar las sinergias entre las actividades de reducción de desastres del sistema de las Naciones Unidas y las organizaciones regionales y las actividades en los ámbitos socio-económicos y humanitarios (GA resolución 56/195). Esto fue en respuesta a la necesidad de integrar la reducción del riesgo de desastres en el desarrollo y otras áreas de trabajo de la ONU.

La "Declaración de Hyogo" y el "Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres" fue adoptado por la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, celebrada en Kobe, Hyogo, Japón, en enero de 2005. UNISDR es el encargado de apoyar la implementación del MAH.¹⁶

3.2.1.3. Plan nacional de protección civil del gobierno de Chile

Antes de desarrollar este punto, se debe enfatizar que la institucionalidad del país respecto de las catástrofes ha sido abordada en el punto 2. Por tanto, a

¹⁵ Marco de acción de Hyogo para 2005 – 2015. Conferencia mundial sobre la reducción de desastres. 18 – 22 de enero de 200.

¹⁶ <http://www.unisdr.org>

continuación se expondrá brevemente los aspectos que guardan relación directa con los marcos de acción previamente desarrollados.

La experiencia de Chile frente al tema de los desastres de origen natural o provocados por el hombre, tanto en su impacto inmediato como en sus repercusiones, es amplia y variada. Desastres como, por ejemplo: terremotos, sequías, inundaciones, erupciones volcánicas, incendios urbanos y forestales, accidentes químicos, deslizamientos, aludes, etc., son recurrentes en Chile.

El ámbito de experiencia que se asocia al impacto inmediato, sea en pérdidas humanas como materiales, ha desarrollado en los chilenos la capacidad de sobreponerse a los innumerables eventos destructivos que han afectado a la nación durante toda su historia. El otro ámbito, se asocia a las secuelas que estos mismos eventos producen, afectando directamente al desarrollo y a la calidad de vida de las personas, marcando su idiosincrasia, como igualmente las posibilidades de mejoramiento sostenido de sus condiciones de vida, sobre todo de la población más vulnerable, lo que progresivamente ha ido conformando una conciencia nacional sobre la necesidad de anteponerse a esta realidad.

El proceso nacional de desarrollo sostenible, pone también un fuerte énfasis en la administración y manejo de riesgos, como estrategia efectiva de prevención, con un claro enfoque participativo, integrando instancias sectoriales, científico-técnicas, regionales, provinciales, comunales, del voluntariado y de la comunidad organizada.

Es así, que el plan nacional de protección civil busca precisamente, potenciar las capacidades preventivas, sin descuidar el continuo perfeccionamiento de las actividades de preparación y atención de emergencias o desastres, pasando a constituirse en un instrumento indicativo para la gestión descentralizada, de acuerdo a las específicas realidades de riesgos y de recursos de cada área geográfica del país.¹⁷

3.2.1.4. Guía de medidas de prevención de desastres del gobierno metropolitano de Tokio, TMG

El gobierno metropolitano de Tokyo, líder mundial en la ejecución de las mejores prácticas para la gestión de catástrofes define un framework basado

¹⁷ Plan nacional de protección civil. Gobierno de Chile 2002.

en una línea de tiempo de las acciones de emergencia que se deben asumir ante un desastre. Este framework define 3 etapas de la respuesta:

Etapas 1. A partir de un sistema de alerta temprana. Se define la respuesta inicial, durante la primera hora de la ocurrencia de una catástrofe.

Etapas 2. Medidas inmediatas, entre las 24 y 72 horas de la ocurrencia de una catástrofe.

Etapas 3. Medidas de recuperación, más allá de las 72 horas de la ocurrencia de una catástrofe. En este punto se debe resaltar que las acciones de reconstrucción son también medidas de respuesta que se aplican en el largo plazo.

	Disaster	1 hour	24 hours	72 hours	Beyond 72 hours
	Initial response		Immediate measures		Recovery measures
Initial response	Establishment of Headquarters Assembling staff Dispatch request for SDF		Deliberation by Headquarters Request for support to other prefectures Application of the Disaster Relief Act		
Emergency transit	Traffic regulation		Damage assessment Emergency obstacle removal from roads Issuing emergency transit pass		
Fire-fighting	Fire-fighting Requests for emergency fire-fighting squad				
Medical relief	Tokyo DMAT operations		Requests for medical support Dispatch of metropolitan medical relief squad		
Measures for the evacuees	Setting up shelters (municipalities)		Accepting volunteers		
Measures for the stranded	Providing information Disaster emergency message dial		Return-home support stations		
Food and water	Damage check for emergency provisions Emergency provision of water		Distribution of emergency provisions Accepting relief supplies from other prefectures		
Waste, sewage, wreckage removal			Collection and removal of sewage (municipalities)		
Handling of dead bodies			Recovery of dead bodies (municipalities)		

Figura 6. Línea de tiempo de las acciones de emergencia - Disaster prevention measures by the Tokyo Meropolitan government (TMG)

Este framework es una base primordial para el desarrollo del presente proyecto, dado que a través de una respuesta inicial gatillada por la generación de una alerta temprana (aproximadamente 5 minutos en Japón), es posible brindar elementos que apoyen la decisión para iniciar una evacuación temprana en caso de amenaza de tsunami. La evacuación,

complementada con la identificación de zonas seguras se convierte en tal sentido en una medida concreta que permite mitigar la catástrofe y principalmente proteger la vida de las personas. Esto será abordado con mayor amplitud en los siguientes puntos.

3.2.2. Marco Científico

Toda la teoría desarrollada a continuación, permitirá establecer los criterios científicos que permitirán entender el fenómeno y con los cuales se podrá efectuar un análisis retrospectivo del terremoto del 27 de febrero. Estos criterios, serán importantes al momento de generar lógicas de negocio que incorporadas al rediseño de procesos validen la simulación retrospectiva presentada en el presente proyecto.

3.2.2.1. Tectónica de placas

La tectónica de placas (del griego τεκτονικός, tektonicós, "el que construye") es una teoría geológica que explica la forma en que está estructurada la litósfera (la porción externa más fría y rígida de la Tierra). La teoría da una explicación a las placas tectónicas que forman la superficie de la Tierra y a los desplazamientos que se observan entre ellas en su movimiento sobre el manto terrestre fluido, sus direcciones e interacciones. También explica la formación de las cadenas montañosas (orogénesis). Asimismo, da una explicación satisfactoria de por qué los terremotos y los volcanes se concentran en regiones concretas del planeta (como el cinturón de fuego del Pacífico) o de por qué las grandes fosas submarinas están junto a islas y continentes y no en el centro del océano.

Las placas tectónicas se desplazan unas respecto a otras con velocidades de 2,5 cm/año¹⁸ lo que es, aproximadamente, la velocidad con que crecen las uñas de las manos. Dado que se desplazan sobre la superficie finita de la Tierra, las placas interaccionan unas con otras a lo largo de sus fronteras o límites provocando intensas deformaciones en la corteza y litosfera de la Tierra, lo que ha dado lugar a la formación de grandes cadenas montañosas (por ejemplo las cordilleras de Himalaya, Alpes, Pirineos, Atlas, Urales, Apeninos, Apalaches, Andes, entre muchos otros) y grandes sistemas de fallas asociadas con éstas (por ejemplo, el sistema de fallas de San Andrés). El contacto por fricción entre los bordes de las placas es responsable de la mayor

¹⁸ Read HH, Watson Janet (1975). *Introduction to Geology*. New York: Halsted. pp. 13-15.

parte de los terremotos. Otros fenómenos asociados son la creación de volcanes (especialmente notorios en el cinturón de fuego del océano Pacífico) y las fosas oceánicas.

Las placas tectónicas se componen de dos tipos distintos de litosfera: la corteza continental, más gruesa, y la corteza oceánica, la cual es relativamente delgada. La parte superior de la litosfera se le conoce como Corteza terrestre, nuevamente de dos tipos (continental y oceánica). Esto significa que una placa litosférica puede ser una placa continental, una oceánica, o bien de ambos, si fuese así se le denomina placa mixta.

Uno de los principales puntos de la teoría propone que la cantidad de superficie de las placas (tanto continental como oceánica) que desaparecen en el manto a lo largo de los bordes convergentes de subducción está más o menos en equilibrio con la corteza oceánica nueva que se está formando a lo largo de los bordes divergentes (dorsales oceánicas) a través del proceso conocido como expansión del fondo oceánico. También se suele hablar de este proceso como el principio de la "cinta transportadora". En este sentido, el total de la superficie en el globo se mantiene constante, siguiendo la analogía de la cinta transportadora, siendo la corteza la cinta que se desplaza gracias a las fuertes corrientes convectivas de la astenósfera, que hacen las veces de las ruedas que transportan esta cinta, hundiéndose la corteza en las zonas de convergencia, y generándose nuevo piso oceánico en las dorsales.

La teoría también explica de forma bastante satisfactoria la forma como las inmensas masas que componen las placas tectónicas se pueden "desplazar", algo que quedaba sin explicar cuando Alfred Wegener propuso la teoría de la Deriva Continental, aunque existen varios modelos que coexisten: Las placas tectónicas se pueden desplazar porque la litósfera tiene una menor densidad que la astenósfera, que es la capa que se encuentra inmediatamente inferior a la corteza. Las variaciones de densidad laterales resultan en las corrientes de convección del manto, mencionadas anteriormente. Se cree que las placas son impulsadas por una combinación del movimiento que se genera en el fondo oceánico fuera de la dorsal (debido a variaciones en la topografía y densidad de la corteza, que resultan en diferencias en las fuerzas gravitacionales, arrastre, succión vertical, y zonas de subducción. Una explicación diferente consiste en las diferentes fuerzas que se generan con la rotación del globo terrestre y las fuerzas de marea del Sol y de la Luna. La importancia relativa de cada uno de esos factores queda muy poco clara, y es todavía objeto de debate. La teoría de la tectónica de placas se divide en dos partes, la de deriva

continental, propuesta por Alfred Wegener en la década de 1910, y la de expansión del fondo oceánico, propuesta y aceptada en la década de 1960, que mejoraba y ampliaba a la anterior. Desde su aceptación ha revolucionado las ciencias de la Tierra, con un impacto comparable al que tuvieron las teorías de la gravedad de Isaac Newton y Albert Einstein en la Física o las leyes de Kepler en la Astronomía.

Existen, en total, 14 placas mayores, y en total, 43 placas menores. Y se han identificado tres tipos de límites de placas, los límites, son los bordes de una placa y es aquí donde se presenta la mayor actividad tectónica (sismos, formación de montañas, actividad volcánica), ya que es donde se produce la interacción entre placas. Hay tres clases de límite:

- Divergentes: son límites en los que las placas se separan unas de otras y, por lo tanto, emerge magma desde regiones más profundas (por ejemplo, la dorsal mesoatlántica formada por la separación de las placas de Eurasia y Norteamérica y las de África y Sudamérica).
- Convergentes: son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción (la placa oceánica se hunde bajo de la placa continental) o un cinturón orogénico (si las placas chocan y se comprimen). Son también conocidos como "bordes activos".
- Transformantes: son límites donde los bordes de las placas se deslizan una con respecto a la otra a lo largo de una falla de transformación.

En determinadas circunstancias, se forman zonas de límite o borde, donde se unen tres o más placas formando una combinación de los tres tipos de límites.

3.2.2.2. Fuente sísmica y fase W

Chile es uno de los mayores generadores de tsunamis a nivel mundial. De veintiún sismos superiores o iguales a magnitud $MW=8$ en la costa de Chile (incluidos dos de los terremotos más grandes desde que se tienen registros ocurridos el 21 de mayo de 1960 en Valdivia y el 27 de Febrero del año 2010 en Concepción), dieciocho de ellos generaron tsunamis (Catálogo USGS).

Al parecer la magnitud de un terremoto es indicativa de cuán grande puede ser la altura de un tsunami llegando a la costa (Imamura, 1977), pero ello no es suficiente para esta predicción, por lo tanto es clave entender el proceso de ruptura que ocurre en la fuente.

En el año 2008 que Hiroo Kanamori y Luis Rivera (Kanamori y Rivera, 2008) desarrollaron un método basado en la teoría de oscilaciones libres de la tierra, para encontrar los parámetros que definen una fuente sísmica:

- Magnitud momento (M_w)
- Mecanismo focal
- Coordenadas del centroide
- Duración de la fuente

Todo estos, en una ventana tiempo menor a 6 minutos después de ocurrido el evento.

Este método basado en la fase W fue implementado en el PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) y USGS (United States Geological Survey) a prueba el año 2009. Y el año 2010 comenzó a ser utilizado regularmente por estos dos organismos a nivel mundial, entregando en tiempo real un informe que describe la fuente sísmica.¹⁹

3.2.2.2.1. Fase W

La fase W que llega al registro entre las ondas P y S de un evento sísmico, es de baja frecuencia; entre 200 y 1000 segundos, un ejemplo se aprecia en la figura 7. Fue descubierta por Hiroo Kanamori después del terremoto de Nicaragua de 1992, sin embargo no fue hasta el año 2008 que Kanamori y Rivera desarrollaron un método de inversión que permitiera a través de esta fase obtener los parámetros de la fuente.

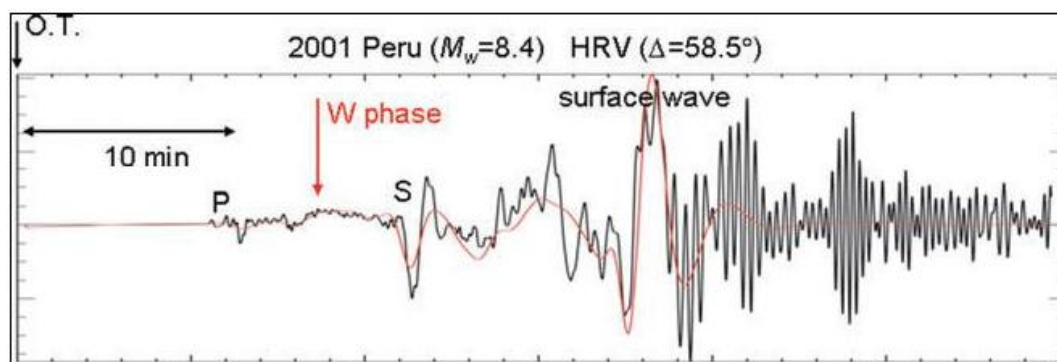


Figura 2.1. Terremoto de Perú del año 2001. En rojo, entre las ondas P y S la Fase W observada en la estación HRV, en negro se muestra el registro observado por esa estación. La distancia de esta estación es de 6500 km, el tiempo que demora en llegar la fase w al registro es de 24 minutos aproximadamente.

¹⁹ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

Figura 7. Fase W

Su propagación es similar al fenómeno de “whispering gallery”. Este fenómeno se da en las cúpulas de iglesias donde los rayos confluyen en el foco y se reflejan propagándose en las otras direcciones, haciendo cualquier sonido audible para un observador que se encuentra en el lado opuesto de la cúpula. Este fenómeno más la forma de W que se observa en los registros sísmicos justifican su nombre. Sin embargo su propagación es mucho más compleja.

Al ser esta una fase de muy baja frecuencia, no fue reconocida hasta la utilización de sismómetros de banda ancha, los cuáles permiten observar periodos mucho más largos. Antes los sismogramas de periodo corto (hasta 30 segundos), no permitían observar estas bajas frecuencias

La justificación teórica de su existencia radica en que: si la fuente genera ondas superficiales de periodo largo entonces la misma fuente debe generar ondas de cuerpo de periodo más largo. Sin embargo por el efecto combinado del espectro de la fuente sísmica y de la respuesta instrumental, no era posible observarla.

Como la fase W se encuentra entre la onda P y la onda S, al realizar una inversión de momento sísmico resulta ser mucho más rápido que utilizar los métodos tradicionales de ondas de superficie, especialmente cuando se necesita una alerta rápida para estimar el potencial de tsunami que puede tener un terremoto determinado.²⁰

Para la obtención de la fase W, se considera un sismómetro mecánico tradicional.

3.2.2.3. Tsunamis causados por terremotos

La mayoría de los terremotos superficiales en las zonas de subducción causan Tsunamis. Se comenzará con dos definiciones de terremoto: tsunamigénico si genera tsunami, y se llamará “tsunami earthquake” (Kanamori) si genera un tsunami desproporcionado en comparación con la magnitud medida en ondas superficiales.

²⁰ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

Los terremotos tsunamigénicos y “tsunami earthquake” en un ambiente de subducción pueden ser clasificados en tres tipos dependiendo de la localización de la fuente: el clásico interplacas, los intraplacas y los “tsunami earthquakes”.

- Los terremotos megathrust ocurren en la interface entre la placa de subducción y la placa continental sobre esta.
- Los terremotos intraplaca ocurren en dos zonas: la primera es fuera de la fosa y por ello son llamados terremotos costa afuera o “outer rise”. Si la localización es en la placa que está en subducción se llamará “slab earthquake”. Los terremotos dentro de la placa pueden ser bastante profundos, sin embargo se consideraran tsunamigenicos aquellos menores a cien kilómetros de profundidad. Si la placa continental está bajo el océano y ocurre un terremoto ahí, puede considerarse como tsunamigénico.
- La zona de localización de los “tsunami earthquakes” se encuentra bajo el prisma de acreción.

3.2.2.3.1. Terremotos Inter-placa

La mayoría de los grandes terremotos interplaca causan tsunamis. Estos son los llamados típicos terremotos de subducción en donde el plano de falla está localizado en la interface entre la placa oceánica y la placa continental.

La zona de contacto entre ambas placas se extiende desde 10 km a 40 km de profundidad. La profundidad está caracterizada por factores geológicos como la temperatura, la composición del material.

Existe una zona asísmica en la cual no se producen terremotos, es una acumulación de sedimentos no consolidados o no totalmente consolidados bajo el prisma de acreción que está en continuo deslizamiento por lo que el movimiento de las placas ahí es estable no causando sismos.

La extensión de la fuente de los grandes terremotos interplaca está limitada a la zona sismogénica presentada aquí. Lo que ocurre es que la deformación intersísmica es en el sentido opuesto a la deformación cosísmica donde el fondo marino, sobre la zona sismogénica, se levanta, mientras que la zona sobre el final de la zona sismogénica se hunde (subducta).

El deslizamiento co-sísmico puede ser estimado con GPS y cambios en las líneas de costas.

Los terremotos en la zona de subducción muestran que el deslizamiento no es parejo en la fuente de cada terremoto. Ello que indica que la liberación de energía no es espacialmente uniforme y está concentrada en áreas pequeñas

llamadas asperezas. La distribución de asperezas varía de una zona de subducción a otra, incluso cambiando su distribución en el tiempo.

Las zonas de subducción de Alaska- Aleutianas, Sumatra-Andaman, Japón y Chile son típicas zonas de subducción en la cual ocurren grandes terremotos tsunamigénicos a lo largo del tiempo. En el caso de las Aleutianas se observan los siguientes terremotos: El de Alaska de 1938, el de 1946 en las Aleutianas, 1957 en las Aleutianas, el de 1964 en Alaska y el de 1965 en las islas Rat. En el Norte grande de Chile están los terremotos de 1877 y 1868, en el sur los de 1960 y 2010 que produjeron tsunamis devastadores.

Los Resultados para zonas de subducción es que los deslizamientos tsunamigénicos no son uniformes en todos lados y se encuentran concentrados en las asperezas. También este deslizamiento en algunos puntos de la falla puede ser más lento o más rápido.²¹

3.2.2.3.2. Terremotos Intraplaca

Los terremotos que ocurren al interior de la placa ya sean, costa afuera, corticales bajo el océano y en la placa subductante, llamados “slab earthquakes” también pueden generar Tsunamis.

Algunos terremotos “outer rise” pueden causar tsunamis, como el de Sanriku de 1933 de MW=8,4, que generó alturas de ola de más de 10 metros. El terremoto de 1977 Samba MW=8,3, también fue tsunamigenico y se observaron alturas de más de 10 metros también.

Terremotos que ocurren en la corteza de la placa cabalgante también pueden generar tsunamis. El terremoto de Flores de 1992 MW=7,8, y el de 1993 de Hokkaido MW=7,6, ocurrido en el transarco del margen este del mar de Japón. El terremoto de 1994 de Mindoro en las Filipinas MW=7,1, también generó un tsunami con alturas de 7 metros a pesar de tener un mecanismo focal strike-slip.

Terremotos en la placa subductante como el terremoto de Kuril MW=8,2. Este terremoto ocurrió en la misma región que el de 1969 en Kuril de MW=8,2, no obstante que la ocurrencia de otro terremoto dentro de un periodo de 25 años, se estimaba menor al 1 %, sin embargo no fue así.²²

²¹ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

²² Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

3.2.2.3.3. Tsunami Earthquakes

Un “tsunami earthquake” es aquel que excita un tsunami considerablemente grande en comparación con las ondas superficiales del terremoto. Esta discrepancia puede ser cuantificada de la siguiente manera: Si la magnitud del tsunami es por más de 5 unidades mayor a la del sismo, quiere decir que es un tsunami earthquake.

Kanamori (1972) explicó que los “tsunami earthquakes” se producen por rupturas lentas y de gran periodo. Fukao (1979) explicó que existe deslizamiento en el prisma de acreción, si el ángulo de subducción es bastante grande puede agrandar el tsunami, sin tener mucho momento sísmico, si el prisma tiene una baja rigidez. Pelayo y Wiens (1992) estudiaron varios terremotos y propusieron que no es que sean anómalos si no que el problema radica en la saturación de MS en 7.3 para esos terremotos en el prisma de acreción. Si se compara la Magnitud MT con la MW, no resulta ser extraño tener tsunamis grandes y el problema en realidad no radica en lo extraño del terremoto si no en la magnitud en la cual se está observando. Okal aplicando teoría de modos normales demostró que una capa de roca sedimentaria superficial causa tsunamis mucho más grandes que los generados en roca sólida.²³

En Chile la mayoría de los tsunamis han ocurrido por sismos tsunamigenicos. Solo el Terremoto de Aysen que provoco un deslizamiento de roca provoco un tsunami local en el Fiordo. No está claro si es que en Chile pueden existir las condiciones para que ocurran sismos tipo “tsunami earthquake”. Un estudio en profundidad de estas características validará tal hipótesis.

3.2.2.4. Parámetros de los Tsunamis

Los parámetros que distinguen a los tsunamis respecto de las olas comunes, son: periodo, velocidad y largo de onda.

El período de un tsunami es el tiempo que demora en pasar de una cresta a otra. Para tener una idea, el periodo de las olas que llegan a la orilla de la playa es de alrededor de 10 segundos. Un tsunami que se genera a partir de un terremoto, deslizamiento submarino, o volcán, tiene periodos que van desde los 70 a 2000 segundos, es decir las ondas del tsunami continúan llegando por

²³ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

varios minutos, mientras la de las olas solo lo hacen en periodos mucho más pequeños.

Si se compara las olas que llegan a la orilla de la playa con las de un tsunami, en el primer caso se tiene que alcanzan una velocidad de 15 m/seg alrededor de unos 50 km/hr, en cambio las olas del tsunami, dado que tienen un periodo mucho más largo, viajan mucho más rápido desde 160 m/seg a 250 m/seg, unos 600 a 900 km/hr en mar abierto. La velocidad de las ondas varía con la frecuencia, existe dispersión, ello implica que el pulso original se comienza a separar dependiendo de la frecuencia.

El largo de onda de un tsunami, mide la distancia entre la cresta de una ola y otra. Si se compara el largo de onda de las ondas de la playa con las ondas de un tsunami, las primeras tienen 100 metros de longitud, mientras que las otras desde 10 hasta 100 kilómetros, es decir que si un observador estuviera parado en la cresta de una ola la siguiente sería vista a 100 km distancia. Con estos largos de onda la amplitud del tsunami es muy pequeña en mar abierto, es decir que si un barco se encuentra en mar abierto el tsunami pasa completamente desapercibido.

Cuando un tsunami llega a la costa ocurre la transferencia de Energía. La columna de agua que viaja a velocidades superiores a los 700 km/hr en aguas profundas, al acercarse a la costa comienza a viajar más lentamente, como la energía en este proceso se conserva, la amplitud de la onda comienza a aumentar por la compresión del suelo, la disminución de la velocidad, y el tren de ondas que empuja desde atrás a esta columna de agua. Lo mismo ocurre una y otra vez hasta que el sistema vuelve a equilibrarse.

3.2.2.5. Integral de Run Up y tiempo de llegada de la primera ola

Cuando un tsunami llega a la costa ocurre la transferencia de energía. La columna de agua que viaja a velocidades superiores a los 700 km/hr en aguas profundas, al acercarse a la costa comienza a viajar más lentamente, como la energía en este proceso se conserva, la amplitud de la onda comienza a aumentar por la compresión del suelo, la disminución de la velocidad, y el tren de ondas que empuja desde atrás a esta columna de agua. Lo mismo ocurre una y otra vez hasta que el sistema vuelve a equilibrarse.

Para calcular la altura máxima que puede alcanzar un tsunami en tierra, existen varios métodos, en esta oportunidad se presentará uno que ha estado

más presente en la literatura y por ser el que en experimentos ha sido el que teóricamente ha ajustado de mejor manera los valores que en la realidad se obtienen, este es: la integral de Run-up (Synolakis, 1987).²⁴

La Integral de Run up es una forma de calcular la altura máxima que alcanza un tsunami en tierra definida por Synolakis en 1987.

Utilizando el esquema correspondiente a una bahía con pendiente, y por medio de un sistema de ecuaciones, se calcula la amplitud de run-up en dos dimensiones.

Para estimar el tiempo de llegada de la primera ola de un tsunami, se puede hacer un cálculo, Considerando el mismo sistema de ecuaciones mencionado, que para el caso de Chile ubicando la fosa a 100 kilómetros, el tiempo es aproximadamente 17 minutos. Para el caso de Japón es aproximadamente el doble.

3.2.2.6. Magnitud e intensidad

Es necesario cuantificar este fenómeno de tal forma que sea posible medir su energía. Para esto, de la misma manera como se hace con los terremotos existen intensidades y magnitudes para los tsunamis. Las intensidades que buscan medir el daño y las magnitudes que intentan dar una medida de la energía liberada.

Ambas al utilizar como valor de referencia alturas máximas o promedios, no son puramente magnitudes o intensidades (no al menos como se entiende en sismología) ya que al ser la altura la información que se utiliza para la medición se cae entre un híbrido entre intensidad y magnitud. Primero, porque la batimetría de un lugar puede cambiar notablemente las condiciones en las que el tsunami arriba a la costa. Segundo, puede existir un cambio de altura en la costa, producto de la deformación cosísmica. Además pueden existir efectos de resonancia que amplifiquen las alturas debido a la forma de la costa y no necesariamente sea puramente efecto del tamaño del tsunami.

Sin embargo en términos generales, tomando el promedio de la altura de run-up, el tamaño del tsunami está asociado al tipo y tamaño de terremoto (Abe, 1979).

3.2.2.7. Modelos numéricos de tsunamis

²⁴ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

Hasta ahora, se ha revisado en detalle todos los conceptos científicos detrás del fenómeno de estudio, tsunami. Con esta base científica, se está en condiciones de proceder al modelamiento numérico del mismo.

El objetivo del modelamiento numérico, es establecer simulaciones de propagación de un tsunami en costa, éste, permite de manera cuantitativa y detallada, conocer los efectos de un tsunami de origen cercano y lejano.

Para el modelamiento numérico de tsunamis se utiliza el software Neowave creado por el Dr. Yoshiki Yamazaki de la Universidad de Hawaii.

Este Software funciona con un esquema de grillas anidadas, dentro de las cuáles es posible aumentar la resolución de modo de ver detalles como tiempos de llegada, alturas de ola, corrientes y áreas de inundación en ciertos lugares de interés.

Además es un software que incluye un esquema de diferencias finitas, no linealidad, resonancia en las bahías, dispersión y conservación de flujos a través de las grillas.

En el Anexo A, se puede apreciar los resultados gráficos del modelamiento del área de estudio del presente proyecto.²⁵

3.3. Marco Teórico para la generación de mapas de evacuación

3.3.1. Generación del mapa de inundación

Una vez que se ha obtenido todos los parámetros asociados al fenómeno tsunami, corresponde utilizar esa información para proyectarla en una carta que muestre las zonas de inundación y permita identificar con claridad zonas de evacuación ante la amenaza de un tsunami.

Para este fin, se requiere de un proceso que puede ejecutarse de manera manual o automática. Existen 3 alternativas para ello:

La primera es utilizar la aplicación de Google Earth para la visualización de Run Up, en esta primera opción se van cargado los datos de manera poligonal sobre el área de estudio. El sistema al que se puede acceder por internet ejecuta de manera automática algoritmos propietarios cuyo resultado son los modelos de mapa de inundación. En el Anexo B se muestra en detalle todo el proceso de generación de mapas de inundación con Google Earth.

La segunda opción es cargar la data entregada por Neowave para ejecutar la proyección de Run Up en el software Matlab. Esta alternativa ofrece

²⁵ Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprano basado en la fase w y modelamiento de tsunamis.

funcionalidades que permiten ejecutar la proyección de manera rigurosa. Sin embargo, a efecto de automatizar el proceso, la parametrización de los datos entre ambos sistemas, puede generar mucha demora en el proceso, algo que para el modelo de negocios presentado en este proyecto es contraproducente. La tercera alternativa, que es la elegida para la simulación, es la utilización del mapa de amplitudes que genera el software Neowave. La generación de este mapa es inmediata dado que el mismo software genera los parámetros del tsunami para establecer la proyección del Run Up.

En virtud que en el mapa generado se observa sólo la silueta del área inundada figura 8, el mismo es referencial, y dado que no es posible identificar ninguna característica ni referencia real de la zona, es necesario un tratamiento del mismo con un software adecuado para tal fin.

En el siguiente punto se explica en detalle dicho tratamiento.

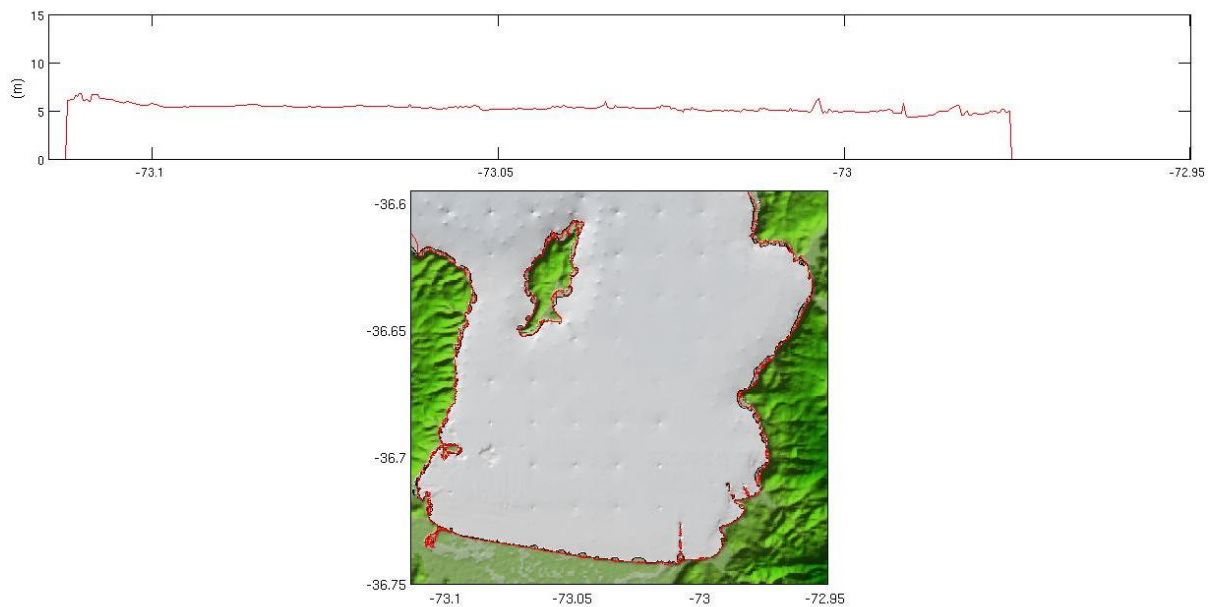


Figura 8. Mapa de Run Up. Sismo/tsunami Talcahuano

3.3.1.1. Tratamiento en Arcgis

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas

como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo. ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe, además de diversas extensiones. ArcGIS for Desktop se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades (y coste): ArcView, ArcEditor y ArcInfo.²⁶

La versión más reciente de ArcGis es la 10, según el fabricante, esta versión privilegia el trabajo para la creación de mapas, proporcionando a los usuarios más facilidad en las etapas de edición, visualización y análisis geográfico. Otra característica importante es que ArcGis 10 posee un ambiente preparado para el trabajo directo en la Web, basado en el concepto cloud computing. Una nueva interface le permite al usuario administrar las ventanas “dockable”, que pueden ocultarse fácilmente privilegiando, de esta forma, la visualización del mapa. Los menús están mejor estructurados, lo que optimiza la búsqueda de funciones. El nuevo flujo de trabajo para la edición en el ArcMap permite crear plantillas y, así, preconfigurar la forma con la cual se desea editar las informaciones. No necesitan más agregar una facción y luego definir los atributos y la simbología, pues ahora es posible seleccionar el tipo de facción, el atributo y el símbolo aun antes de empezar el trabajo.

El objetivo de trabajar con este software es lograr la generación del mapa de evacuación de la zona de estudio (Talahualilpan), y por tal razón, a continuación describiremos 2 puntos que permiten el tratamiento referido.

3.3.1.1.1. Overlap de mapas con ArcGis

La primera ventaja que se explota con ArcGis, es la posibilidad de efectuar un solapamiento u “overlap” entre el mapa generado de la figura 8 y un mapa real del área de estudio. Esto porque en el punto anterior, se mencionó que el mapa original es una silueta de la zona de estudio. Una ilustración de este tratamiento en ArcGis se aprecia en la figura 9.

²⁶ <http://www.arcgis.com>



Figura 9. Overlap entre el mapa de Run Up y el mapa real de Talcahuano

El resultado final de aplicar esta función de Overlap en ArcGis para toda la bahía de Talcahuano se muestra en las figuras 10,11, y 12.

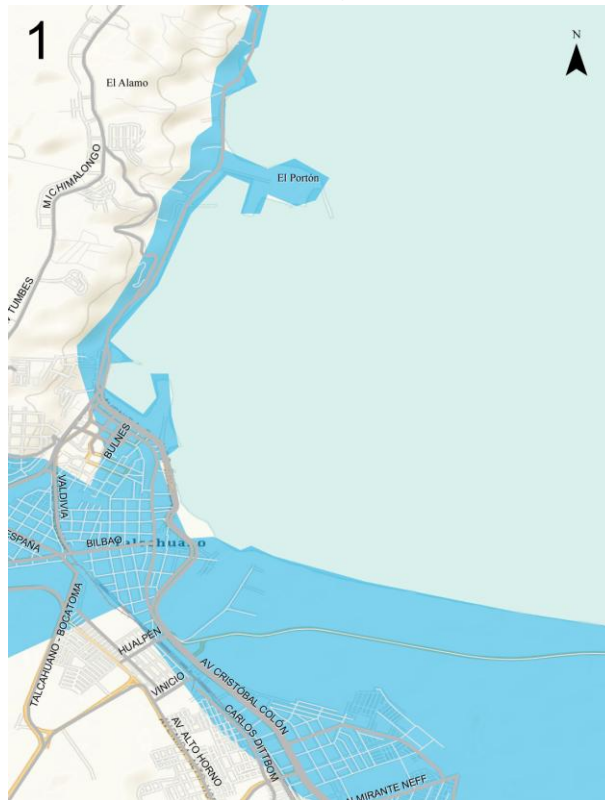


Figura 10. Mapa de Overlap final 1 - Bahía de Talcahuano.



Figura 11. Mapa de Overlap final 2 - Bahía de Talcahuano.

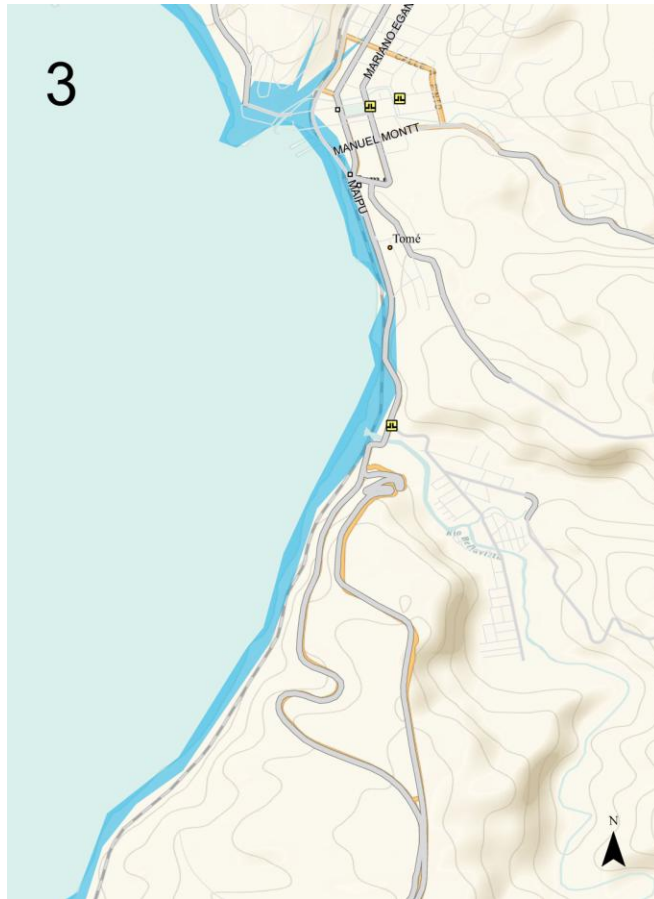


Figura 12. Mapa de Overlap final 3 - Bahía de Talcahuano

3.3.1.1.2. Carga de datos reales con ArcGis

Otra de las ventajas importantes que brinda ArcGis y que es de gran utilidad en la generación del mapa del proyecto, es la posibilidad de cargar información desde la tabla de una base de datos, o a partir de una tabla de tipo Excel. Bastará con contar con la información de longitud y latitud para cargar los puntos de referencia en el mapa, como se muestra en la figura 13.

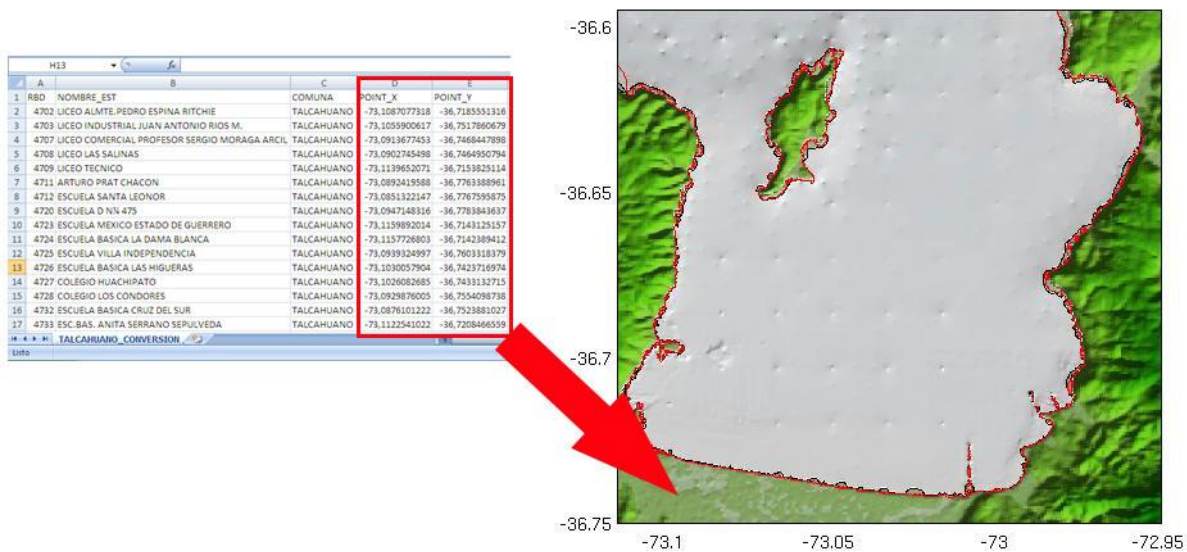


Figura 13. Carga de datos reales con ArcGis a partir de una tabla

3.3.2. Caracterización de mapas

3.3.2.1. Lógica de identificación de recintos

Hasta este punto, se ha revisado y explotado las ventajas que brinda un software comercial orientado a los sistemas de información geográfica. Pero es muy importante utilizar una lógica que permita identificar en el mapa generado los recintos donde las personas evacuarán una vez que se ha enviado la alerta.

La decisión de utilizar las unidades educativas de Talcahuano como recintos de seguridad para la evacuación, se justifica porque son edificaciones grandes, amplias, poseen varias dependencias y en la mayoría de los casos dotados de espacios amplios que brindan ventajas para una circulación y acceso adecuado. Esto no quita la iniciativa de que a este tipo de recintos también se puedan sumar otros de características similares o mayores, como estadios, coliseos, etc.

El resultado final de aplicar la función de carga del punto precedente, con la lógica de identificación de recintos concerniente a los centros educativos de Talcahuano se aprecia en el mapa caracterizado de la figura 14.

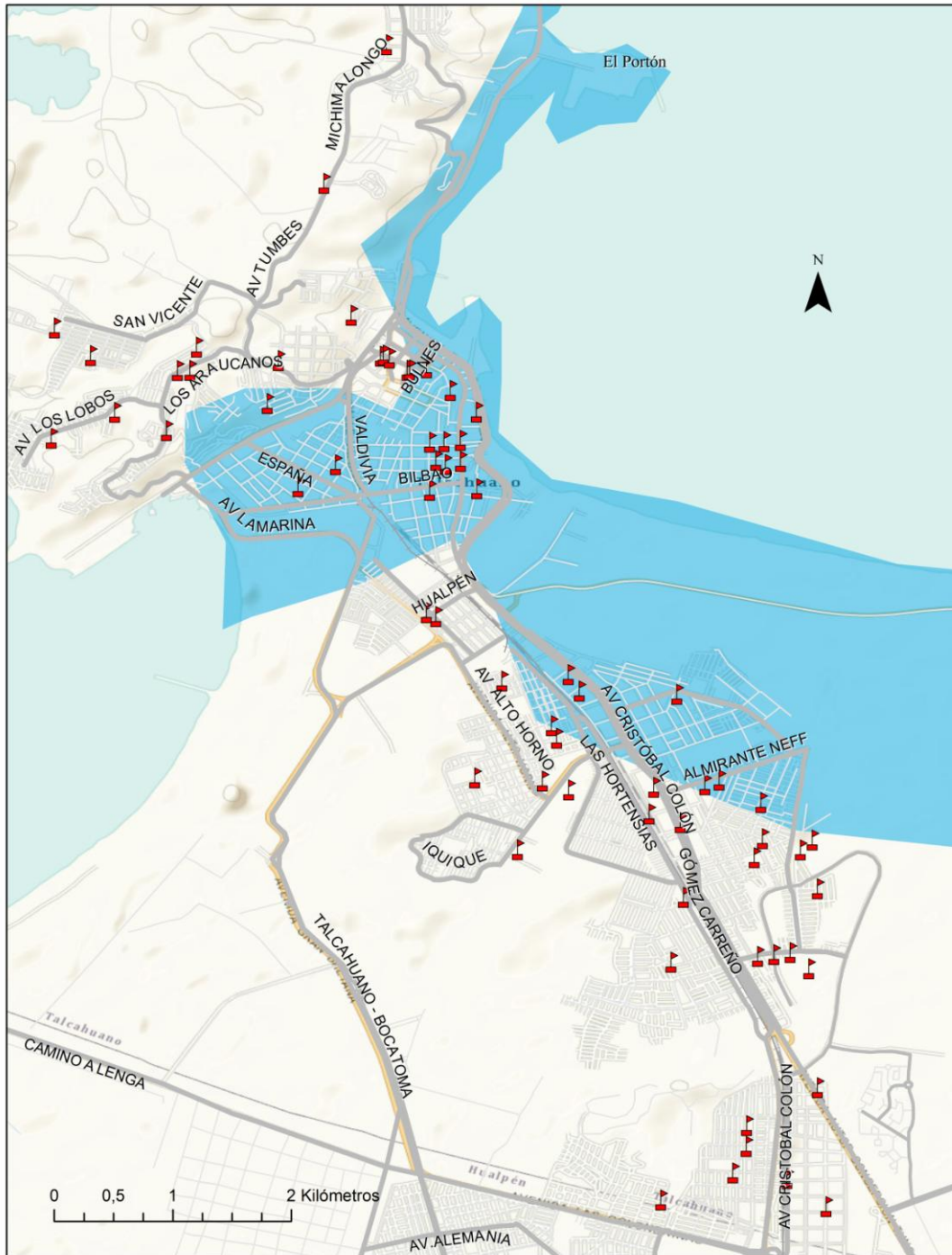


Figura 14. Mapa caracterizado final - Bahía de Talcahuano

3.3.3. Visualización On Line con Google Maps

Habiendo desarrollado los mapas con ArcGis, es posible cargarlos a Google Maps para que puedan ser visualizados desde cualquier parte del mundo y en cualquier momento. Para esto se utiliza KML.

KML (del acrónimo en inglés Keyhole Markup Language) es un lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado para ser manejado con Keyhole LT, precursor de Google Earth (Google adquirió Keyhole LT en octubre de 2004 tras lanzar su versión LT 2). Su gramática contiene muchas similitudes con la de GML. Los ficheros KML a menudo suelen distribuirse comprimidos como ficheros KMZ.

Un fichero KML especifica una característica (un lugar, una imagen o un polígono) para Google Earth. Contiene título, una descripción básica del lugar, sus coordenadas (latitud y longitud) y alguna otra información.

El resultado final es un mapa de inundación georeferenciado, que permite la identificación de recintos en zonas seguras para una evacuación inmediata una vez generada la alerta ante la amenaza de un fenómeno de tipo tsunami.

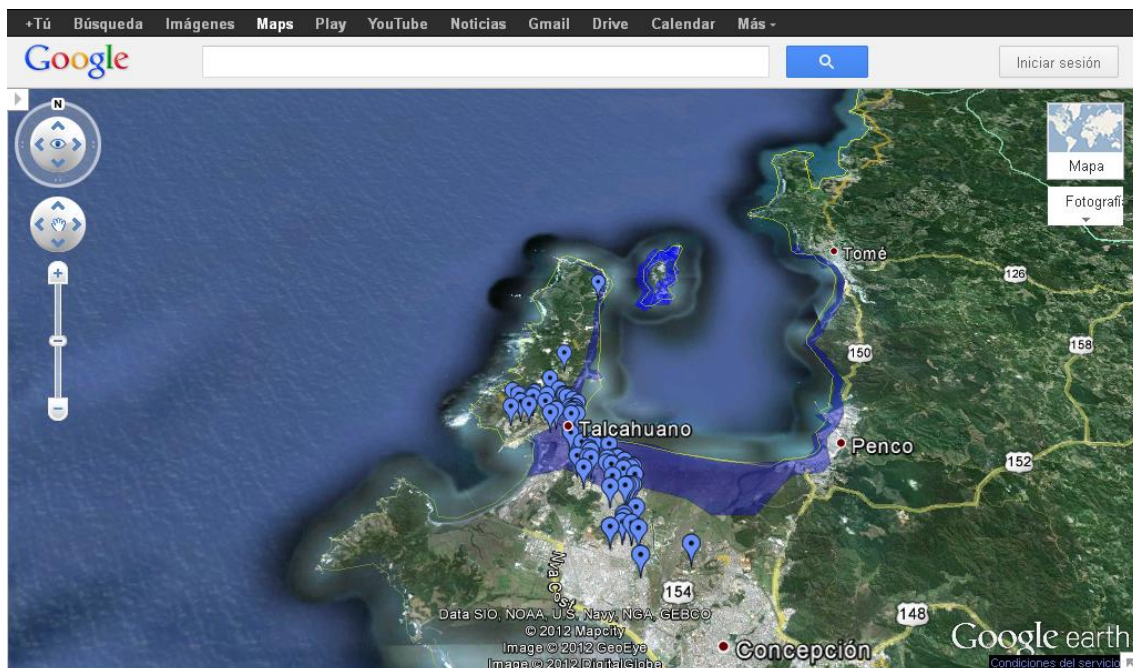


Figura 15. Mapa caracterizado final - Bahía de Talcahuano. Google Maps

Actualmente se encuentra disponible 'on line' y puede ser accedido mediante la siguiente URL:

<https://maps.google.cl/maps/ms?msid=202451399541328805374.0004cac3e6005dfcda9a7&msa=0>

4. PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO

La estrategia, implica la forma en que un modelo de negocio propuesto, creará valor para los clientes, para ello se debe emplear una metodología que permita traducir explícitamente la formulación estratégica. Para formular el planteamiento estratégico se consideran las teorías de: eficacia operacional (Porter, 1996) y el modelo delta modificado de Hax (Hax, 2010).

Posteriorment, se considera el Balanced Scorecard o cuadro de mando integral (Kaplan & Norton, The Balanced Scorecard: Translating Strategy to Action, 1996), que es un método para medir las actividades de una organización en términos de su misión y estrategia, es una herramienta que ayuda a la organización a describir los objetivos y medidas o índices necesarios para cumplir la estrategia (KPI's).

4.1. Eficacia operacional

De acuerdo a Porter, una empresa sólo puede superar a sus rivales si establece una diferenciación que pueda mantener. Por lo tanto, debe entregar mayor valor a los clientes que la competencia o crear un valor comparable a otras empresas, pero a un costo menor. Una de las maneras que tienen las empresas para alcanzar esta diferenciación es la efectividad operacional, que otros también denominan excelencia operacional. Esta consiste en ejecutar de mejor manera que los competidores las actividades necesarias para desarrollar el negocio. Es evidente que estas actividades y sus interrelaciones conforman los procesos de negocios de una empresa. Bajo esta definición, la efectividad operacional tiene que ver con eficiencia.²⁷

²⁷ Barros, O. Ingeniería de Negocios, diseño integrado de negocios, procesos y aplicaciones TI.

Con estas proposiciones, Porter manifiesta una teoría que asume la eficacia operacional y la suma de las mejores prácticas empleadas para generar valor en un modelo de negocio de una determinada industria. Esta perspectiva brinda una mirada de la industria y se complementará con la perspectiva propuesta en el siguiente punto donde la estrategia se centra en el cliente.

4.2. Modelo delta modificado

Arnoldo Hax, propone un nuevo marco estratégico, en el que cree que una empresa se debe a sus clientes y el centro de la estrategia deben ser precisamente ellos. Según éste marco, se debe servir a los clientes en forma distintiva si se quiere obtener un buen desempeño. Las estrategias clásicas están orientadas al producto, por tanto muchas empresas tienden a customizar al cliente, ofreciéndole productos estandarizados con canales masivos de distribución, haciendo pocos esfuerzos para satisfacer las necesidades reales de sus clientes.

Un aspecto importante de éste enfoque, es que el mismo aporta una metodología que permite asumir una posición estratégica a través de 3 opciones: mejor producto, relación integral con el cliente y lock in sistémico.

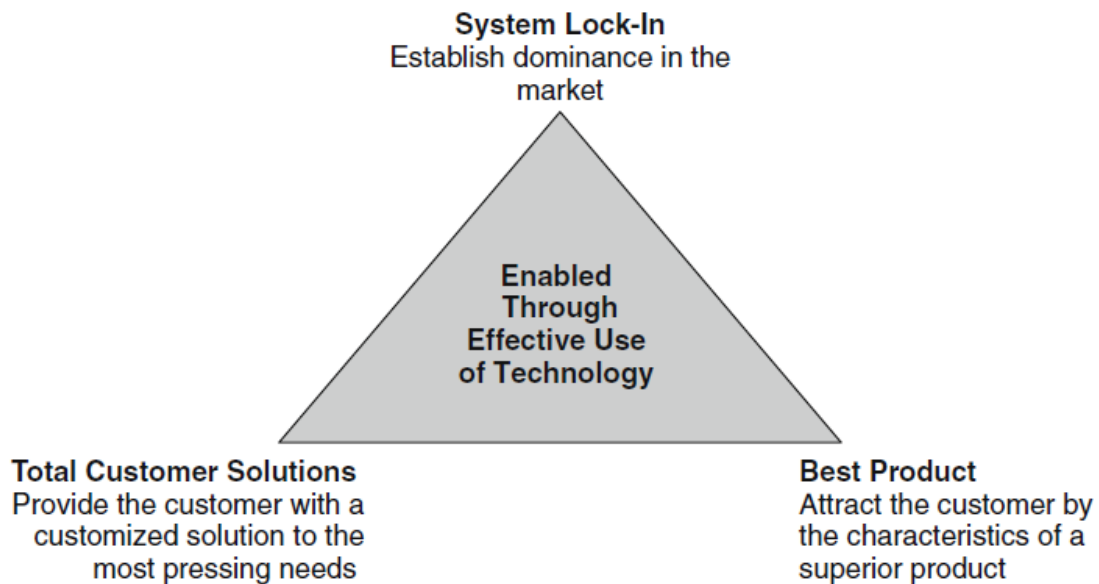


Figura 16. Triángulo de Hax, las 3 opciones estratégicas del modelo delta

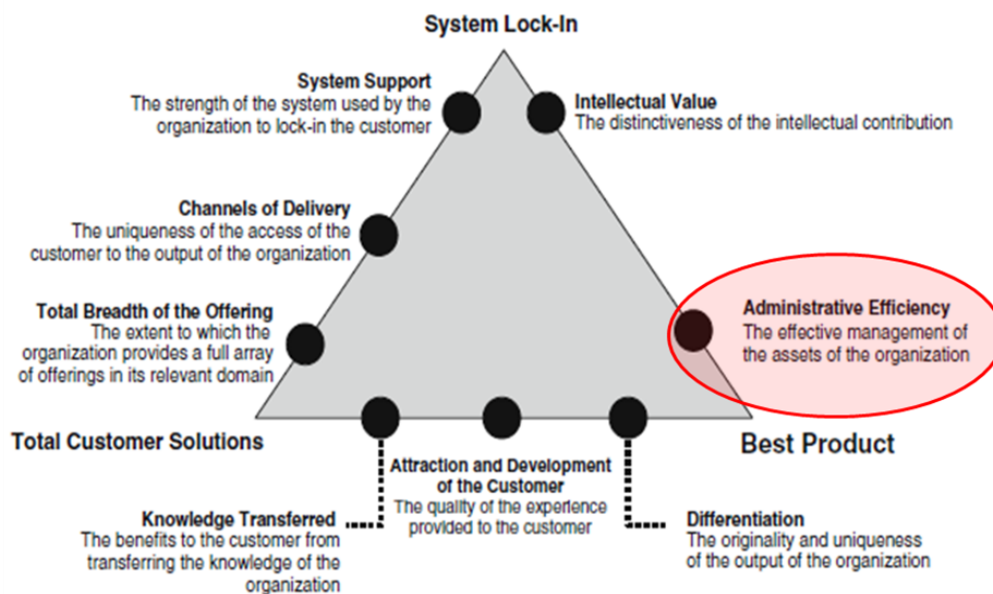
Hasta este punto, se abordó los aspectos más relevantes del modelo delta orientado a entidades lucrativas, pero existe otro aporte cualitativo del enfoque de Hax, él, también realiza un análisis coherente de las entidades sin fines de lucro, considerando que el modelo delta brinda ideas potentes que permiten

gestionar las mismas, como resultado, se tiene conclusiones que son muy diferentes al de las entidades con fines de lucro.

De acuerdo a esto, la definición de “cliente” puede sonar mercantil, pero es solo una cuestión de semántica, pues en el contexto del proyecto, es aquel que ocupa el centro de atención de la organización a quien se debe servir con la mayor eficacia posible. El cliente no es el que paga la cuenta, es el que recibe los resultados de lo que genera la organización.²⁸

El presente proyecto, no tiene como objeto final la rentabilidad o incremento de las utilidades de determinado bien o servicio en una industria, si no, el ejercicio de actividades, medidas, y acciones que afectarán de manera positiva al cliente (sociedad) durante la respuesta en la emergencia de catástrofes.

Por tanto, para el planteamiento de la estrategia, se considera la revisión del “modelo delta” modificado que Hax propone para entidades no lucrativas, en él, se aprecia la eficiencia administrativa que implica la innegable necesidad de que la organización debe tener cuidado con la manera en que sus activos son empleados y administrados, ésta es una cuestión relevante de gestión, ya que conlleva a centrarse en el logro de un alto nivel de eficiencia en todos los aspectos de las tareas administrativas, la gestión de los negocios, y los activos físicos y financieros.



²⁸ Hax Arnoldo C. “The delta model, reinventing your business strategy”. 2010: 183.

Figura 17. Modelo delta modificado de Hax para organizaciones sin fines de lucro

4.3. Balanced Score Card

4.3.1. Perspectivas del Balanced Score Card

Como se planteó en el punto 4, el establecimiento del cuadro de mando integral, permite plasmar la estrategia a lo largo de una organización, es un método, para medir las actividades de una organización en términos de su visión y estrategia, proporciona una mirada global del negocio. En este, se establecen 4 dimensiones o perspectivas: financiera, cliente, procesos y aprendizaje.

Kaplan y Norton (Kaplan & Norton, 1996) establecen que la perspectiva más relevante es la financiera ya que todas las acciones se pueden traducir en un beneficio económico; sin embargo, es oportuno señalar, que el CMI es un método que nace en el ámbito privado donde la competitividad es una de las principales características.

El CMI, se ha manifestado como herramienta de gestión de gran aprovechamiento para entidades no lucrativas y en particular en el ámbito de la actividad pública. Por supuesto que las perspectivas a considerar tienen una vertiente en parte diferente a la recogida en su aplicación al sector privado; sin embargo en su conjunto y con la adaptación imprescindible de las mismas a las características propias de las entidades que no persiguen un ánimo de lucro y caracterizadas por estar al servicio de la sociedad, la técnica del CMI puede ser de gran utilidad a la hora de establecer a partir de la misión, los objetivos concretos, diseñar el sistema de indicadores de ejecución y control, así como analizar los resultados alcanzados dentro de una lógica de fines o metas y medios o recursos necesarios. Dado que el CMI incorpora indicadores financieros y no financieros, su adaptación a entidades donde priman los segundos sobre los primeros adquiere especial relevancia. Por ello se considera que su implementación a nivel de un gobierno y sus entidades públicas puede facilitar considerablemente la planificación y el control de las tareas que les son propias.²⁹

4.3.2. Misión y Visión

²⁹ Joao Batista Barros da Silva Filho, Ricardo Rodríguez González. Una nueva visión del Cuadro de Mando Integral para el sector público.

Con base en lo señalado en el punto anterior, se presenta la misión y visión de la ONEMI:

Misión:

“Planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocado por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil para la protección de las personas, los bienes y el ambiente.”

Visión:

“Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía, incorporando un mejor control y/o manejo de riesgos en las planificaciones para el desarrollo sostenible, a nivel nacional, regional, provincial y comunal, fundamentalmente en este último, por constituir el contexto inmediato de la comunidad y por ello, el más adecuado para el perfeccionamiento de las medidas de seguridad y protección de las personas, de sus bienes y ambiente.”

Finalmente, se presenta en la figura 18, una referencia ideal del cuadro de mando integral de la ONEMI, el mismo, esta adecuado a una organización pública, donde la perspectiva del cliente se emplaza en primera instancia.

Crear Valor para la sociedad - Misión estratégica			
CLIENTE	Competitividad	Optimización/operación	Crecimiento
	Ofrecer respuesta y servicios oportunos	Garantizar disponibilidad y continuidad de servicios	Desarrollo de metodologías y estándares
FINANCIERA	Optimizar costos y gastos	Maximizar bienestar de los ciudadanos	Mantener el equilibrio presupuestario
PROCESOS	Optimizar procesos con usuarios	Desarrollar iniciativas para mantener los sistemas	Ejecutar proyectos de ampliación de cobertura
	Optimizar procesos con instituciones	Profundizar segmentación de servicios	Renovar constantemente la estrategia tecnológica
	Optimizar procesos de operadores	Democratizar la información	Garantizar sostenibilidad de los sistemas de gestión
	Optimizar uso de bienes	Garantizar planes de contingencia	Asegurar que las capacidades satisfagan las necesidades
	Recuperación rápida y sostenible en áreas afectadas		
	Reducción de pérdidas		
APRENDIZAJE	Contar con recursos humanos comprometidos con capacidades y competencias alineadas a la estrategia	Aplicar un modelo de gestión orientado a resultados medibles	asegurar que los recursos tecnológicos estén alineados a la estrategia

Figura 18. Cuadro de mando integral de la organización

5. MODELO DE NEGOCIO

A continuación, se formaliza el modelo de negocio mediante la identificación sistemática de todas sus partes. El mismo, contempla una propuesta de valor concreta (*Customer Value Proposition –CVP*), que define el cliente objetivo, la fórmula de beneficio, los recursos clave y procesos clave.³⁰

5.1. Propuesta de valor

5.1.1. Cliente objetivo

³⁰ W. Johnson, Clayton M. Christensen, H. Kagermann. HBR "Reinventing your business model". Diciembre 2008

La sociedad. Son todos los individuos humanos, la vida humana es el bien más afectado frente a una catástrofe, de hecho, es el bien máspreciado que existe y es el fundamento de todos los demás bienes que un ser humano puede poseer.

Identificado el cliente, es importante profundizar definiendo cual es el trabajo a realizar y la oferta.

Trabajo a realizar. Realizar una gestión adecuada de la respuesta durante la emergencia.

Oferta. Medidas y acciones concretas de respuesta durante la emergencia de catástrofe.

5.1.2. Formula de beneficio

Se espera un beneficio que implique a través de la formalización del modelo de negocio durante la respuesta de emergencia, el resguardo de vidas humanas, al menor costo posible.

5.1.3. Recursos clave

Se detalla a continuación los recursos necesarios para desplegar la propuesta de valor al cliente:

Personas. Todo el capital humano que tiene la responsabilidad de gestionar eficientemente las acciones y medidas concretas durante la respuesta de catástrofe,

Tecnología. La tecnología aplicada se basará en arquitecturas estandarizadas en la industria que soporten todos los procesos del modelo de negocio.

Equipos. Se disponen de los equipos de monitoreo de banda ancha del servicio sismológico de la Universidad de Chile, para establecer las características del tipo de catástrofe, también se podría alcanzar interconexión de estos con redes privadas de operadores prestadores de servicios.

Información. Las entidades involucradas, ONEMI, SHOA, SSN, SUBTEL, etc. cuentan con toda la información requerida para alcanzar el modelo de negocio.

Canales. Alcanzar la efectiva coordinación, comunicación y flujo de información de las entidades comprometidas a través de procedimientos establecidos

Asociaciones Alianzas. Todas las entidades concernientes participan para entregar con eficiencia la propuesta de valor al cliente objetivo.

Marca. Se debe formalizar el modelo de negocio como una marca fuerte, referente y líder de la región en gestión de respuesta de catástrofes

5.1.4. Procesos clave

Se detalla a continuación los procesos clave necesarios para desplegar la propuesta de valor al cliente: generación de una alerta oportuna, gestión de la respuesta, toma de decisiones y entrega.

Todo lo desarrollado concerniente al modelo de negocio, se puede establecer en la figura 19, a continuación.

MODELO DE NEGOCIO	CLIENTE OBJETIVO	La sociedad
	PROPUESTA DE VALOR PARA EL CLIENTE	Medidas y acciones concretas de respuesta durante la emergencia de catástrofe
	IMPACTO ECONÓMICO	Salvar la vida de las personas al menor costo posible

Figura 19. Presentación del modelo de negocio

5.1.5. Incorporación de modelos de análisis sísmico al modelo de negocio

Este proyecto representa una importante innovación en la perspectiva del modelo de negocios propuesta, dado que incorpora técnicas de análisis sísmico a través de las cuales es posible generar un mayor impacto del modelo propiamente tal.

Se puede presumir que esta investigación es única en su género dado que no se tiene antecedentes de que la ciencia geofísica y la ingeniería de negocios hayan convergido en una investigación de esta naturaleza por tratarse de disciplinas con focos de estudio disímiles.

El potencial de la incorporación de los modelos sísmicos, es tal que el modelo puede equipararse con modelos de gestión de respuesta en emergencia de clase mundial.

Incorporando estos modelos, se puede mitigar el riesgo de pérdidas humanas como consecuencia de un desastre de naturaleza sísmica.

6. ARQUITECTURA DE PROCESOS

Las mejores prácticas adoptadas por diferentes organizaciones han dado curso a tipificar las actividades de gestión de éstas y de métodos recomendados para lograrlas. Con esto se concluye que los procesos típicos de cualquier organización son un número pequeño y las prácticas para ejecutar tales procesos no difieren en gran medida en las organizaciones que los han rediseñado.

En la figura 20, se muestra la arquitectura formalizada para la ONEMI, basada en los PPN, en la misma, se aprecian los cuatro macro procesos:

Planificación del negocio. Macro proceso donde se hallan todos los procesos de los cuales surgen los planes de gestión de catástrofes en función a la información y antecedentes del entorno recogidos.

Desarrollo de nuevas capacidades. Conjunto de procesos que el modelo requiere para brindar una mejor atención a la sociedad desde el punto de vista de la gestión pública.

Cadena de valor. Se ha identificado en la arquitectura general tres cadenas de valor:

1. **Planificación y prevención**
2. **Respuesta**
3. **Reconstrucción**

Recursos habilitadores. Básicamente todos los procesos de apoyo de la gestión de catástrofes que apoyen las 3 cadenas de valor identificadas.

El modelo abarca el desarrollo y modelamiento de cada uno de los niveles jerárquicos de la arquitectura hasta llegar un modelado de BPMN dentro de la cadena de valor número 2: **Respuesta.**

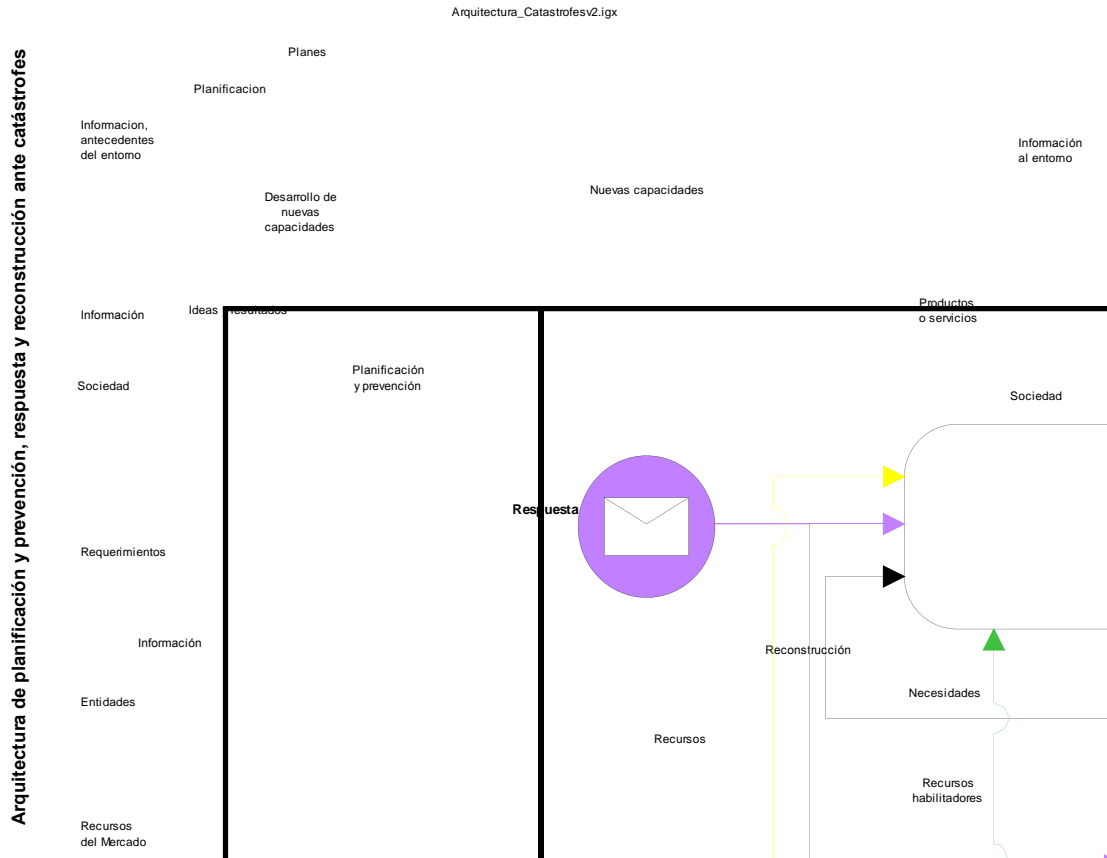


Figura 20. Arquitectura de macro procesos

Descripción de entradas:



Información, antecedentes del entorno. Todas las fuentes locales que generen información histórica, actual o pronosticada concerniente se constituyen elemento fundamental para la planificación, también se consideran mejores prácticas establecidas en otros países con experiencia en la gestión de catástrofes.



Sociedad. Se ha definido como cliente del modelo a la sociedad en general, la misma, fue clasificada de acuerdo al modelo de negocio, ella genera los requerimientos para la arquitectura y constituye una variable de información de entrada para cada una de las cadenas de valor.



Entidades. Proporcionan toda la información requerida por el modelo, pueden ser entidades de gobierno o entidades privadas involucradas en la gestión de catástrofes, ej. Operadores de telecomunicación.



Recursos del mercado. Son todos aquellos que se captan para realizar cada labor asociada al modelo de negocio, por ejemplo: ayuda humanitaria, equipamiento computacional, hardware y software, infraestructura, recursos humanos etc.

Descripción de salidas:



Información al entorno. Toda la información generada por cada uno de los 4 macro procesos del modelo, que brinde conclusiones, recomendaciones, planes, documentos, lineamientos concretos a todos los niveles involucrados en la gestión de catástrofes.



Sociedad. Finalmente, la entrega de todos los productos y/o servicios, dirigidos a la sociedad a través de los mecanismos adecuados de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de catástrofe.

6.1. Arquitectura de respuesta

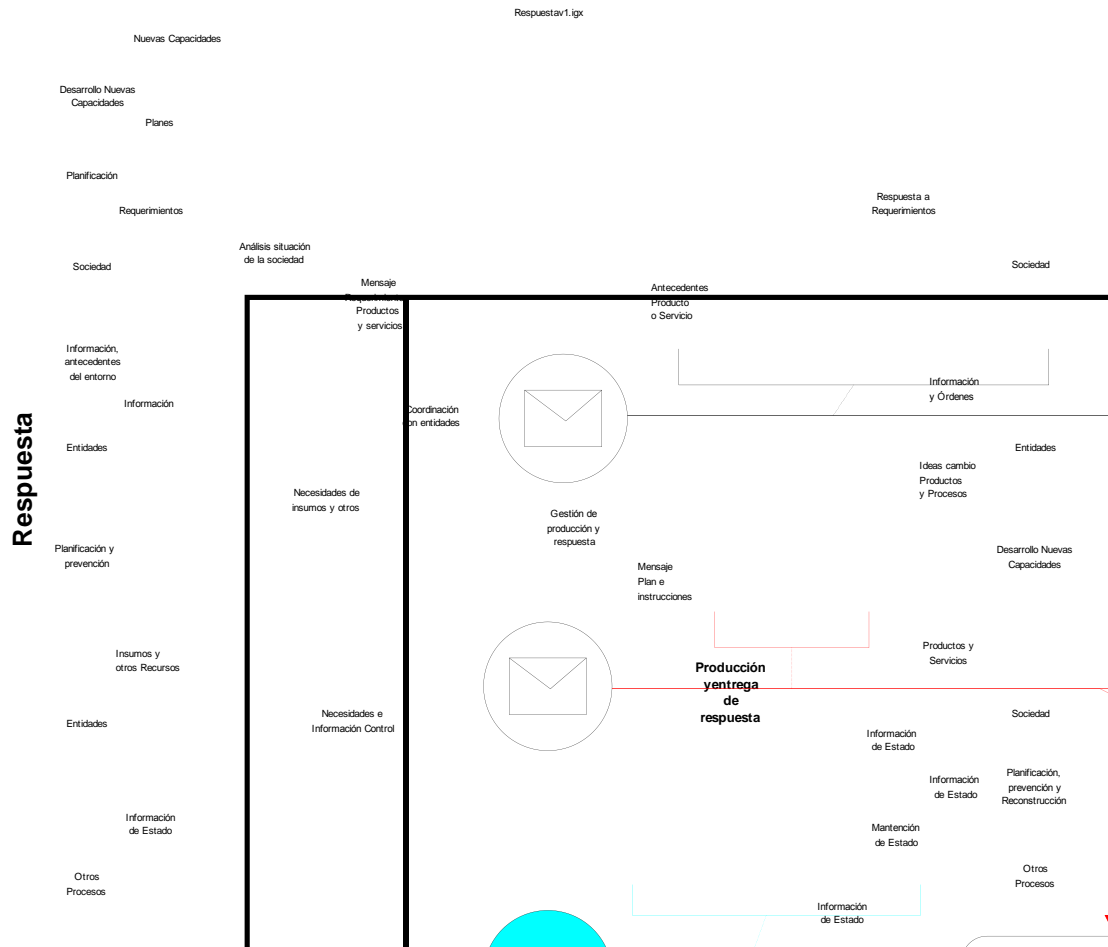


Figura 21. Arquitectura de respuesta

Descripción:

La arquitectura se ha modelado en función a los patrones de procesos de la cadena de valor, a continuación, se asocia cada proceso en función del modelo de negocio del siguiente modo:

Administración de relación con clientes – análisis situación de la sociedad. Al ser una arquitectura en la que los clientes son las personas de la sociedad, se establecen las relaciones y procedimientos acordes a la función pública.

En este nivel de la arquitectura, no existen procesos modelados a partir del proceso de análisis de situación de la sociedad, la justificación es que la actual arquitectura no persigue una integración con la sociedad, la ONEMI gestiona una respuesta basada en la coordinación con entidades y la gestión de las actividades de respuesta como consecuencia de esta coordinación. Y por lo

tanto no existe una relación formal en el manejo de la relación directa con la sociedad. Por tanto el rediseño que se desarrolla en el punto 8 –alineado al planteamiento estratégico del proyecto-, se centra en el proceso de de análisis de situación de la sociedad.

Administración de relación con proveedores – coordinación con entidades. Como no existe la figura de proveedores, en esta circunstancia se constituyen proveedores todas las entidades involucradas en la gestión de la catástrofe.

Gestión de producción – gestión de respuesta. Este proceso de la arquitectura se refiere esencialmente a todos los procesos que permiten la toma de decisiones para establecer la respuesta.

Producción y entrega del bien o servicio – producción y entrega de respuesta. Consecuencia de todos los procesos y entrega de las acciones y medidas concretas.

Mantenimiento de estado. Información de estado transversal de todos los procesos.

Dado que en la arquitectura actual de la ONEMI se gestiona la emergencia con énfasis en la entrega de la respuesta propiamente tal, en el punto siguiente, se modela la arquitectura del proceso de producción y entrega, entendiendo que es en este proceso donde están concentrados todos los procesos y subprocesos asociados a la respuesta. En el punto 8 se planteará un rediseño que brinde un enfoque de integración con el cliente durante la respuesta.

6.2. Procesos de producción y entrega de respuesta

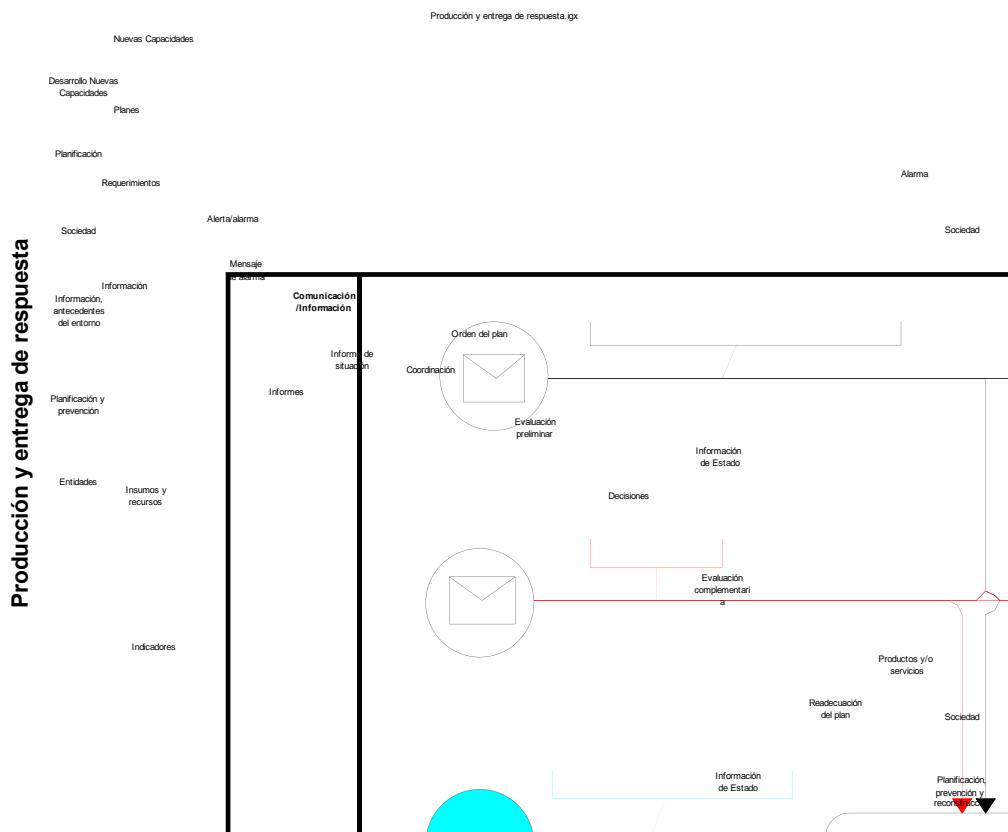


Figura 22. Arquitectura producción y entrega de respuesta

Descripción:

Los procesos modelados en este nivel de la arquitectura, se sustentan en el plan de respuesta de la ONEMI que se basa en la metodología ACCEDER, destinada a orientar la generación de planes específicos de respuesta durante el ciclo del manejo del riesgo de catástrofes, y se describen a continuación

Alerta: Alerta es un estado de vigilancia y atención que el Sistema Nacional de Protección Civil mantiene sobre los diversos factores de amenaza y vulnerabilidad, a través de monitoreos permanentes al territorio, a nivel nacional, regional, provincial y comunal, a través de las respectivas Direcciones de Protección Civil o Emergencia.

Comunicación/Información: Siempre en el marco de la Metodología ACCEDER, la primera **C** implica la necesidad de establecer en el Plan de Respuesta una adecuada Cadena de Comunicación y mecanismos de Información viables y efectivos, entre los actores fundamentales frente al

Riesgo de Tsunami: Carabineros, Bomberos, Unidades de Salud, Gobernación Marítima, Encargado de Albergues (Ver Guía para la Administración de Albergues Municipales editada por ONEMI), con un Directorio completo y priorizado, debidamente actualizado. En el Plan deberán establecerse las instancias y momentos de auto convocatoria.

Coordinación: En esta fase, el plan de respuesta debe diseñarse considerando las específicas competencias y mandatos de los integrantes del Comité Comunal de Protección Civil o Emergencia que deben y/o pueden ejercer funciones durante una emergencia por Tsunami, los que deberán quedar indicados expresamente, para evitar duplicidades o conflictos por superposición de roles.

Evaluación preliminar: En situaciones de emergencia, la captura de información rápida, oportuna, concisa y confiable, permite a los niveles de decisión y operaciones, evaluar la situación y decidir cursos de acción a seguir.

Decisiones: Las decisiones a adoptar durante una emergencia por tsunami, deberán estar siempre basadas en los informes que presenten las autoridades marítimas, como igualmente, tener en cuenta la diferencia entre un origen local de uno externo, puesto que si es de carácter local, no sólo el tsunami podría presentar un proceso más prolongado en el tiempo, sino que podrían registrarse réplicas del mismo sismo original.

Evaluación complementaria: Deberán ir efectuándose sucesivas evaluaciones de la situación, para lo cual deberá utilizarse el formulario DELTA del Plan Dedo\$ y el formulario EFU para ir analizando la situación de las familias y sus necesidades específicas.

6.3. Procesos de comunicación/información

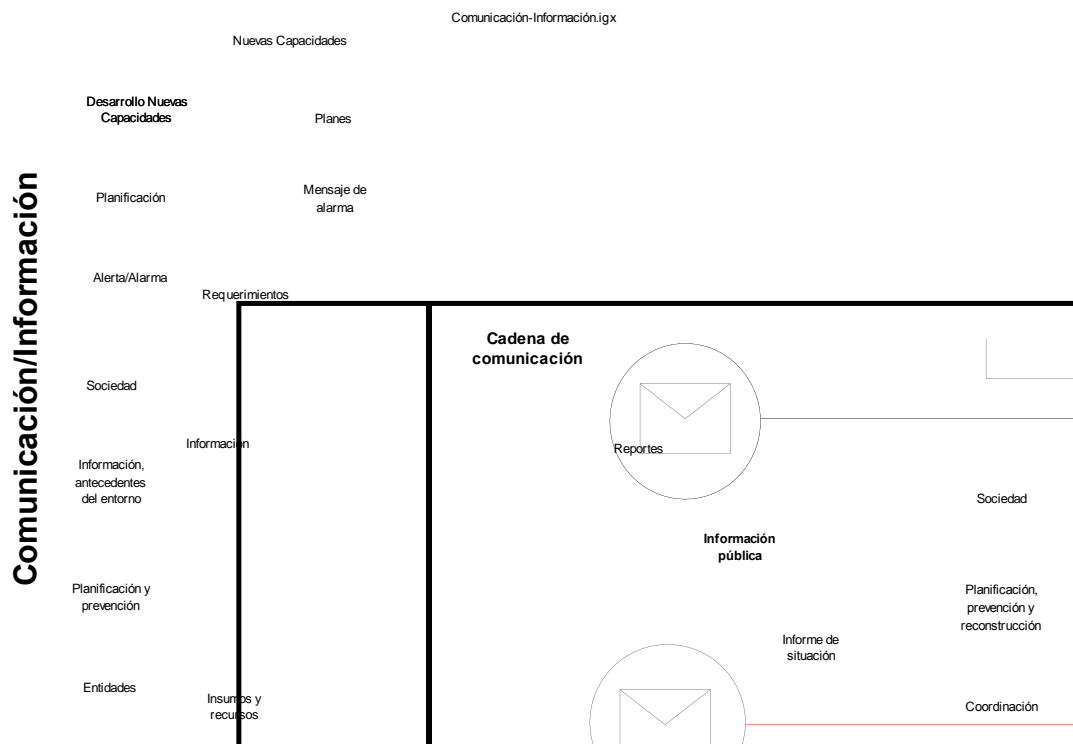


Figura 23. Arquitectura comunicación/información

Descripción:

Finalmente se identifican dos procesos:

- Cadena de comunicación
- Información pública

Estos son modelados, con las respectivas relaciones en este nivel de la arquitectura, y del mismo modo, se sustentan en el plan de respuesta de la ONEMI basada en la metodología ACCEDER.

El modelado BPMN, se sitúa en el proceso de cadena de comunicación que se amplía y detalla en el siguiente punto.

6.4. BPMN cadena de comunicación

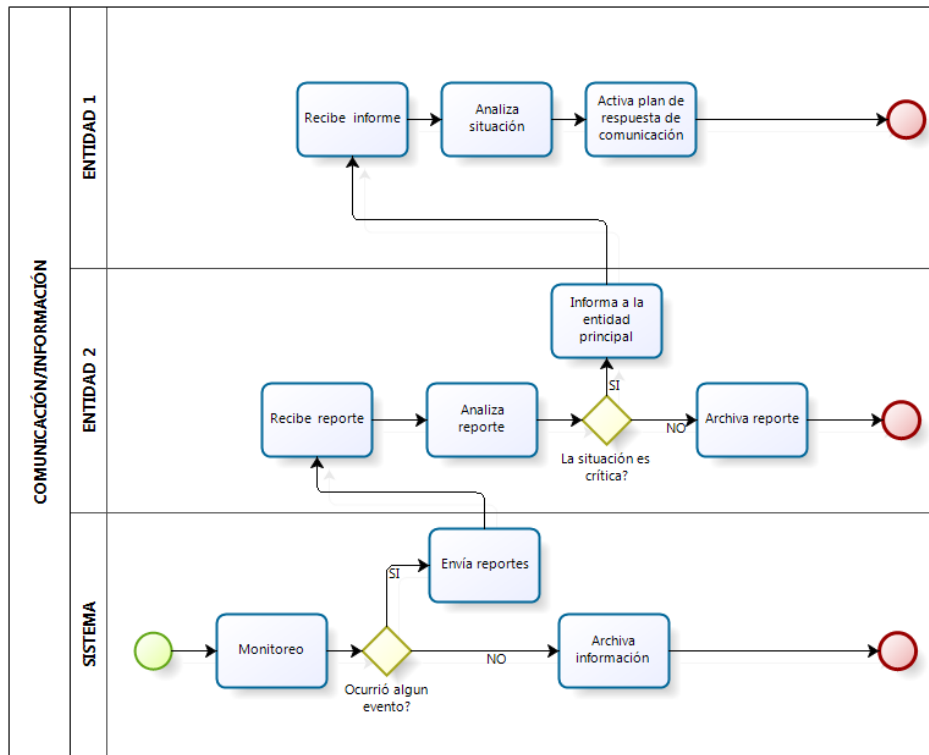


Figura 23. BPMN cadena de comunicación

Descripción:

Sistema. Efectúa un monitoreo constante de la actividad de catástrofes, evalúa permanentemente los eventos y en función a la aparición de alguno procede de inmediato a enviar reportes a la entidad encargada de analizar y procesar el reporte. Cuenta con un repositorio que le permite archivar toda la información obtenida

Entidad 2. Recibe los reportes, los analiza y evalúa la criticidad de los mismos, y en caso de una situación crítica, envía de inmediato un informe a la entidad encargada de activar las acciones correspondientes, en caso contrario procede al archivo de los reportes.

Entidad 1. Se identifica a ésta como la principal tomadora de decisiones, recibe los informes, efectúa un análisis de la situación y procede a activar el plan de comunicación para la respuesta, es el primer eslabón en toda la cadena de procesos correspondiente a esta cadena de valor.

7. REDISEÑO DE PROCESOS

Algunos aspectos importantes que considera el rediseño se detallan a continuación:

- Incorporar a la arquitectura de procesos, lógicas de negocio complejas basadas en modelos matemáticos y científicos propios de la ciencia geofísica.
- Diseñar los procesos de estimación del fenómeno sismo tsunami y generación de la alerta temprana.
- Generar un mapa de evacuación georeferenciado y caracterizado del área de estudio.
- Integrar al modelo, sistemas de uso comercial como ArcGis y Google Earth, para la generación de mapas on line.
- Evaluar económicamente el proyecto desde una perspectiva social.
- Desarrollar la generalización de la experiencia a través de un framework que permita extender el problema de respuesta durante una emergencia, a todo tipo de organizaciones dentro de tal dominio.

7.1. Objetivos del rediseño

En el punto 2 se describió la situación de la institucionalidad de las organizaciones frente a las catástrofes, y de acuerdo al diseño de procesos de la ONEMI del punto anterior, se observa que existen grandes oportunidades de formalizar procesos que permitan a ésta mejorar la gestión de la respuesta frente a catástrofes.

El presente proyecto tiene la particularidad de que su implementación o la ejecución de un piloto o prototipo no pueden materializarse, dado que no se puede generar el fenómeno catástrofe. Por tanto, el proyecto se concentra en la validación retrospectiva del evento catastrófico del 27 de febrero de 2010 en un área de estudio determinada: Talcahuano.

Con este marco, los puntos específicos que abarcará el rediseño son: Generación de la alerta temprana, estimación del fenómeno sismo/tsunami, generación del mapa de inundación de la zona de estudio y caracterización de la zona afectada.

7.1.1. Generación de la alerta temprana

Ocurrido un evento catastrófico, éste debe ser de conocimiento de la organización responsable de atender ese tipo de situaciones, ONEMI. Mientras no se reciba la alerta correspondiente, no existe ninguna posibilidad de brindar una respuesta oportuna. La alerta es un proceso fundamental dentro de toda la cadena de valor de respuesta, dado que éste proceso gatilla todos los procesos posteriores. La misma debe ser inmediata, accesible, coherente y oficial.

7.1.2. Estimación del fenómeno sismo tsunami

Una vez que se ha concebido la alerta, es factible conocer los parámetros que definen la fuente sísmica, las dimensiones del terremoto y su mecanismo focal. Estos parámetros, a través del programa desarrollado en el punto 3.2.2.7, permiten hacer simulaciones numéricas de tsunamis, desde su generación en la fuente hasta su llegada a costas chilenas. Finalmente con toda esta información, es posible estimar un escenario de potencial daño que puede causar un gran terremoto o terremoto lento, con un tiempo de respuesta mucho más rápido

7.1.3. Generación del mapa de inundación de la zona de estudio

Con toda la información generada en el punto anterior, y con el empleo de un sistema de información geográfica, se puede ejecutar una proyección de los datos en un mapa digital de la zona de estudio. Como se pudo revisar a lo largo del punto 3.3. El resultado, la generación del mapa de inundación.

7.1.4. Caracterización de la zona afectada

En este punto se da lugar la validación retrospectiva, dado que con el mapa de inundación de la zona de estudio, generado a partir de las simulaciones con parámetros del evento del 27 de febrero de 2010, se ejecuta un proceso de georeferenciación que permite identificar edificaciones en sectores donde no se da un nivel de inundación. Estos sectores se convierten en zonas seguras, y de inmediata evacuación para todas las personas afectadas dentro del área de estudio. Convirtiéndose ésta, en una medida concreta para salvar vidas cuando hay amenaza de tsunami, en concordancia con las metas establecidas en el modelo de negocio.

El marco teórico y la lógica detrás de esta caracterización, ha sido ampliamente desarrollada en el punto 3.3.

8. REDISEÑO DE PROCESOS ONEMI

En el tercer nivel jerárquico de la arquitectura del punto 6.2, se diseñaron los procesos de la arquitectura relacionando la metodología ACCEDER de la ONEMI con los patrones de procesos de negocio propuestos por Barros PPN. Sin embargo, se puede apreciar que en este nivel no existen procesos desarrollados a partir del proceso de análisis de situación de la sociedad.

Existe una explicación sólida frente a este detalle, pues, no se detallaron tales procesos en virtud de que la actual arquitectura no persigue una integración con la sociedad (el cliente), la ONEMI gestiona una respuesta basada en la coordinación con entidades y la gestión de las actividades de respuesta como consecuencia de esta coordinación. Existe –al menos en la práctica así ha quedado en evidencia en el terremoto del 27 de febrero de 2010- una carencia en el manejo de la relación directa con la sociedad.

Por lo tanto, en el rediseño –en primera instancia- se propone una reubicación de cuatro procesos del tercer nivel de la arquitectura, estos procesos, se abrirán a partir del proceso de análisis de situación de la sociedad. Figura 24, y son los siguientes:

- Evaluación Preliminar
- Alerta
- Coordinación de respuesta
- Decisiones de respuesta

La razón potente de proponer éste rediseño su funda en el hecho de que la respuesta en caso de emergencia de catástrofe tiende a seguir una estrategia de integración con el cliente, por la naturaleza de los procesos asociados. Y porque así lo establece el marco normativo desarrollado por organismos e instituciones nacionales (El marco institucional vigente en Chile desarrollado en el punto 2.1, le otorga ésta más alta responsabilidad a la ONEMI) e internacionales en su esfuerzo por la reducción de desastres alrededor del mundo. Dado que es la sociedad quien recibe el beneficio directo de las acciones y medidas de respuesta durante la emergencia.

Finalmente, con toda esta explicación, los procesos en los que se centra el presente rediseño son específicamente dos:

- Alerta
- Coordinación de respuesta

Esto porque con ambos procesos, se abarca el diseño de los procesos desde la captura de la información de un evento sísmico, hasta la gestión y entrega de una medida concreta de respuesta traducida en un mapa de evacuación georeferenciado 'on line' que permite la validación retrospectiva del evento catastrófico del 27 de febrero de 2010 en Talcahuano, Tal como ha sido definido en los objetivos del presente proyecto.

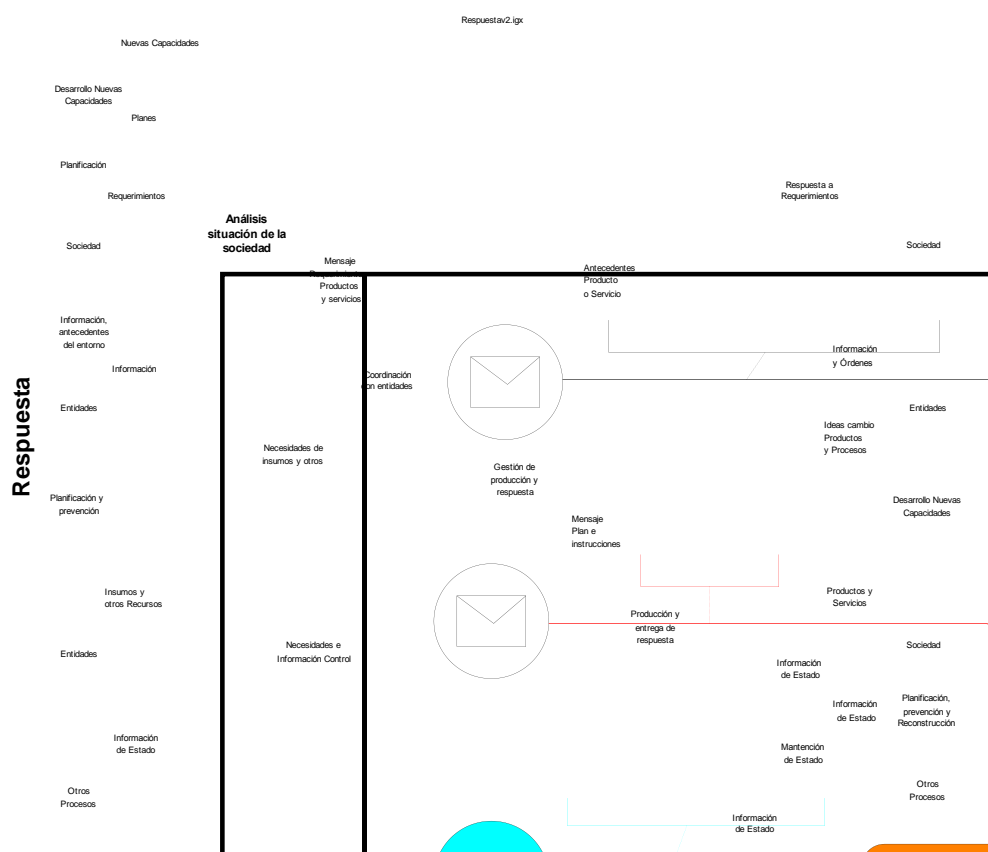


Figura 24. Arquitectura de respuesta

8.1. Diseño de análisis de situación de la sociedad

Con el argumento presentado en el punto anterior, en la figura 25 se identifican los 4 sub procesos y sus respectivas interrelaciones.

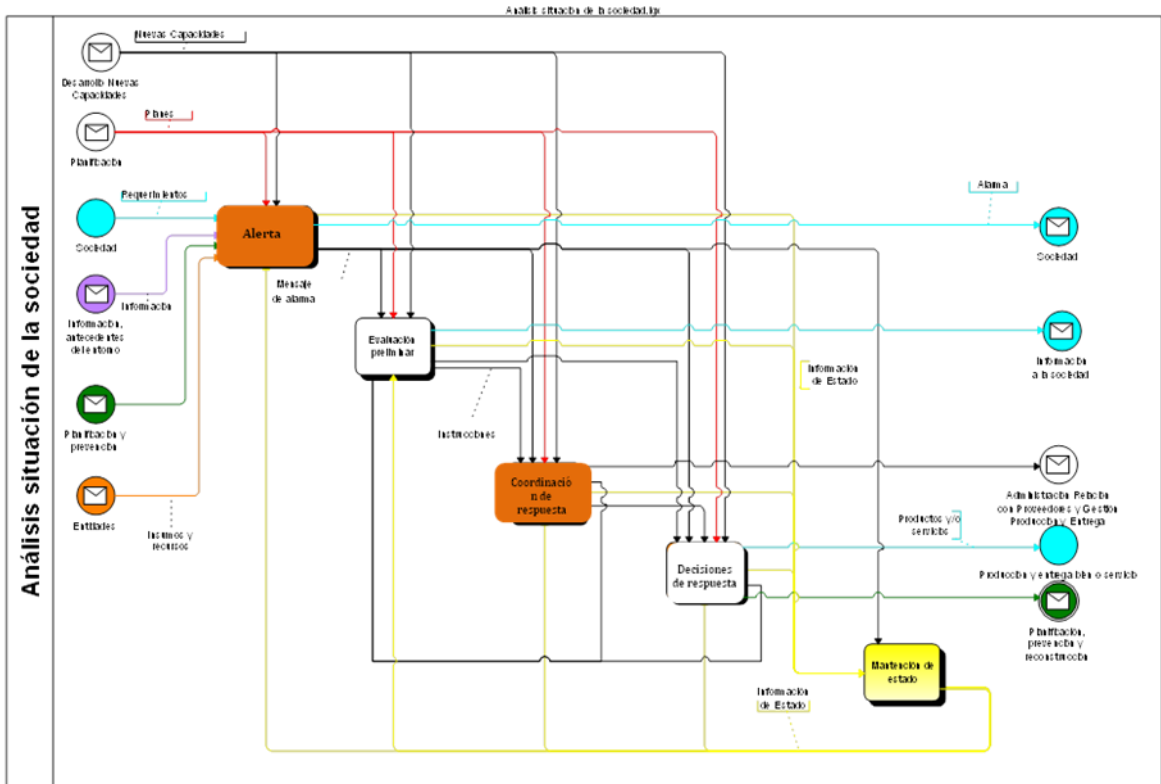


Figura 25. Arquitectura de análisis de situación de la sociedad

A continuación se detallan los 2 sub procesos del proceso de análisis de situación de la sociedad donde se concentra el rediseño.

8.1.1. Alerta

Es un subproceso transversal para todos los procesos de la arquitectura, dado que el mismo es el disparador (gatillador) de todos los procesos que se deben ejecutar durante la respuesta de emergencia.

En este sub proceso se aprecian 3 actividades fundamentales y claramente establecidas:

El primer paso consiste en la recolección de la información del evento sísmico a través de la captura de datos del mismo. Importante mencionar que la captura de datos se origina en cada una de las estaciones sismológicas a lo largo del país.

Segundo paso. Con la información previa, se da lugar al análisis y procesamiento del mismo. Actualmente este proceso se ejecuta de manera

manual y se confía el procesamiento de la data a un equipo de analistas del SSN que basados en su entrenamiento y su experiencia, establecen los parámetros fundamentales del evento sísmico. La lógica que se propone en el rediseño del presente proyecto se basa en un modelo automático desarrollado en el punto 3.2.2 que procesa la información en menor tiempo.

Tercer paso. Con los parámetros establecidos se ejecutan las tareas que permiten el envío de la alerta, que gatilla todos los procesos consecuentes.

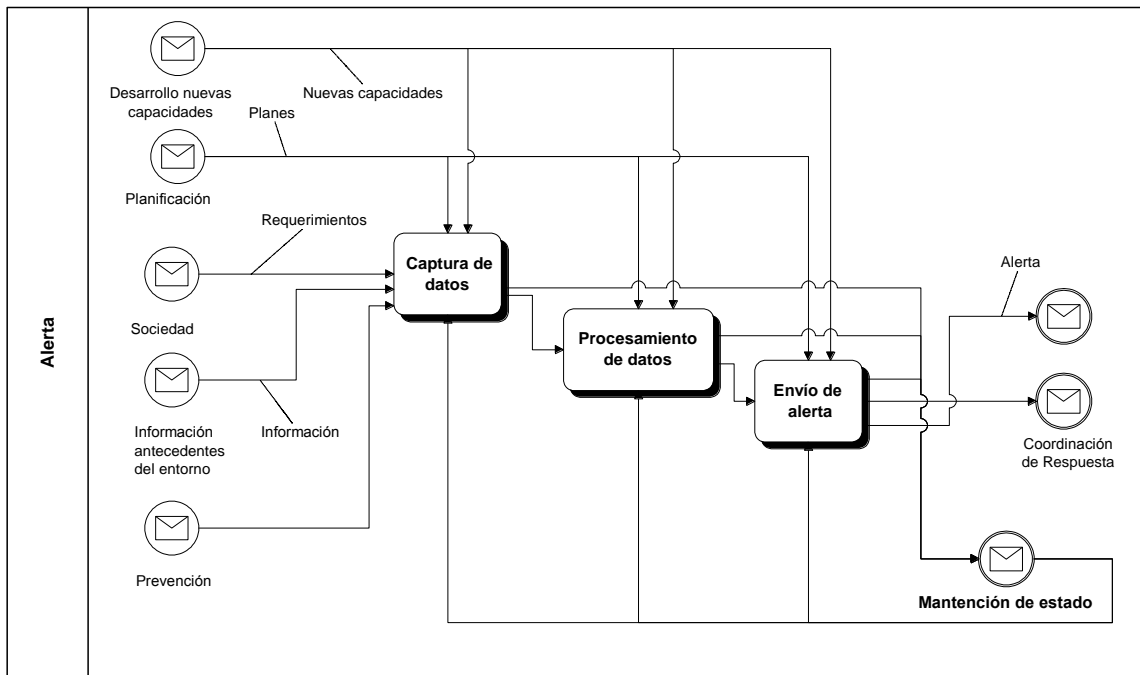


Figura 26. Alerta

8.1.2. Coordinación de respuesta

Este subproceso involucra las actividades que se deben gestionar durante la emergencia una vez que ha sido generada la alerta. Estas actividades guardan relación directa con la gestión y entrega de una medida de respuesta traducida en el mapa de evacuación georeferenciado. Esta medida, que en este subproceso es una salida, se convierte en una entrada fundamental para el apoyo de la toma de decisiones en el subproceso de decisiones de respuesta.

En este sub proceso se aprecian 3 actividades fundamentales y claramente establecidas:

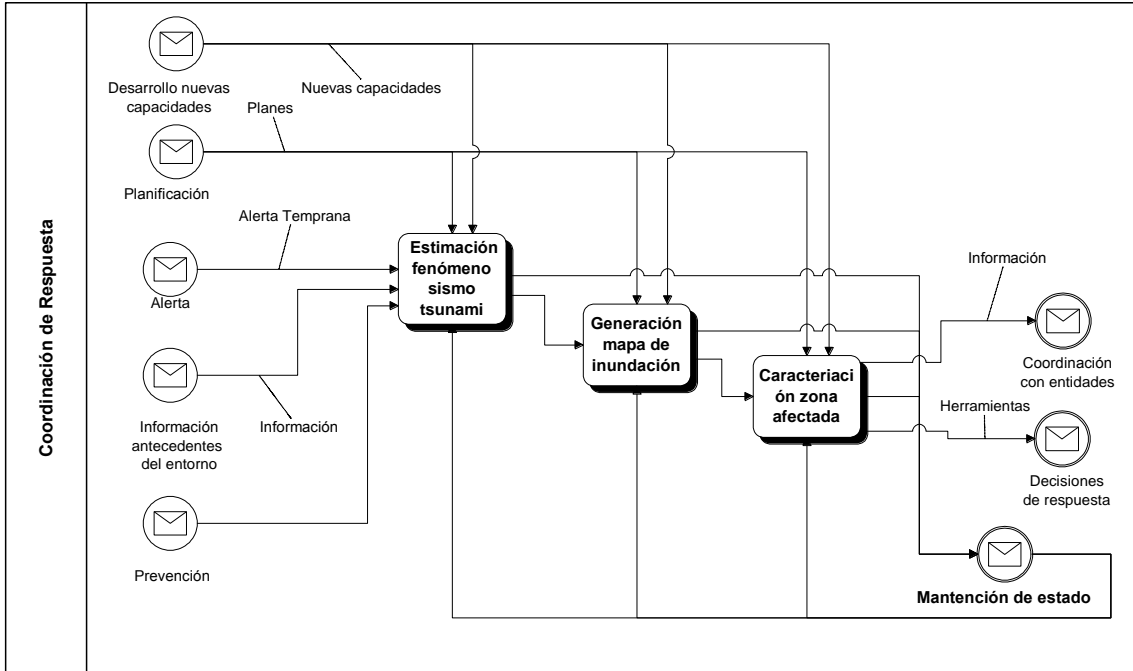


Figura 27. Coordinación de Respuesta

9. ÁRBOL DE PATRONES DE PROCESOS DE NEGOCIO

En la figura 28 se aprecia el árbol de patrones de procesos de negocio. El mismo brinda una mirada conceptual de las relaciones dentro de la arquitectura y la jerarquía de cada uno de sus niveles.

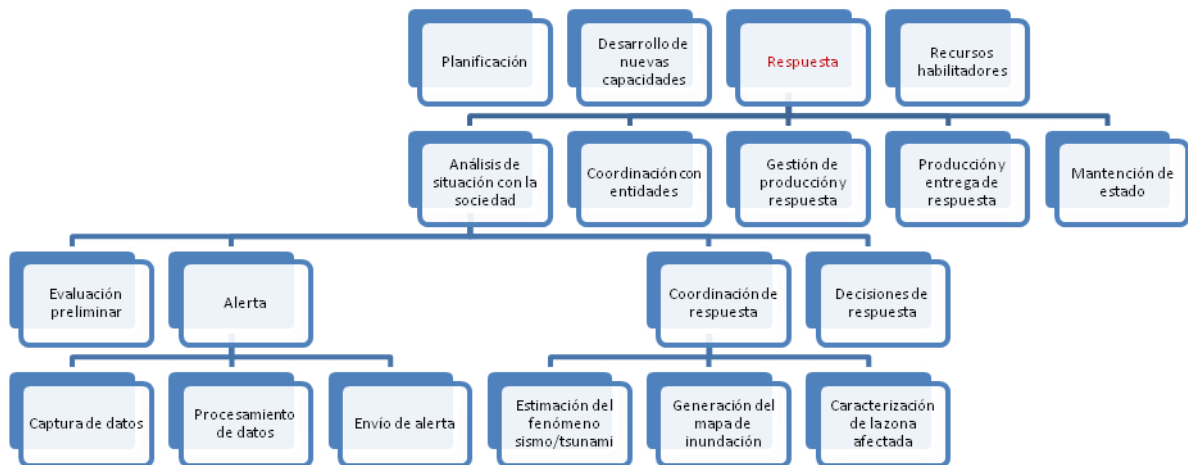


Figura 28. Árbol de patrones de procesos de negocio

10. DIAGRAMAS BPMN

A este nivel de la arquitectura, se aborda el diseño de los procesos en detalle que corresponde a la identificación de todas las actividades en el nivel operacional. El modelamiento de estas actividades se realiza bajo el estándar BPMN que fue ampliamente desarrollado en el marco teórico punto 3.1.

10.1. Alerta

Como se vio en el punto 8.1.1 el proceso de generación de la alerta es un proceso que gatilla todas las actividades subsecuentes y este proceso está compuesto por 3 diagramas de pista que se detallan a continuación:

10.1.1. Captura de datos

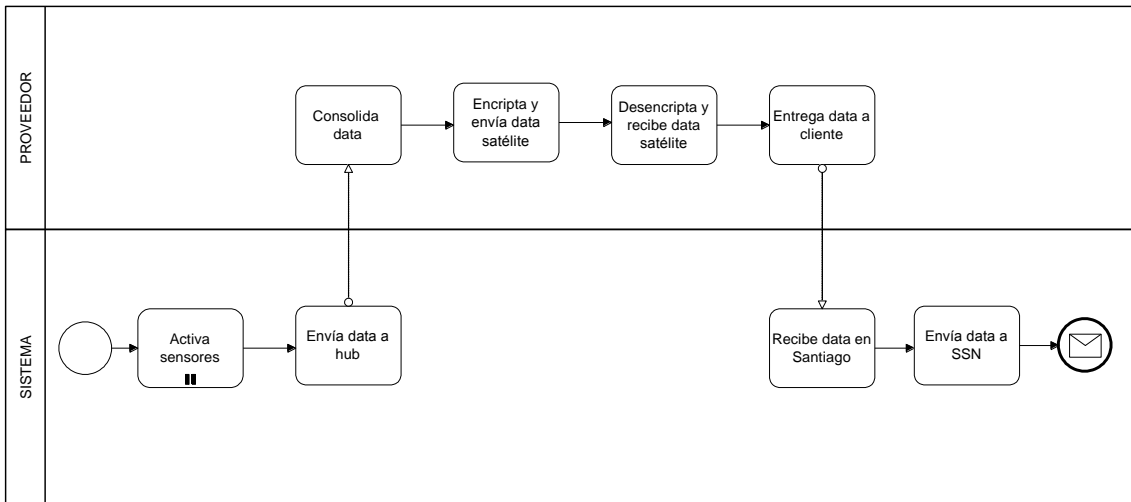


Figura 29. BPMN Captura de datos

La captura de datos consiste en la obtención por parte del sistema de la información que constituya los parámetros que serán procesados para establecer la pertinencia o no de la alerta.

En el diagrama de pistas se consideran 2 actores, el sistema quien se sirve de otros proveedores para obtener los datos, y los proveedores propiamente tal quienes se encargan de la gestión de esa información en terreno y su posterior envío al nivel central. Es importante señalar que para que sea posible la obtención de los datos, las estaciones sismológicas están en permanente levantamiento de información 24/7 a través de sus interfaces y equipos de medición desplegadas a lo largo de todo el territorio, y para que esa data pueda llegar al nivel central en Santiago se requieren de enlaces tanto de fibra óptica y de banda ancha satelitales que garanticen una transmisión eficiente y en tiempo real de la información.

10.1.2. Procesamiento de datos

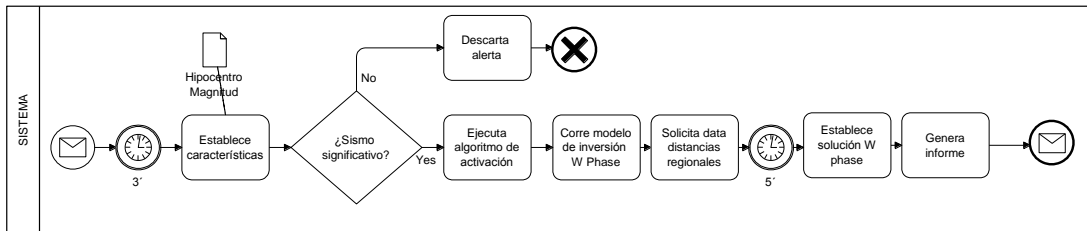


Figura 30. BPMN Procesamiento de datos

Una vez que la información es recibida en el nivel central, con las primeras características de hipocentro y magnitud, a través de una tarea condicional se establece si el evento sísmico es significativo y puede provocar un tsunami, de ser así, se ejecutan 3 actividades que para fines académicos prácticos del presente documento en adelante se denomina a los 3 en conjunto como **modelo de parametrización geodinámica**.

Con éste modelo desarrollado en extenso en el punto 3.2.2, se introduce la primera gran innovación en el modelo de negocio, dado que el procesamiento actual es efectuado por un equipo de analistas que basados en su experiencia y entrenamiento establecen una información preliminar de las características de un evento sísmico.

Con la ejecución del modelo se establecen en menor tiempo los parámetros que definen la fuente sísmica:

- Magnitud momento (Mw)
- Mecanismo focal
- Coordenadas del centroide
- Duración de la fuente

Recapitulando, la fuente sísmica es importante porque con los parámetros que la definen, se puede en primera instancia establecer la alerta temprana y posteriormente, generar la estimación del fenómeno sismo tsunami (ver punto 3.2.2.2).

Continuando con las actividades del diagrama de BPMN, Se aprecia que en caso de que el evento no sea significativo, simplemente se descarta cualquier intención de alerta.

Finalmente esta información es tomada por un analista y se detalla en el siguiente nivel.

10.1.3. Envío de alerta

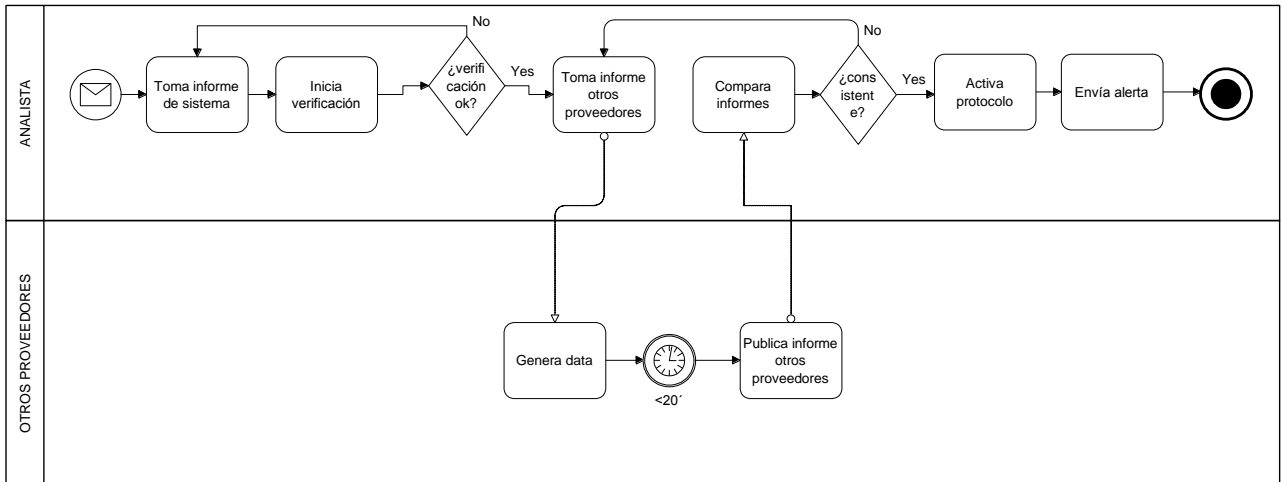


Figura 31. BPMN Envío de alerta

El envío de una alerta de tsunamis es un evento que involucra una decisión no trivial, dado que una alerta falsa provocaría una situación de incertidumbre que puede traducirse en un quiebre emocional en la sociedad y sus fatales consecuencias (como ocurrió en el terremoto del 27 de febrero de 2010). Por esta razón, el proceso de envío de alerta contempla una tarea de comparación entre la información generada localmente tomada por el analista y la información generada por organismos internacionales como el USGS, y el PWTC. Con la ratificación de esta información y el análisis de la situación, se activan los protocolos correspondientes y posterior envío de la alerta. Importante señalar que estas tareas las desempeña un analista con información generada por el sistema a través del modelo de **parametrización geodinámica**.

10.2. Coordinación de respuesta

Una vez que se ha establecido la alerta y posterior envío, corresponde desarrollar las actividades concernientes a la estimación del fenómeno y posterior gestión y entrega de la medida de respuesta traducida en el mapa de evacuación georeferenciado en el área de estudio.

10.2.1. Estimación del fenómeno sismo/tsunami

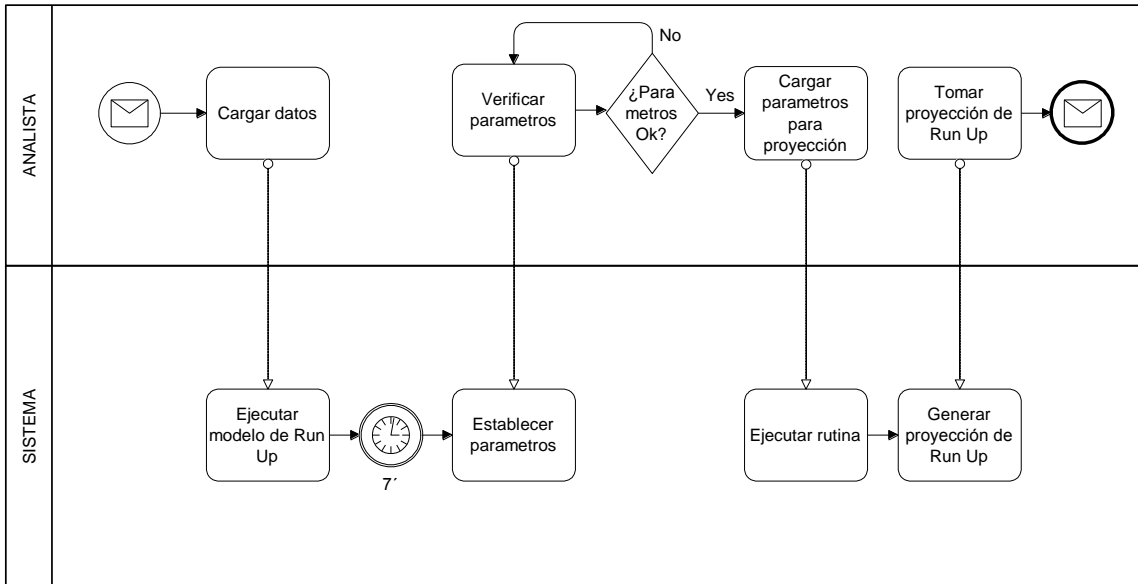


Figura 32. BPMN Estimación del fenómeno sismo/tsunami.

El proceso de estimación del fenómeno sismo/tsunami, se basa en el modelo de la integral de Run Up desarrollado en el punto 3.2.2.5. Este modelo entrega una forma de calcular la altura máxima que alcanza un tsunami en tierra.

En el diagrama de pistas, un analista es el encargado de cargar los datos al modelo, los datos que se cargan son los que genera y entrega el modelo de parametrización geodinámica. Una vez que el sistema ejecuta el modelo, éste establece los parámetros que son verificados por el analista para que en una nueva carga se genere la proyección de la altura de las olas en tierra. El producto de esta interacción es la obtención del primer mapa donde se observa sólo la silueta del área inundada (Figura 8), el mismo es referencial, y dado que no es posible identificar ninguna característica ni referencia real de la zona, es necesario un tratamiento que se describe en el siguiente proceso

10.2.2. Generación del mapa de inundación

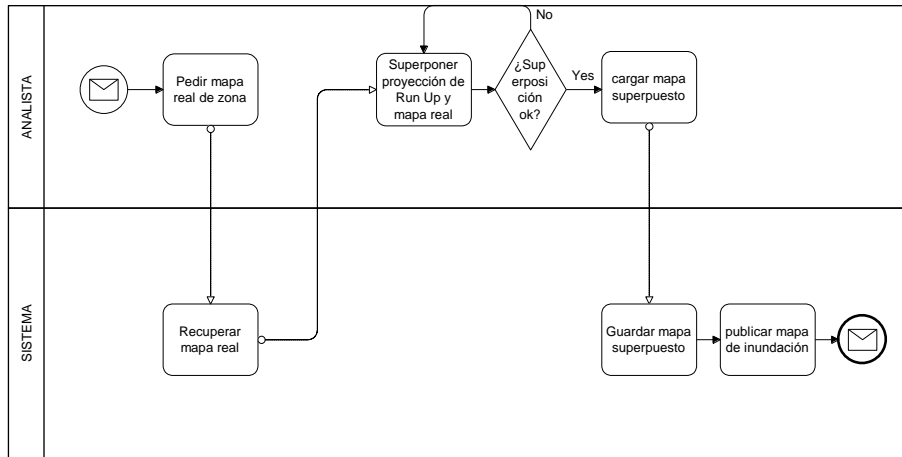


Figura 33. BPMN Generación del mapa de inundación

En esta etapa, el analista procede a efectuar el overlap entre el mapa generado en el proceso previo y un mapa real de la zona. El sistema es quien contiene la información de los mapas reales y por lo tanto es a quien se le solicita. Una vez que el analista tiene ambos mapas, el real y el proyectado, a través del proceso descrito en el punto 3.3.1, genera y guarda el mapa de inundación para que el sistema lo pueda publicar.

10.2.3. Caracterización de la zona afectada

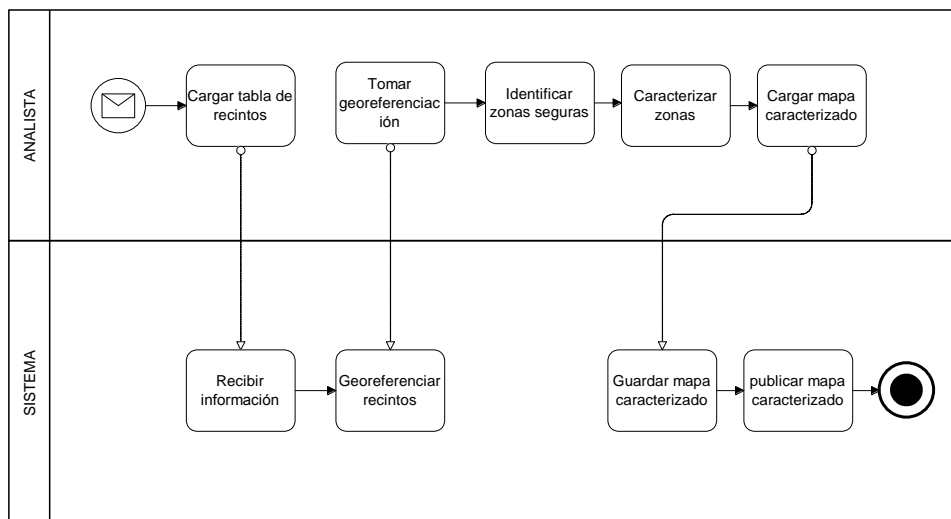


Figura 34. BPMN Caracterización de la zona afectada

Finalmente, se procede a la caracterización del mapa. Esta carga la efectúa el analista, y lo efectúa a partir de la información de los recintos consignada en una tabla de tipo Excel u otra.

La lógica detrás de la información que se maneja para esta actividad ha sido desarrollada en detalle en el punto 3.3.2.1.

El sistema brinda la ventaja de que puede cargar la tabla y generar automáticamente el mapa georeferenciado con esos datos.

Como última labor del analista en el diagrama de pista, identifica en el mapa los recintos que no han sido afectados por la inundación y los marca para que queden caracterizados de esa forma. Finalmente el sistema guarda y publica el mapa de evacuación georeferenciado y caracterizado.

10.3. Detalle del rediseño

Existen 3 lógicas principales cuya ejecución es automatizada dentro de todo el modelo, estas serán descritas en detalle dado que son actividades no triviales basadas en modelos de la ciencia geofísica. Entender estas lógicas puede resultar abstracto por la naturaleza de las mismas, pero se conceptualizarán de manera que puedan permitir el mayor detalle de entendimiento.

Estas actividades son: “generación de la alerta temprana”, “estimación del fenómeno sismo/tsunami”, “caracterización de la zona afectada”

10.3.1. Generación de la alerta temprana

La alerta es un proceso fundamental dentro de toda la cadena de valor de respuesta, dado que éste proceso gatilla todos los procesos posteriores. La misma debe ser inmediata, accesible, coherente y oficial.

La automatización del proceso de generación de la alerta temprana viene condicionada por el establecimiento de los parámetros sísmicos que son requeridos para la ejecución del modelo de inversión de fase W: hipocentro y magnitud.

Una vez que se ejecutan las actividades concernientes a la captura de datos originada en las estaciones sismológicas, el parámetro principalmente importante para ejecutar el modelo de inversión de fase W es la magnitud M_w . Se pueden obtener buenas soluciones de fase W hasta magnitudes $M_w \geq 5,8$;

y a medida que se incrementa el número de estaciones sísmicas, en el futuro se podrán obtener soluciones con $M_w \geq 5,5$. En este punto es importante destacar que con magnitudes inferiores a las señaladas y de acuerdo a la tipificación de tsunamis explicada en el punto 3.2.2.3, se considera el evento como “no significativo”, se descarta la alerta y se finaliza el proceso.

Para correr el modelo de inversión de fase W, se cuenta con total de 29 estaciones banda ancha en el país, adicional, se consideran las estaciones sudamericanas que también pueden hacer un aporte para determinar el mecanismo focal del evento. Al considerar estas estaciones en un radio menor o igual a 50 grados, el servicio sismológico está recopilando datos en tiempo real de 55 estaciones, de las cuales, la mayor concentración se encuentra en la zona norte de Chile. En el anexo C se tiene el detalle de todas las estaciones sismológicas del país.

Las estaciones banda ancha son claves para el método de la fase W, por lo que es necesario que estén bien distribuidas. Se ha llegado a probar hasta 8 estaciones y el método funciona, un número de estaciones menor a este no es confiable. Al decir 8 estaciones, significa 8 estaciones para realizar la inversión, en un tiempo aproximado de 5 minutos que establezca la solución de fase W que establezca la alerta temprana y entregue los parámetros que definan la fuente sísmica que son requeridos para ejecutar la lógica de estimación del fenómeno:

- Mecanismo focal
- Coordenadas del centroide
- Duración de la fuente

Para ejecutar la fase W del terremoto del Maule se utilizaron 48 estaciones obteniendo el resultado de los parámetros de fuente sísmica como se aprecia en la figura 35.

De manera gráfica se tiene:

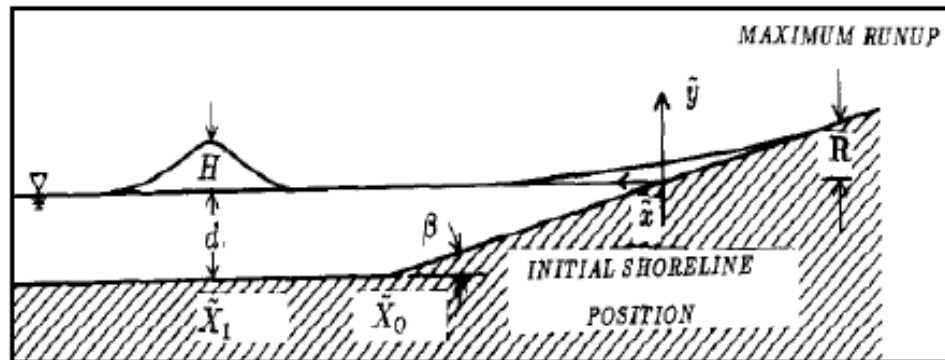


Figura 36. Sistema de referencia para la solución de Run Up

Para la solución obtenida en el presente trabajo, se resuelve el sistema de ecuaciones con los siguientes datos: $\eta = 1,5\text{m}$; 250 m/seg ; y la profundidad de la laguna sísmica de la zona de estudio de 30 Km . El resultado de este cálculo se aprecia en la figura 37.

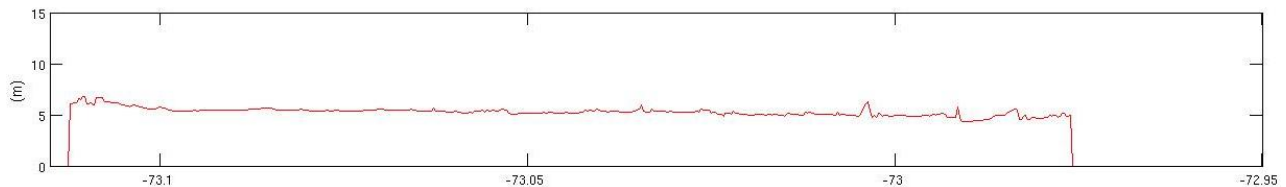


Figura 37. Solución de Run Up bahía de Talcahuano

En la grafica se aprecian alturas de ola cercanas a 7 metros.

Para cuantificar el fenómeno de tal forma que sea posible medir su energía, se considera el promedio de la altura de run-up, asociado a los parámetros de fuente sísmica definidos en el proceso de generación de la alerta. El resultado final de este modelamiento se muestra en la figura 38.

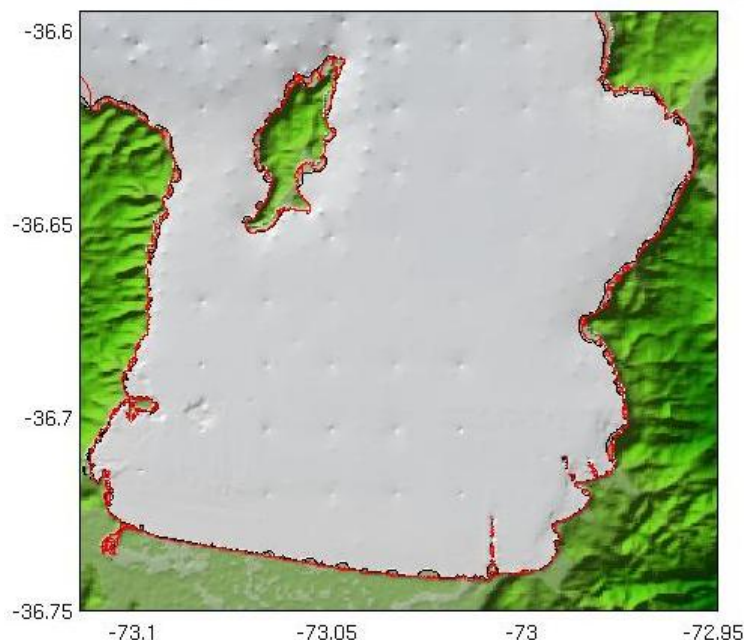


Figura 38. Cuantificación del impacto del tsunami en la bahía de Talcahuano

10.3.3. Caracterización de la zona afectada

Una vez que se ha generado la alerta temprana y posterior estimación del tsunami en el área de estudio, la última lógica compleja es la caracterización de la misma.

Esta lógica permite identificar en el mapa generado los recintos donde las personas tendrán la posibilidad de evacuar una vez que se ha enviado la alerta.

Se define caracterizar el mapa con recintos educativos, la decisión de utilizar las unidades educativas de Talcahuano como recintos de seguridad para la evacuación, se justifica porque son edificaciones grandes, amplias, poseen varias dependencias y en la mayoría de los casos dotados de espacios amplios que brindan ventajas para una circulación y acceso adecuado. Esto no quita la iniciativa de que a este tipo de recintos también se puedan sumar otros de características similares o mayores, como estadios, coliseos, etc.

La forma de cargar esta información corresponde a un proceso ejecutado por un analista quien carga una tabla en formato Excel a través del software Arcgis. La carga de estos datos se facilita dado que con los datos de latitud y longitud de cada recinto es posible efectuar una importación que es admitida

11.1. Arquitectura de sistemas de apoyo

La arquitectura de los sistemas de apoyo se muestra a continuación en la figura 40.

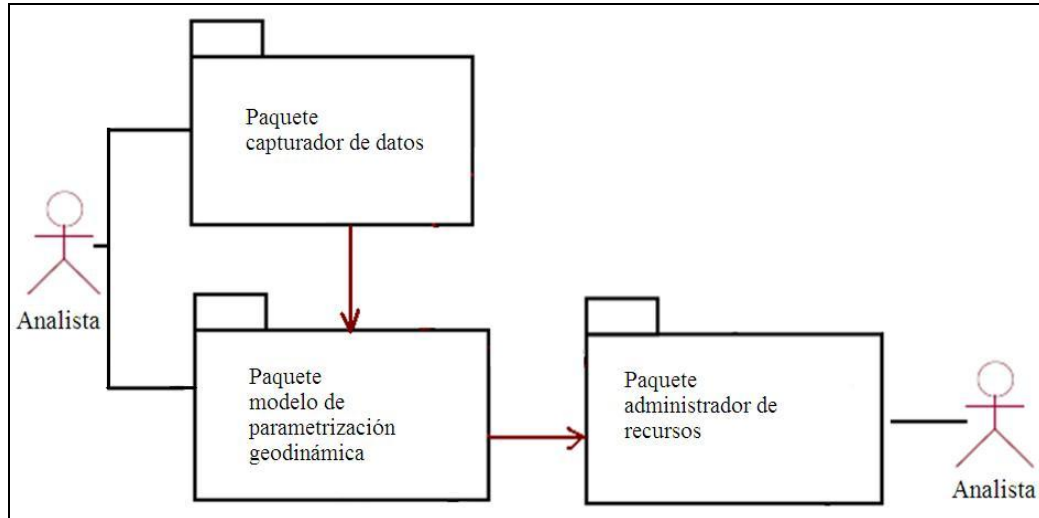


Figura 40. Arquitectura de sistemas

Descripción.

Paquete capturador de datos. Descrito explícitamente por su propio nombre, este apoyo computacional permitirá extraer los datos generados por las estaciones sismológicas desplegadas en el territorio nacional.

Paquete administrador de recursos. La entidad coordinadora ONEMI, a través de su analista gestiona todos los procesos asociados a la supervisión del ciclo del modelo y la ejecución del modelo de parametrización geodinámica.

Paquete modelo de parametrización geodinámica. Este apoyo computacional es el más importante, pues se encarga de parametrizar los datos del evento sísmico, las variables, los datos históricos y las proyecciones de la dinámica para hallar la función matemática que brindará las observaciones para el envío de la alerta.

11.2. Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de uso generados a partir del modelo BPMN propuesto, se muestra en la figura 41, el mismo no denota un alto grado de complejidad.

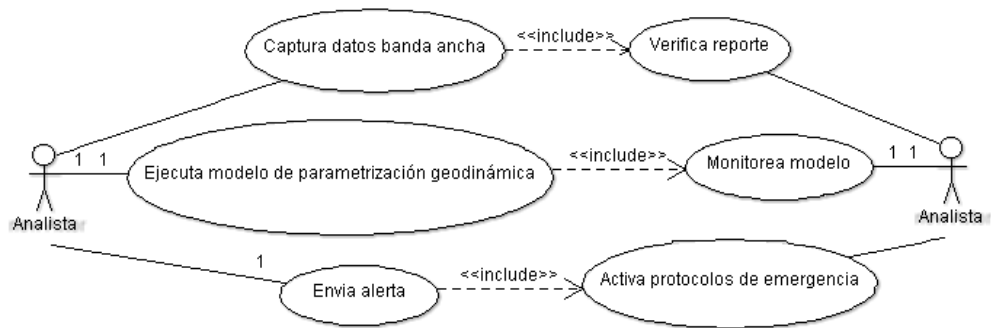


Figura 41. Casos de uso

11.3. Escenario

En función al diagrama de casos de uso desarrollado en el punto anterior, se elige el caso de uso de “**ejecuta modelo de parametrización geodinámica**” para el modelo de diagrama de secuencia extendido, el mismo se observa en la figura 42. Y se describe a continuación.

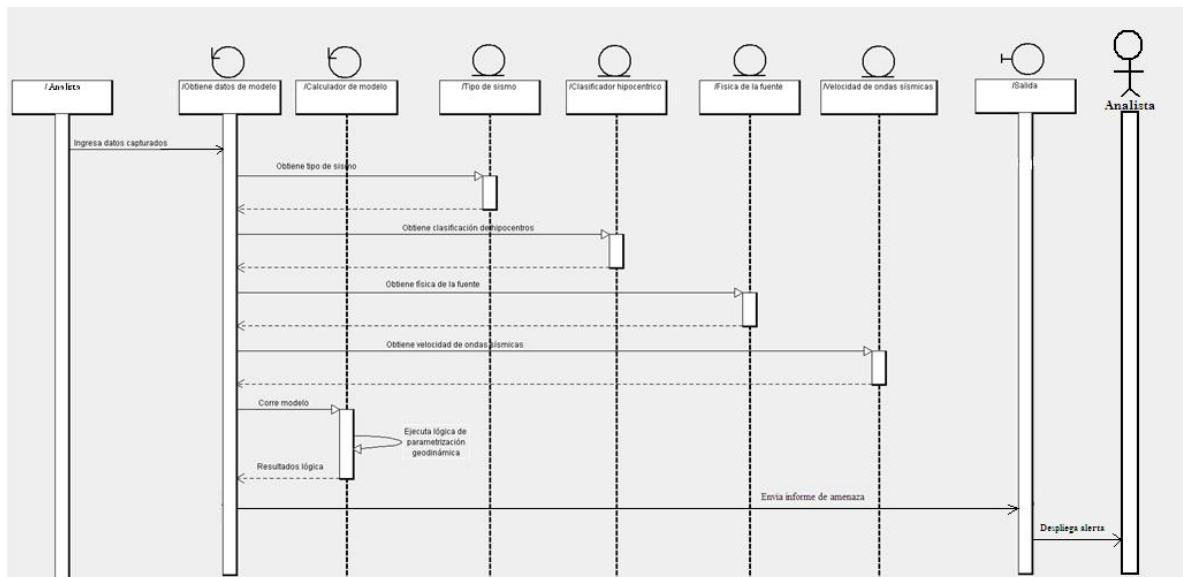


Figura 42. Diagrama de secuencia extendida, “Ejecuta modelo de parametrización geodinámica”

Descripción,

En el diagrama se aprecia que el sistema interactúa de manera autónoma por lo tanto no se identifica un boundary de ingreso, sin embargo se considera uno de salida para mostrar la información de generación de alerta al analista.

- **Boundary**
 - Salida, despliega aviso de alerta al analista.
- **Control**
 - Obtiene datos de modelo, obtiene los datos capturados por el sistema, y obtiene todos los datos almacenados en cada una de las tablas relacionadas con la información sísmica.
 - Calculador de modelo, ejecuta la lógica de parametrización que luego permite mostrar resultados.
- **Entity**
 - Tipo de sismo, contiene información acerca del origen del sismo, si es de origen volcánico, tectónico, hundimiento, presión, ciclón, etc.
 - Clasificador homocéntrico, contiene información de las distancias de ubicación del sismo respecto de la superficie.
 - Física de la fuente, entrega información sobre la naturaleza convergente divergente o transformante del sismo.
 - Velocidad de ondas sísmicas, brinda un detalle de todos los tipos de onda generados por un evento sísmico.

11.4. Diagrama de clases

En función a lo establecido en el punto previo, se muestra a continuación en la figura 43 el diagrama de clases.

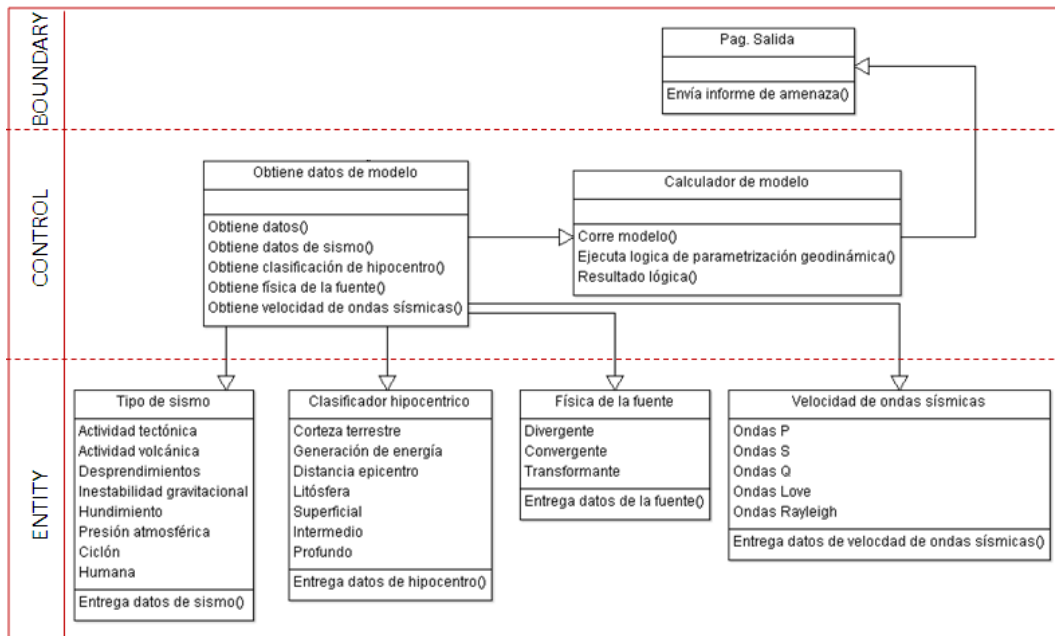


Figura 43. Diagrama de clases

12. GESTIÓN DEL CAMBIO

12.1. Desafíos de segundo orden o adaptativos

A continuación se detallan los desafíos de segundo orden fruto de la observación durante las etapas iniciales de la gestión de cambio del proyecto:

- Desafíos de segundo orden trabajo. Cambios de tecnología, nuevos proyectos tecnológicos, nueva forma de gestión corporativa.
- Desafíos de segundo orden vida cotidiana. Mejorar relaciones interpersonales.
- Desafíos de segundo orden organizaciones. Interactuar con personas de formación diferente.
- Desafíos de segundo orden gubernamentales. Políticas funcionales no transversales.
- Desafíos de segundo orden académicos. Ejercer empatía con los académicos.

De manera más específica se puede señalar:

- Generar procesos transversales aceptados por las entidades involucradas.
- Integridad en el flujo de información entre entidades.
- Generar poder de negociación para vender el proyecto en las entidades.
- Adoptar conceptos teóricos de la ciencia sísmica.

Acerca de los paradigmas de actuación, se puede sostener que los 4 desafíos de segundo orden señalados en el punto anterior son vistos en virtud de la carencia de eficiencia identificada con el último evento sísmico relevante.

La solución típica para eventos catastróficos va por una vía reactiva y existe muy poco desarrollo de medidas proactivas y concretas para el tratamiento de las 3 etapas del riesgo: prevención, respuesta en emergencia y rehabilitación.

Las soluciones normalmente son de orden técnico más que adaptativas por que existen factores adicionales que tiene que ver con las personas más que con soluciones técnicas de primer orden.

12.2. Interpretaciones y percepciones

A continuación se describen las interpretaciones y percepciones de actores que al principio brindaron una perspectiva funcional y técnica para encarar el proceso de cambio del proyecto:

Servicio Sismológico Nacional

Las personas que trabajan en el servicio consideran que la mirada del proyecto es una nueva forma de encarar la problemática de catástrofes, aunque prefieren manejar estratégicamente la información aportada a objeto de generar innovaciones que actualmente están en proceso de desarrollo. Es de gran interés para este actor, mejorar la asignación de recursos y presupuesto para la inversión en el incremento del número de estaciones sismológicas en el territorio nacional.

Profesionales de la Subsecretaría de Telecomunicaciones

La mirada de este actor es completamente funcional y la posición de ellos se refleja en el argumento que sostienen por el cual ellos se consideran un colaborador para la ONEMI de esta problemática, no tienen consciencia de que debe existir un planteamiento transversal de todos los actores.

Profesionales de Japoneses expertos en gestión de catástrofes

Los profesionales Japoneses expertos, aprecian el proyecto como una manera muy innovadora de encarar el problema, pero fuera de ello no ven un empoderamiento por el cual el proyecto pueda ser implementado en alguna entidad patrocinadora. Sugieren acotar el proyecto en alguna entidad.

A continuación, competencias y habilidades que un líder debe poseer, en el cuadro se identifican las críticas con rojo y las importantes con negro dentro del proceso de gestión de cambio del proyecto:

HABILIDADES Y COMPETENCIAS DEL LÍDER		
PERSONALES	DE RELACIÓN	PARA LA DIRECCIÓN DE GRUPOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Autoconfianza. 2. Autocrítica. 3. Autoeducación. 4. Objetividad. 5. Asertividad. 6. Firmeza. 7. Paciencia. 8. Modestia. 9. Retroalimentación. 10. Generosidad y servicio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicación 2. Consideración y atención a los demás. 3. Convencimiento. 4. Sinceridad y transparencia. 5. Percepción y sensibilidad. 6. Empatía. 7. Delegación. 8. Negociación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición clara de la misión y valores. 2. Definición de objetivos a lograr. 3. Manejo de juntas. 4. Presencia directiva. 5. Acciones institucionales.

Tabla 1. Habilidades y competencias del líder

12.3. Fundando el escuchar y diseño de la oferta

Con base en los puntos previos y en función a los avances de la gestión del cambio del proyecto hasta ahora, se definen los actores relevantes del mismo y se establece una conversación acerca basada en una narrativa tal que permite brindar la visión global del proyecto a los principales actores involucrados:

- ONEMI
- SHOA
- SSN

Luego del ejercicio, sobre todo con el personal del SSN quien demuestra mayor interés en el proyecto, se identifican aspectos relevantes al escuchar y se puede plantear una oferta interesante que permitiría unir esfuerzos en un objetivo común identificado, finalmente, se completa la tabla pertinente del siguiente punto.

CONSTRUCCIÓN DE OFERTAS		
NOMBRE: Alfredo Jaldín	PROYECTO: Mejora del proceso de respuesta en la gestión de catástrofes	
ACTOR	IQP -DPD	OFERTA SEDUCTORA
ONEMI, SHOA, SSN	Intereses: confrontar criterios de diseño del proyecto. Quiebres: Alinear el proyecto al planteamiento esperado del profesor	Con información asociada a la problemática de un fenómeno de tipos sismo tsunami, se puede diseñar modelos de análisis para efectuar simulaciones de

	<p>Barros.</p> <p>Preocupaciones: ¿de qué manera un modelo de segmentación puede aplicar al proyecto, cual es el objetivo final?</p> <p>Discurso: Práctico conciso narrativa del proyecto completo en 15 minutos.</p> <p>Práctica: Ejercer practicas de colaboración mutua para afianzar, consensuar, socializar y aportar en el diseño de los proyectos.</p> <p>Demonio: Identificar aspectos relacionados con el resto de las etapas de la gestión de catástrofes: prevención, recuperación.</p>	<p>pronóstico de éste tipo de fenómeno.</p>
--	--	---

Tabla 2. Construcción de ofertas.

12.4. Observando lo que se conserva en los procesos de cambio

En las tabla 3 se detallan los aspectos que se conservan en el proceso de cambio y las transgresiones a lo que se desea conservar respectivamente.

 <p>SSN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de apoyo institucional • Falta de tiempo 	 <p>SSN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de apoyo institucional • Falta de tiempo
 <p>ONEMI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exceso de confianza • Politización de la problemática 	 <p>ONEMI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exceso de confianza • Politización de la problemática
 <p>SHOA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterio divergente • Falta de seguridad 	 <p>SHOA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterio divergente • Falta de seguridad

Tabla 3. Observando lo que se conserva y transgresiones

A través de la reflexión e intercambio de observaciones, se identificaron los siguientes aspectos como impacto del proceso de cambio en 2 actores principales:

Actor 1

- Buen aporte del manejo de estados de animo
- Proyecto de alto impacto en gestión de cambio
- Definir una narrativa solida para un mayor empoderamiento.
- Elaborar procesos de gestión del cambio para la implementación.
- Conservar los nexos con el personal de la empresa.

Actor 2

- Buen aporte del manejo de estados de animo
- Proyecto de alto impacto en gestión de cambio
- Consolidar un mejor empoderamiento del proyecto en el hospital.
- Innovación positiva en la presentación de propuestas.
- Observar posibles transgresiones en lo que se desea conservar.

12.5. Observando el liderazgo la gestión

En los siguientes cuadros se aprecia los atributos de liderazgo y gestión de de la coordinación con cada uno de los actores relevantes:

 <p>LIDERAZGO SSN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo transaccional • Liderazgo participativo 	 <p>COORDINACIÓN SSN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buena • Comprometida
 <p>LIDERAZGO ONEMI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo delegativo • Liderazgo directivo 	 <p>COORDINACIÓN ONEMI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regular • Inestable
 <p>LIDERAZGO SHOA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo transaccional • Liderazgo directivo 	 <p>COORDINACIÓN SHOA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buena • Condicionada

Tabla 4. Atributos de liderazgo y gestión

12.6. Estrategia de comunicación en el proceso

En general se ha manejado todo tipo de estilos y formas de comunicación siendo algunas efectivas otras deficientes y otras muy generales a continuación se describen algunos de los estilos identificados:

Psicología. Lenguaje corporal. La personalidad. Gestos. La voz. Señales gestuales. El habla. Entrevista. Jerga juvenil. Informal. Improvisado.

En base al marco teórico conceptual de la gestión del cambio, se puede concluir en los siguientes estilos puntuales para la estrategia de comunicación del proceso de cambio del proyecto:

Psicología. Lenguaje corporal. La personalidad. Gestos. La voz. Señales gestuales. El habla. Entrevista. Jerga juvenil. Informal. Improvisado.

12.7. Estados de ánimo del proceso de cambio

En la tabla 5, se esquematiza los estados de ánimo de los actores involucrados en el proyecto.

	SSN <ul style="list-style-type: none">•Resignación•Desesperanza
	ONEMI <ul style="list-style-type: none">•Ambición•Confianza
	SHOA <ul style="list-style-type: none">•Asombro•Confusión

Tabla 5. Estados de ánimo del proceso de cambio.

En la tabla 6 se esquematiza los estados de ánimo de los actores involucrados en el proyecto, y la estrategia asociada para lidiar con tales estados de ánimo de cada actor dada la naturaleza del proyecto:



Tabla 6. Estrategia para lidiar con los estados de ánimo.

12.8. Mapa de poder

Finalmente, en base a lo estipulado con los estados de ánimo, el mapa de poder tiene un carácter articulador en todo su contexto, dado que se formaliza un modelo de negocio que abarca el diseño de los procesos desde la captura de la información de un evento sísmico, hasta la gestión y entrega de una medida concreta de respuesta con el concurso de actores principales que integran sus procesos para satisfacer la necesidad concreta de evacuación durante la emergencia para la sociedad. A través de la articulación se ha generado confianza y se ha ido construyendo poco a poco poder en las entidades involucradas.

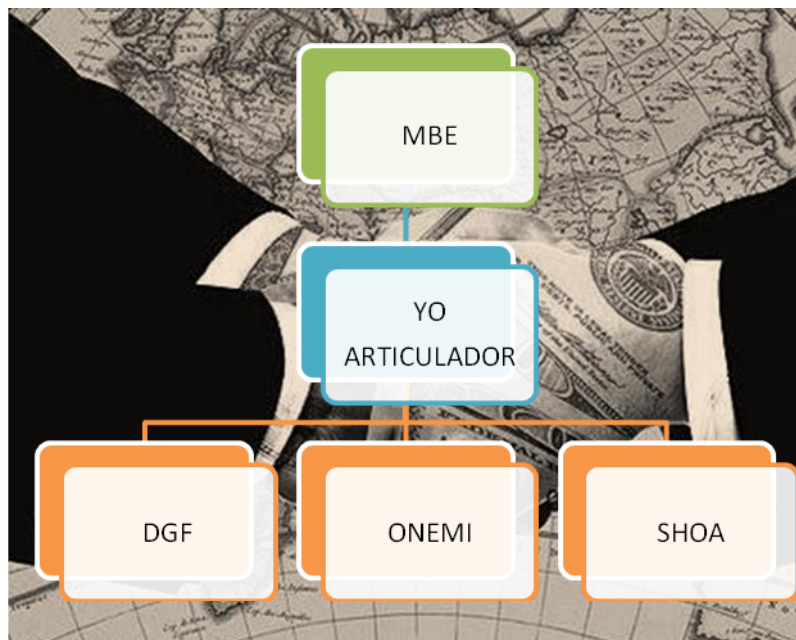


Tabla 7. Mapa de poder

13. PRUEBA DE CONCEPTO

Como se mencionó en el inicio del presente documento, el fenómeno tsunami no puede ser generado, por lo tanto se valida el modelo, a través de la ejecución de una simulación retrospectiva con los datos reales del terremoto de 27 de febrero de 2010 en un área de estudio específica: Talcahuano.

13.1. Resolución 5762 Ministerio de Educación

En octubre de 2011, la división de planificación y presupuesto del Ministerio de Educación, emite la resolución 5762, cuyo tenor determina los establecimientos educativos afectados producto de la catástrofe.

Este informe contempla un informe detallado de los establecimientos afectados a lo largo de todas las regiones del país.

En el anexo E, se presenta el extracto de la resolución ministerial con el listado de todas las unidades educativas afectadas correspondientes a Talcahuano.

13.2. Validación del modelo

La validación del modelo consiste en cotejar la información oficial emitida por el gobierno de Chile en la resolución referida, con la identificación de las unidades educativas afectadas que han sido caracterizadas en el mapa de inundación.

El resultado de esta comparación, brindará el número determinado de unidades educativas que como producto de la simulación han sido o no afectadas por la catástrofe. Con este indicador, se permitirá medir la efectividad del modelo.

El mapa de inundación caracterizado con las unidades educativas actualmente se encuentra disponible 'on line' y se puede acceder mediante la siguiente URL:

<https://maps.google.cl/maps/ms?msid=202451399541328805374.0004cac3e6005dfcda9a7&msa=0>

13.2.1. Unidades educativas afectadas según levantamiento de información en terreno

La cantidad total de unidades educativas afectadas tanto por el terremoto y posterior tsunami, de acuerdo a la resolución ministerial es de 63 (Anexo E).

A través de información consultada del levantamiento de información efectuado en terreno por entidades como la municipalidad de Talcahuano, el

cuerpo de bomberos de Talcahuano, investigadores de la Universidad de Concepción y principalmente técnicos del Ministerio de Educación se pudo establecer que el número determinado de recintos educativos afectados por el tsunami es de 38, y se detallan a continuación en la tabla 8.

#	NOMBRE U. EDUCATIVA	#	NOMBRE U. EDUCATIVA
1	LICEO ALMTE.PEDRO ESPINA RITCHIE	20	ESCUELA PARTICULAR ADVENTISTA
2	LICEO COMERCIAL PROFESOR SERGIO MORAGA A	21	ESCUELA BASICA ELIEZER
3	LICEO LAS SALINAS	22	COLEGIO SANTA BERNARDITA
4	LICEO TECNICO	23	ESCUELA SANTA CECILIA
5	ESCUELA MEXICO ESTADO DE GUERRERO	24	JARDIN INFANTIL BARQUITO DE PAPEL
6	ESCUELA BASICA LA DAMA BLANCA	25	COLEGIO ESPIRITU SANTO
7	ESCUELA BASICA LAS HIGUERAS	26	COLEGIO SAN CRISTOBAL
8	COLEGIO HUACHIPATO	27	JARDIN INFANTIL WONDERFUL WORLD
9	ESCUELA BASICA CRUZ DEL SUR	28	JARDIN INFANTIL COPITOS DE NIEVE
10	ESC BASANITA SERRANO SEPULVEDA	29	COLEGIO CLARO DE LUNA COLLEGE
11	ESCUELA BASICA LIBERTAD	30	COLEGIO ETCHEGOYEN TALCAHUANO
12	ESCUELA BASICA CERRO CORNOU	31	COLEGIO MIXTO INMACULADA CONCEPCION
13	ESCUELA BASICA F 509 MANUEL MONTT	32	COLEGIO NUEVAS PALABRAS
14	ESCUELA DE EDUCACION DIFERENCIAL	33	LICEO TEC.PROFESIONAL ESPIRITU SANTO
15	ESCUELA ADULTOS LAS AMERICAS	34	ESCUELA DE LENGUAJE SANTA MARIETTA
16	COLEGIO BASICO SAN VICENTE	35	ESCUELA ESPECIAL DEL MAR
17	ESCUELA DE PARVULOS EL ARENAL	36	ESCUELA ESPECIAL DE LENGUAJE AMANECER
18	LICEO LA ASUNCIÓN	37	CENTRO EDUC. ESPECIAL LUIS ESPINOZA PIERRETTI
19	COLEGIO PARTICULAR TALCAHUANO	38	COLEGIO AMANECER TALCAHUANO

Tabla 8. Unidades educativas afectadas por el tsunami del 27 de febrero en Talcahuano, según levantamiento de información en terreno

13.2.2. Unidades educativas afectadas por el tsunami según simulación retrospectiva del modelo

La cantidad de unidades educativas afectadas por el tsunami de acuerdo a la simulación retrospectiva del modelo es de 40, y se detallan a continuación en la tabla 9.

#	NOMBRE U. EDUCATIVA	#	NOMBRE U. EDUCATIVA
1	LICEO ALMTE.PEDRO ESPINA RITCHIE	20	ESCUELA PARTICULAR ADVENTISTA
2	LICEO COMERCIAL PROFESOR SERGIO MORAGA A	21	ESCUELA BASICA ELIEZER
3	LICEO LAS SALINAS	22	COLEGIO SANTA BERNARDITA
4	LICEO TECNICO	23	ESCUELA SANTA CECILIA
5	ESCUELA MEXICO ESTADO DE GUERRERO	24	JARDIN INFANTIL BARQUITO DE PAPEL
6	ESCUELA BASICA LA DAMA BLANCA	25	COLEGIO ESPIRITU SANTO
7	ESCUELA BASICA LAS HIGUERAS	26	COLEGIO SAN CRISTOBAL
8	COLEGIO HUACHIPATO	27	JARDIN INFANTIL WONDERFUL WORLD
9	ESCUELA BASICA CRUZ DEL SUR	28	JARDIN INFANTIL COPITOS DE NIEVE
10	ESC BASANITA SERRANO SEPULVEDA	29	COLEGIO CLARO DE LUNA COLLEGE
11	ESCUELA BASICA LIBERTAD	30	COLEGIO ETCHEGOYEN TALCAHUANO
12	ESCUELA BASICA CERRO CORNOU	31	COLEGIO MIXTO INMACULADA CONCEPCION
13	ESCUELA BASICA F 509 MANUEL MONTT	32	COLEGIO NUEVAS PALABRAS
14	ESCUELA DE EDUCACION DIFERENCIAL	33	LICEO TEC.PROFESIONAL ESPIRITU SANTO
15	ESCUELA ADULTOS LAS AMERICAS	34	ESCUELA DE LENGUAJE SANTA MARIETTA
16	COLEGIO BASICO SAN VICENTE	35	ESCUELA ESPECIAL DEL MAR
17	ESCUELA DE PARVULOS EL ARENAL	36	ESCUELA ESPECIAL DE LENGUAJE AMANECER
18	LICEO LA ASUNCIÓN	37	CENTRO EDUC. ESPECIAL LUIS ESPINOZA PIERRETTI
19	COLEGIO PARTICULAR TALCAHUANO	38	COLEGIO AMANECER TALCAHUANO
39	COLEGIO CARMELA CARVAJAL DE PRAT	40	ESCUELA DE LENGUAJE MAR AZUL

Tabla 9. Unidades educativas afectadas por el tsunami del 27 de febrero en Talcahuano, según simulación retrospectiva del modelo

13.3. Análisis de la prueba de concepto

13.3.1. Análisis gráfico

En la figura 44, se aprecia un mapa generado por el modelo en el que se puede observar dentro del área de inundación, todas las unidades educativas afectadas.

Las unidades educativas con identificador rojo, son aquellas que no han sido declaradas como afectadas por levantamiento de información en terreno, pero si han sido declaradas como afectadas por el modelo.

El resto de unidades educativas con identificador azul dentro del área de inundación han sido declaradas como afectadas tanto por levantamiento de información en terreno, como por la simulación retrospectiva del modelo.



Figura 44. Unidades educativas afectadas por el tsunami según modelo de simulación retrospectiva

13.3.2. Análisis conceptual y determinación del error del sistema

El número total de recintos afectados según el levantamiento de información en terreno es de 38.

El número total de recintos afectados según el modelo es de 40.

Existe una diferencia de 2 recintos. Son los siguientes:

#	NOMBRE U. EDUCATIVA	#	NOMBRE U. EDUCATIVA
39	COLEGIO CARMELA CARVAJAL DE PRAT	40	ESCUELA DE LENGUAJE MAR AZUL

Esta diferencia traducida en 2 recintos educativos entre el levantamiento en terreno y el modelo, representa un error de 5% del modelo.

Sin embargo, este error puede entenderse como relativo dado que en los hechos significa que el modelo ha identificado 2 recintos adicionales como riesgosos.

En una situación de emergencia implicaría que tales recintos no estarían identificados como disponibles al momento de una eventual evacuación, y por lo tanto no implicarían ningún riesgo para la vida de las personas por que se convierten en recintos que el modelo los considera riesgosos y que no estarían a disposición ante un evento catastrófico.

13.3.3. Errores de tipo I y de tipo II

En un estudio de investigación, el error de tipo I también denominado error de tipo alfa (α) o falso positivo, es el error que se comete cuando el investigador no acepta la hipótesis nula (H_0) siendo esta verdadera en la población. Es equivalente a encontrar un resultado falso positivo, porque el investigador llega a la conclusión de que existe una diferencia entre las hipótesis cuando en realidad no existe. Se relaciona con el nivel de significancia estadística.

En un estudio de investigación, el error de tipo II, también llamado error de tipo beta (β) (β es la probabilidad de que exista este error) o falso negativo, se comete cuando el investigador no rechaza la hipótesis nula siendo esta falsa en la población. Es equivalente a la probabilidad de un resultado falso

negativo, ya que el investigador llega a la conclusión de que ha sido incapaz de encontrar una diferencia que existe en la realidad.

En base a lo señalado, se tienen los siguientes datos:

- 71 = Cantidad total de recinto en Talcahuano
- 40 = Recintos afectados según el modelo
- 38 = Recintos afectados según la realidad
- 02 = Diferencia entre el modelo y la realidad

Y se plantea la siguiente matriz de error para la obtención de los valores de α y β :

RECINTOS	Afectados	No afectados
Afectados Modelo	38/38	$\beta=2/(71 - 38)$
No afectados Modelo	$\alpha=0/38$	$(71 - 40)/(71 - 38)$

Donde se Tiene:

RECINTOS	Afectados	No afectados
Afectados Modelo	38/38	$\beta=0,06$
No afectados Modelo	$\alpha=0$	$(71 - 40)/(71 - 38)$

Con la obtención de estos valores, se concluye:

Primero. Que el nivel de significancia α es 0, un valor bueno, dado que con este nivel de significancia se rechaza la probabilidad de que el sistema no identificará recintos riesgosos. En palabras simples, un error falso positivo, dado que el sistema identificará todos los recintos riesgosos en correlación con la realidad.

Segundo. Que el valor de β es 0,06, un valor relativamente bueno, dado que con este nivel se acepta la probabilidad de que el sistema identificará recintos riesgosos. En palabras simples, un error falso positivo, dado que el sistema identificará una mayor cantidad de recintos riesgosos en correlación con la realidad (En el caso de estudio, 2). Es importante señalar que para el valor de β , es bueno que el modelo entregue valores cercanos a 0, pues en los hechos, implicaría que la cantidad de recintos afectados según el modelo estaría en concordancia con la cantidad de recintos afectados en la realidad, el modelo alcanzaría una mayor precisión. Un valor muy alto de β , implicaría en los

hechos un desuso de recintos que bien pueden ser utilizados durante una emergencia.

El aspecto final que se considera en el presente análisis de error, es que existe una restricción que permitiría comparar el modelo dentro de una muestra significativa de eventos históricos en una misma área o eventos en diferentes áreas.

La razón de esto se debe a que es muy escasa la probabilidad de que ocurra un evento sismo tsunámico de las mismas características en una misma área de estudio, y por otro lado, se requeriría trabajos adicionales para comparar los resultados que entregaría el modelo en áreas de estudio diferentes.

13.3.4. Eficiencia del modelo

Tal como se puede apreciar en los puntos precedentes, la simulación retrospectiva entrega información con un 5% de error con relación a la información generada por el levantamiento en terreno con base a la resolución de Ministerio de Educación respecto a la cantidad de unidades educativas que fueron afectadas por el tsunami del 27 de febrero de 2010.

Esta información además es confirmada con un levantamiento en terreno que permite establecer concluyentemente que la efectividad del modelo presentado es validada por datos duros y públicos elaborados por el gobierno de Chile.

Otro aspecto destacable al momento del análisis es la eficiencia que tiene el modelo al momento de generar información útil e inmediata, como se precisa a continuación:

- El levantamiento de información efectuado por el Gobierno a través del Ministerio de Educación estableció la cantidad de unidades educativas afectadas por el tsunami del 27 de febrero de 2010 después de más de un año de ocurrida la catástrofe, en octubre de 2011.
- Al ejecutar el modelo presentado en éste documento, se pudo establecer -retrospectivamente- en cuestión de minutos una caracterización de la zona de estudio con la identificación de recintos que corren riesgo de ser afectados por la amenaza de un tsunami.

Finalmente, se concluye que el modelo puede ser ejecutado y validado en cualquier parte del territorio nacional.

14. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

14.1. Estimación de los beneficios

El beneficio del proyecto tal como se describe en el modelo de negocio es salvar las vidas ante un evento de tipo sismo tsunami. Para ello se tiene el siguiente cuadro en el que se tiene una estimación internacional seria del valor de una vida de algunos países referentes:

PAÍS	VALOR Aprox. (millones de dólares 2005)	METODOLOGÍA EMPLEADA
Canadá	2.42	Valuación Contingente
Nueva Zelanda	1.87	Valuación Contingente
EEUU	5.99	Enfoque de Salarios Hedónicos
EEUU	3.39 - 11.63	Enfoque de Salarios Hedónicos

Tabla 10. Estimación del costo de una vida.

El menor valor expresado corresponde a Nueva Zelanda, este valor será el referente de análisis por ser el más bajo y por que representa un valor de PIB “cercano” al PIB de Chile expresado por el Banco Mundial, tal como se aprecia en la figura 45.

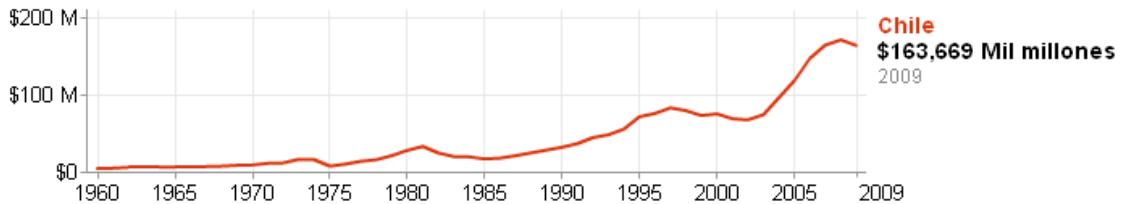
Producto Interior Bruto

PIB en dólares estadounidenses corrientes. No se ajusta a la inflación. [Más información »](#)



Producto Interior Bruto

PIB en dólares estadounidenses corrientes. No se ajusta a la inflación. [Más información »](#)



Producto Interior Bruto

PIB en dólares estadounidenses corrientes. No se ajusta a la inflación. [Más información »](#)

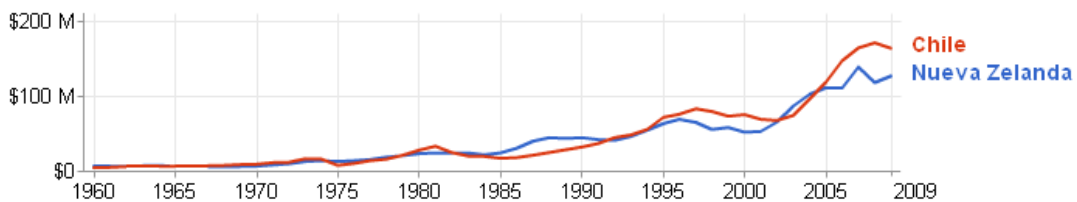


Figura 45. PIB Chile Vs. Nueva Zelanda.

14.2. Estimación de los costos

En principio se debe establecer 2 criterios de probabilidad que se comportaran como factores de ajuste al momento de elaborar el flujo de caja:

1. Probabilidad de que el proyecto sea implementado por el gobierno a través de un organismo del estado 50%
2. Probabilidad de la ocurrencia significativa de un evento sísmico, con un criterio conservador a razón de 1 en cada 10 años, 10%.

Para la estimación de los costos, se tomó los siguientes datos:

- a. Costo de acciones de emergencia neto sin aplicación de ningún factor de ajuste:

- i. USD 500,000.-³¹ Acciones comprometidas:
 1. Sistema de alerta temprana georeferenciado.
 2. Sistema de asignación de medidas de respuesta.
- b. Costos mensuales de equipo de proyecto, profesionales comprometidos, consultoría MBE:
 - i. Ingeniero de Negocios: USD 3,000.- p/m
 - ii. Analista de procesos: USD 2,000.- p/m
 - iii. Analista de TI: USD 2,000.- p/m
- c. Costos de equipamiento tecnológico para el desarrollo del proyecto, con respectivas licencias de software sistema operativo, aplicaciones ofimáticas y software de modelado de procesos, BPMN y arquitectura empresarial equipos comprometidos:
 - i. Server actualizado: USD 10,000.-

14.3. Estimación del flujo de caja

Para la elaboración del flujo de caja se consideran los siguientes puntos:

- Se considera una tasa de descuento del 6% por tratarse de un proyecto de evaluación social.
- Se prevé un horizonte de evaluación de 5 años en concordancia a los organismos del estado (ONEMI)³².
- Los últimos 2 periodos se asume que el proyecto marcha por sí solo y se retira la participación del ingeniero de negocios y el analista de procesos.
- Los últimos 2 periodos el proyecto marcha por sí solo y se mantiene al analista de TI en calidad “part time”.

³¹ Dato obtenido del Plan de Reconstrucción, terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010, MIDEPLAN agosto de 2010. A ser actualizado y corroborado por la ONEMI en el futuro.

³² Dato establecido a priori, por confirmar en sesiones futuras con ONEMI.

- Se aplica el producto de los factores de ajuste (50% y 10%) sobre el costo de las acciones de emergencia.
- Se efectúa el ejercicio sobre el ahorro de pérdida de una vida.

Con estas consideraciones, el flujo de caja queda del siguiente modo:

Año	0	1	2	3	4
Costo directo					
Ingeniero de Negocios		36000,00	36000,00	0,00	0,00
Analista de procesos		24000,00	24000,00	0,00	0,00
Analista de TI		24000,00	24000,00	12000,00	12000,00
Costo del gobierno de realizar acciones de emergencia		250000,00	250000,00	250000,00	250000,00
Total Costos		334000,00	334000,00	262000,00	262000,00
Ahorro					
Ahorro por perdida de una vida		93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
Número de vidas salvadas	1,00	93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
Total de ahorro		93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
FCO					
Inversión inicial	10000,00				
Total	-10000,00	-240500,00	-240500,00	-168500,00	-168500,00

VAN (6% anual) **-725874,57**

Apreciación: Se aprecia que el VAN es negativo, por tanto la rentabilidad del presente proyecto se encuentra por debajo de la tasa de rechazo y en consecuencia, el proyecto es inviable para el ahorro generado por salvar una vida.

En el punto siguiente se efectuará un ensayo de sensibilidad, que brindará una mirada de análisis acerca de la rentabilidad del presente proyecto.

14.4. Análisis de sensibilidad

Para el presente ejercicio de flujo de caja se sensibilizará la variable el ahorro de vidas, incrementando linealmente la cantidad de vidas que a raíz del proyecto se podrían salvar. El resto de las variables permanecerán constantes.

Luego de efectuado el ejercicio se aprecia que en la cuarta iteración, el VAN es positivo, por tanto se establece que la rentabilidad de la inversión es mayor que la tasa actualizada o de rechazo, en consecuencia el proyecto es viable siempre y cuando que a raíz de la implementación del mismo se salven 4 o más vidas:

Flujo de caja para salvar 2 vidas					
Año	0	1	2	3	4
Costo directo					
Ingeniero de Negocios		36000,00	36000,00	0,00	0,00
Analista de procesos		24000,00	24000,00	0,00	0,00
Analista de TI		24000,00	24000,00	12000,00	12000,00
Costo del gobierno de realizar acciones de emergencia		250000,00	250000,00	250000,00	250000,00
Total Costos		334000,00	334000,00	262000,00	262000,00
Ahorro					
Ahorro por perdida de una vida		93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
Número de vidas salvadas	2,00	187000,00	187000,00	187000,00	187000,00
Total de ahorro		187000,00	187000,00	187000,00	187000,00
FCO					
Inversión inicial	10000,00				
Total	-10000,00	-147000,00	-147000,00	-75000,00	-75000,00
VAN (6% anual)	-401887,19				
Flujo de caja para salvar 3 vidas					
Año	0	1	2	3	4
Costo directo					
Ingeniero de Negocios		36000,00	36000,00	0,00	0,00
Analista de procesos		24000,00	24000,00	0,00	0,00
Analista de TI		24000,00	24000,00	12000,00	12000,00
Costo del gobierno de realizar acciones de emergencia		250000,00	250000,00	250000,00	250000,00
Total Costos		334000,00	334000,00	262000,00	262000,00
Ahorro					
Ahorro por perdida de una vida		93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
Número de vidas salvadas	3,00	280500,00	280500,00	280500,00	280500,00
Total de ahorro		280500,00	280500,00	280500,00	280500,00
FCO					
Inversión inicial	10000,00				
Total	-10000,00	-53500,00	-53500,00	18500,00	18500,00
VAN (6% anual)	-77899,82				
Flujo de caja para salvar 4 vidas					
Año	0	1	2	3	4
Costo directo					
Ingeniero de Negocios		36000,00	36000,00	0,00	0,00
Analista de procesos		24000,00	24000,00	0,00	0,00
Analista de TI		24000,00	24000,00	12000,00	12000,00
Costo del gobierno de realizar acciones de emergencia		250000,00	250000,00	250000,00	250000,00
Total Costos		334000,00	334000,00	262000,00	262000,00
Ahorro					
Ahorro por perdida de una vida		93500,00	93500,00	93500,00	93500,00
Número de vidas salvadas	4,00	374000,00	374000,00	374000,00	374000,00
Total de ahorro		374000,00	374000,00	374000,00	374000,00
FCO					
Inversión inicial	10000,00				
Total	-10000,00	40000,00	40000,00	112000,00	112000,00
VAN (6% anual)	246087,56				

15. GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Para la generalización de la experiencia, se presenta éste enfoque parte integrante de la metodología de la ingeniería de negocios, que permite definir componentes genéricos de software, materializados por medio de frameworks, a partir de patrones de procesos de negocio.

15.1. Frameworks

El framework es una estructura genérica de clases, que sirve como base común para el desarrollo de software en empresas de un dominio particular, pero que se puede adaptar a las características y necesidades propias de cada una de ellas. Este esquema permite que los esfuerzos se centren en las especificaciones de la aplicación, reduciendo los costos y tiempos asociados a su desarrollo. (Barros, 2004), explica que este concepto de framework “difiere del tradicional, en que se encuentra orientado a una lógica de negocio compleja, y está basado en métodos analíticos avanzados, provenientes de Estadística e Inteligencia de Negocios”. Adicionalmente, muestra que los BOF (Business Objects Frameworks), pueden ser derivados de los patrones de procesos y lógicas de negocio. En consecuencia, es posible proponer una estructura genérica de objetos de negocio que incorpore el conocimiento del diseño de procesos de este trabajo, para facilitar el desarrollo de aplicaciones que resuelvan el mismo problema en un dominio similar.³³

A continuación en la figura 46, se aprecia el diagrama de flujo para la utilización de patrones y framework.

³³ Reveco C. Pronóstico y análisis de demanda de la sala de urgencia del hospital Luis Calvo Mackenna y metodología para el cálculo de recursos críticos. 2011.

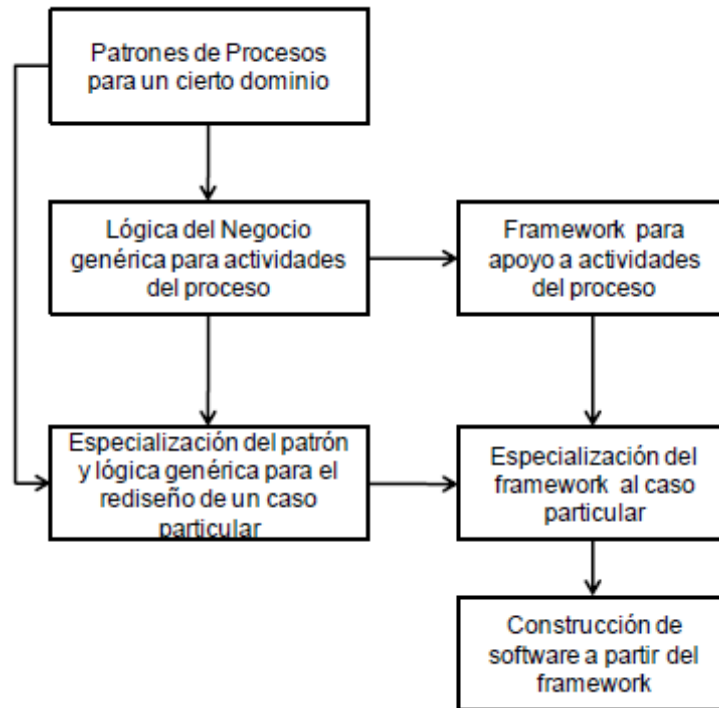


Figura 46. Diagrama de flujo para la utilización de patrones y frameworks

De acuerdo a este diagrama, se desglosan las etapas fundamentales para el diseño del framework:

- a) **Procesos para un dominio definido:** Es importante definir el dominio de acción del framework, ya que éste influirá directamente en las etapas posteriores. Para determinar el dominio, es importante que se definan los requisitos de éste y, sobre todo, cuáles son las características generales que definen el proceso propuesto en el trabajo.
- b) **Lógica de negocios genérica:** Se establece una lógica de negocios que soporte al dominio de forma genérica, teniendo en consideración diferentes especializaciones que acotaran el dominio de acción de la lógica de negocio.
- c) **Diseño del framework:** Finalmente, se definen las abstracciones del framework y se procede a modelar las clases comunes y particulares, manteniendo la flexibilidad necesaria para actuar en el dominio definido.

15.2. Alcance del framework

El proyecto se ha centrado en el diseño de 2 procesos fundamentales para la gestión de la respuesta de catástrofes en la ONEMI: la alerta y la coordinación de respuesta. Ello permite proponer un framework que responda a la necesidad de respuesta inmediata durante una emergencia en cualquier dominio.

15.3. Definición del dominio

Se establece un dominio que abarca a todo tipo de organizaciones responsables de entregar una respuesta inmediata ante un evento de emergencia. Esto cruza la frontera de las organizaciones del ámbito público y privado. Por ejemplo será una entidad bancaria quien deberá asignar una respuesta inmediata ante una vulneración de sus sistemas de seguridad. Por otra parte se menciona a entidades y organismos internacionales que brindan ayuda humanitaria y/o de auxilio ante un evento catastrófico o de tipo bélico.

En la figura 47 se muestra el alcance del dominio propuesto.



Figura 47. Dominio del framework

15.4. Lógica de negocios genérica

Para establecer la lógica de negocio, se debe llegar a un nivel de abstracción de organizaciones que brindan servicios de respuesta o la respuesta propiamente tal ante una emergencia.

Esta respuesta puede dividirse en 2 grupos, ocasionales no previstas y recurrentes.

Se puede entender a respuestas de tipo recurrentes a aquellas programadas o planificadas, rutinarias y preestablecidas. Respuestas que obedecen a eventos con un comportamiento habitual de carácter permanente (como en modalidad 24/7) o estacional (por ejemplo mantenciones correctivas en una operación).

Respuestas ocasionales son aquellas que se basan en la ocurrencia o no de un evento, son respuestas que no han sido planificadas con anticipación y que demandan actividades que permitan mitigar la emergencia. Los eventos asociados a este tipo de respuesta pueden con algún grado de certeza ser predecibles o no predecibles. Ejemplo de ello, los fenómenos climatológicos que se pueden predecir; y los eventos sísmicos cuya solución y predicción aún no ha sido validada científicamente.

En base a lo señalado en la figura 48 se muestra la abstracción de la estructura del problema.

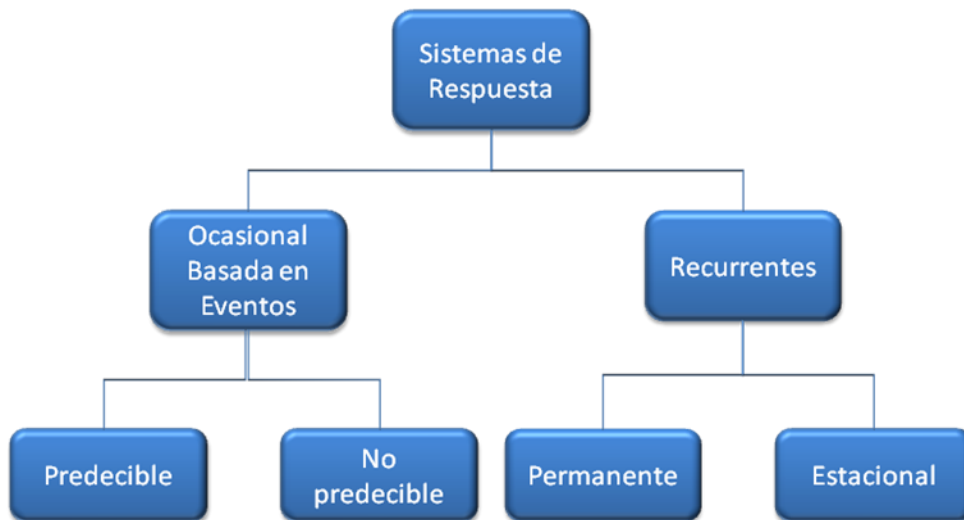


Figura 48. Estructura del problema

15.5. Diseño del framework

Para la construcción del mismo, se deben establecer las clases que permitan un diseño orientado a objetos del modelo, y que el mismo se pueda integrar con los sistemas de la organización.

Para lograr éste objetivo en la figura 49 se muestra la estructura de Business Object del framework.

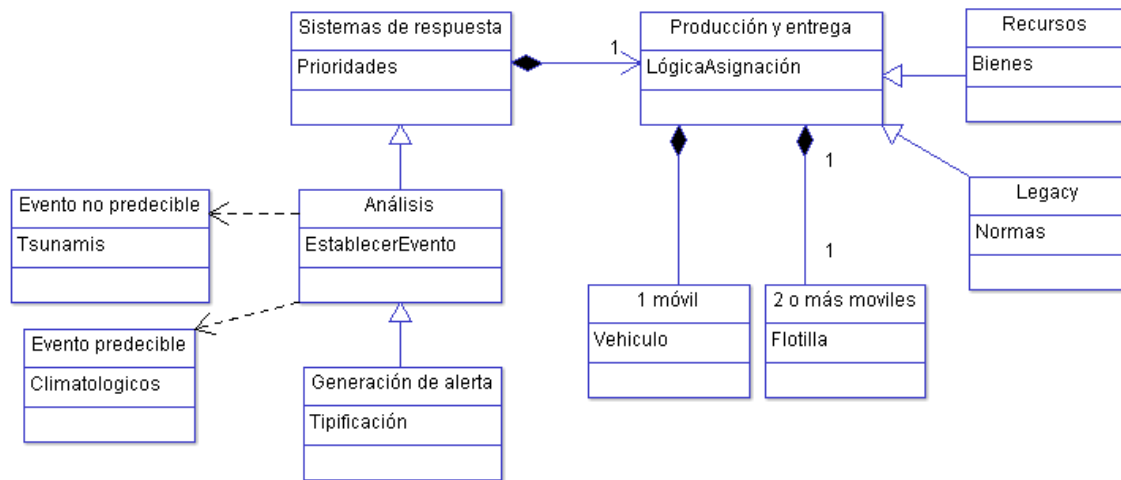


Figura 49. Estructura Business Object

En ella se identifican las clases que están orientadas a la generación de la alerta como proceso principal y gatillador de todos los procesos subsecuentes de la presente formalización. Y los métodos de las clases de control, se relacionan con todas las actividades concernientes a la asignación de las medidas durante le emergencia de catástrofe.

16. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

16.1. Ingeniería de negocios

Al iniciar este capítulo final, se menciona que para el terremoto del 27 de febrero de 2010, lamentablemente los sistemas de gestión de respuesta no operaron adecuadamente, y como se demostró en el capítulo de antecedentes del presente trabajo, la mayoría de las actividades y tareas de respuesta se desarrollaron con poca información, bajos niveles de coordinación y de manera improvisada. Con consecuencias que generaron un quiebre social generalizado en la zona afectada, que estuvo a punto de generar una crisis en la institucionalidad del país (saqueos, disturbios, etc.) y que principalmente dejó en evidencia que Chile no está preparado para una catástrofe de tal magnitud.

16.2. Estrategia

La formalización del modelo de negocio del presente proyecto, brinda un marco real y totalmente implementable para mejorar los procesos de respuesta durante una emergencia. La misma se basa en el planteamiento estratégico que se orienta a la eficacia operacional en una entidad sin fines de lucro propuesta por Hax.

Respecto a esta mirada estratégica, se puede mencionar que hoy en día es posible tener marcos estratégicos orientados a entidades sin fines de lucro, entidades que no persiguen el lucro, entidades que centran su estrategia en el ejercicio de actividades, medidas, y acciones que afectarán de manera positiva a la sociedad. (Arnoldo Hax)

Así mismo, la estrategia se complementa con la incorporación de modelos de negocio y técnicas de análisis sísmico, demostrando de esta manera que a través de ellas es posible generar un mayor impacto del modelo. Se puede presumir que esta investigación es única en su género dado que no se tiene antecedentes de que la ciencia geofísica y la ingeniería de negocios hayan convergido en una investigación de esta naturaleza por tratarse de disciplinas con focos de estudio disímiles.

16.3. Relación teórico práctica

Un aspecto destacable, es la incorporación a la arquitectura de procesos, de lógicas de negocio complejas basadas en modelos matemáticos y científicos propios de la ciencia geofísica. Demostrando que es posible incorporar en los niveles operacionales de la arquitectura y gracias a los patrones de procesos de negocio, lógicas de la más diversa perspectiva y enfoque desde el punto de vista teórico.

Importante destacar la integración práctica de sistemas comerciales como ArcGis y Google Earth, los cuales se incorporaron a la arquitectura del modelo de manera versátil. Demostrando que es posible interactuar con todo tipo de sistemas y aplicaciones computacionales que agreguen valor y generen la tan ansiada productividad en el enfoque de procesos y las T. I. en la práctica.

16.4. Validación del modelo

La prueba más clara que valida tal hipótesis, es la simulación retrospectiva del modelo con los datos del terremoto de 27 de febrero. Asumiendo que si en tal fecha se hubiera contado con el mapa georeferenciado y caracterizado con recintos seguros para una rápida evacuación, quizás la pérdida de vidas no hubiera alcanzado tales niveles en una circunstancia en la que ni siquiera se genero una alerta de evacuación por amenaza de tsunami.

Potencia la validación del modelo, el cotejo de la información oficial emitida por el gobierno de Chile en una resolución emitida por el Ministerio de Educación concerniente a la infraestructura dañada a causa del tsunami en el territorio nacional, con la identificación de las unidades educativas afectadas que han sido caracterizadas en el mapa de inundación.

El resultado observado fruto de esta comparación, fue la determinación del número de unidades educativas que como producto de la simulación fueron afectadas, estableciendo de esta forma un indicador cuantitativo que mide la efectividad del modelo.

16.5. Impacto económico

Otro aspecto concluyente del presente trabajo, es la justificación económica, dado que con datos duros, se cuantificó el valor de una vida llegando a la conclusión de que la rentabilidad de la inversión es mayor que la tasa actualizada o de rechazo, y en consecuencia el proyecto es viable siempre y cuando que a raíz de la implementación del mismo se salven 4 o más vidas. Se hace hincapié que con una alerta temprana y un adecuado mapa de evacuación donde se identifiquen las zonas seguras ante la amenaza de un tsunami, la posibilidad de salvar cientos de vidas, es real.

16.6. Generalización

También, como fruto de la experiencia, se pudo establecer un framework genérico para organizaciones cuyo dominio sea la gestión de una respuesta ante cualquier emergencia. Aquí se considera organizaciones en todo tipo de industria: banca, salud, organizaciones de ayuda humanitaria, defensa, etc.

16.7. Trabajos futuros

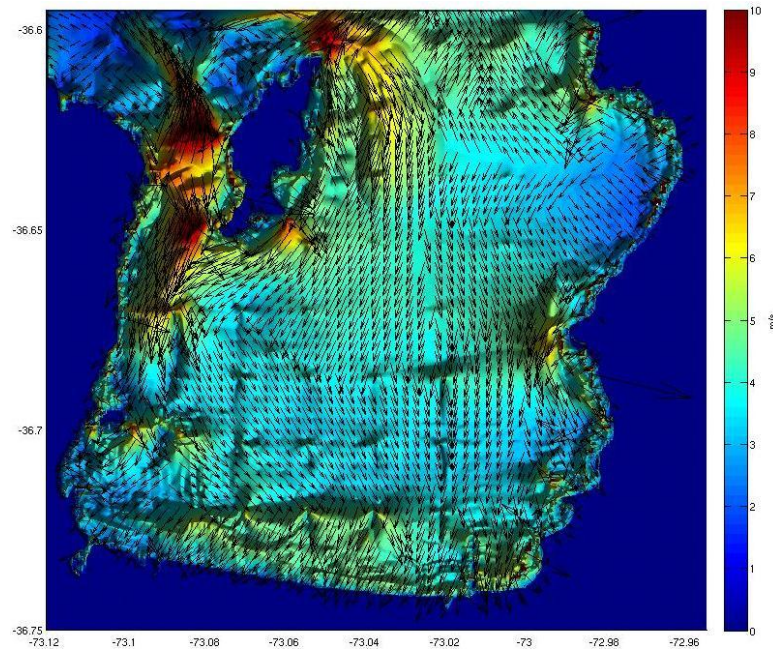
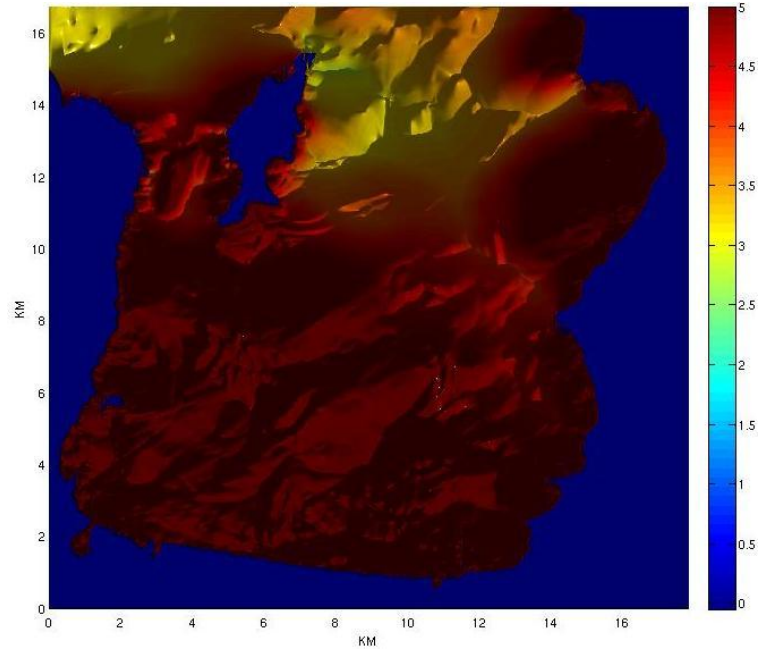
Finalmente, se concluye que la formalización del presente modelo de negocio, brinda la gran posibilidad de continuar con investigaciones que aporten otro tipo de herramientas y medidas en los procesos de respuesta propiamente tal o integrándose para atrás con los procesos de prevención y/o integrándose hacia adelante con los procesos de rehabilitación. Todo ello, con el objeto de fortalecer y guiar los esfuerzos del país, para generar el impulso político necesario para velar por que se utilice la reducción del riesgo de desastres como base para el establecimiento de una agenda válida y sólida para su resiliencia y su desarrollo.

17. BIBLIOGRAFÍA

- BARROS, O. Diseño integrado de negocios, procesos aplicaciones TI.
- BARROS, O. Ingeniería e-Business, ingeniería de negocios para la economía digital.
- <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/english/e-knowledge/tebiki.html>
- <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/english/index.html#>
- BARROS, O. 2000. Rediseño de Procesos de Negocios mediante el uso de Patrones. Dolmen.
- BARROS, O. 2004. Business Process Patterns and Frameworks: Reusing Knowledge in Process Innovation. Working paper 56. DII, Universidad de Chile.
- Barros, O., & Julio, C. (2010). Application of Enterprise and Process Architecture patterns in Hospitals. BPTrends.
- Barros, O., & Julio, C. (2010). Enterprise and Process Architecture Patterns. BPTrends, 1-15.
- Hax, A. (2010). The Delta Model: Reinventing your Business Strategy. Springer.
- Riquelme S. (2011). Desarrollo de un sistema de alerta temprana basado en la fase w y modelamiento de tsunamis
- Johnson, M. W., Christensen, C. M., & Kagermann, H. (2008). Reinventing your business model. Harvard Business Review.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2001). The Strategy-focused Organization: How Balanced Scorecard Companies thrive in the new business environment. Harvard Business School Press.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). The Balanced Scorecard: Translating Strategy to Action. Boston: Harvard Business School Press.
- Porter, M. (1996). What is Strategy? Harvard Business Review.
- White, S. A. (2004). Introduction to BPMN. BPTrends.

ANEXOS

ANEXO A. Resultado gráfico del modelamiento numérico del tsunami del 27 de febrero de 2010, en la bahía de Talcahuano



ANEXO B. Generación de mapas de inundación a través del metodo Run Up en Google Earth

Visualizing Tsunami Runups with Google Earth



Overview:

Students locate their community and create polygons in Google Earth to determine what areas would be affected at different runup levels.

Objectives:

- The student will:
- put "Placemarks" of emergency locations in Google Earth;
 - customize the placemarks, and
 - add descriptions to placemarks.

Materials:

- STUDENT WORKSHEET "Visualizing Tsunami Runups with Google Earth"
- Computer with Internet access and Google Earth installed (NOTE: Google Earth may be installed for free at <http://earth.google.com>)

Activity Preparation:

- If it is not already installed, download and install the program Google Earth for each computer. It is available at <http://earth.google.com>. Download the appropriate version for the operating system on which the program will be installed. Double click on the Google Earth icon to launch the program.
- Students should be familiar with using Google Earth. They should be able to zoom in/out, move and tilt the image. If students are not familiar with Google Earth, have students do the Grades 5 - 8 "Google Earth" lesson before doing this lesson. It can be downloaded at <http://www.aktsunami.com/lesson/GTE/Exercises.html>.
- KMZ files of communities in southern Alaska are available on the ATEP website. The files should be added to Google Earth before completing the lesson. Google Earth updates its imagery regularly, so check to see whether the ATEP website or Google Earth has the most current imagery. To download the KMZ files, click the **Student Resources** button on the ATEP website at <http://www.aktsunami.com>, then go to **Satellite Imagery** to download the KMZ file for your community. The file will open in Google Earth.
- The units used for elevation in this lesson are meters. To change the elevation to meters in Google Earth go to **Tools** → **Options** and select the **3D View** tab. Select the **Meters, Kilometers** button in the **Show Elevation** section.

Activity Procedure:

- Ask students how far water would go into the community if a tsunami with a 2-meter runup were to strike. Ask how far it would reach if the tsunami had a 6-meter or 10-meter runup.
- Introduce the lesson by explaining that polygons will be created in Google Earth to demonstrate the area covered for a tsunami with a 2-, 6- and 10-meter runup. If available, use a projector to demonstrate the procedure using the Sand Point, Alaska, example as described in the STUDENT WORKSHEET.

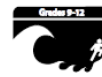
ATEP ©2008 UAF Geophysical Institute

1

GIT: Visualizing Tsunami Runups with Google Earth

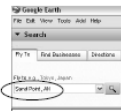
Name: _____

Student Worksheet (page 1 of 3) Visualizing Tsunami Runups with Google Earth



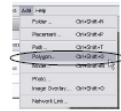
STEP 1:

Launch Google Earth and type the name of your community in the search box. Click on the magnify glass or press return.



STEP 3:

On the menu use the **Add** → **Polygon**, or click the **Add Polygon** icon from the toolbar.



STEP 4:

In the **Name** box type "2M Runup."



STEP 5:

- Click on the **Style, Color** tab.
- Double click on the **Area** color box.
- Select a yellow color and click **OK**.
- Lower the **Opacity** to 50%.



ATEP ©2008 UAF Geophysical Institute

3

GIT: Visualizing Tsunami Runups with Google Earth

Name: _____

Student Worksheet (page 2 of 3) Visualizing Tsunami Runups with Google Earth



STEP 6: In the Google Earth window, start the polygon by clicking a point that is in the ocean and away from the community. Continue clicking points to make a polygon that completely covers the community.



STEP 7: Click on the **Altitude** tab in the "2M Runup" polygon window. Enter "2m" in the **Altitude** box and select **Absolute** from the drop down menu. Click **OK** when finished.



STEP 8: Repeat steps 3 through 7 to make two more polygon layers that are the same size as the first one. Make a green polygon at the 6m level that has a 50% opacity and another at the 10m level that is red with a 50% opacity.

STEP 9: In the **Places** sidebar click on the **2M Runup** layer while the other two (6M & 10M) are off. Zoom in, tilt, and move around the image to see what areas of the community would be covered with a 2m runup.



ATEP ©2008 UAF Geophysical Institute

4

GIT: Visualizing Tsunami Runups with Google Earth

Name: _____

Student Worksheet (page 3 of 3) Visualizing Tsunami Runups with Google Earth



STEP 10: Click the 2M polygon off and click on the 6M to see the difference in the areas that would be covered. Do the same for the 10M runup.

Analyze the areas covered at the different levels by comparing them to the coast or a building.

Example: View the areas inundated by comparing them to the building in the circle.



Answer the following questions.

- Would the airport runway be covered at the 2m, 6m or 10m runup level?
_____ M runup level
- Would any schools be inundated by a 2m, 6m, or 10m runup? (Circle one)
2m runup: yes no
6m runup: yes no
10m runup: yes no
- What is the elevation of the school? (Hint: with the mouse cursor over the school, look at the bottom of the Google Earth window.)

- Are there any houses that would be reached by a tsunami with a 2m runup? (Circle one)
yes no
- What areas are primarily affected by a 2m runup? (i.e., harbor, cannery, parking lots, houses)

ATEP ©2008 UAF Geophysical Institute

5

GIT: Visualizing Tsunami Runups with Google Earth

ANEXO C. Estaciones sismológicas de Chile. Fuente: Servicio Sismológico Nacional

Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	Tipo
Cerro Chapiquiña	-69,5077	-18,3351	4480	Banda Ancha
Arica	-70,2966	-18,4906	58	Acelerómetro
Arica, Cerro Camaraca	-70,3281	-18,6141	908	Banda Ancha
Miñi Miñi	-69,5955	-19,1310	2380	Banda Ancha
Pisagua	-70,1230	-19,5972	960	Banda Ancha
PB11	-69,6557	-19,7610	1350	Banda Ancha
PB08	-69,1535	-20,1411	3060	Banda Ancha
PB01	-69,4873	-21,0432	980	Banda Ancha
PB07	-69,8861	-21,7266	1560	Banda Ancha
PB09	-69,2419	-21,7964	1535	Banda Ancha
PB04	-69,4873	-22,2653	1530	Banda Ancha
PB06	-69,5717	-22,7058	1420	Banda Ancha
PB10	-70,5541	-23,5134	265	Banda Ancha
Antofagasta	-70,4085	-23,6803	37	Periodo Corto
PB14	-70,4040	-24,6259	2640	Banda Ancha
Mina El Guanaco	-69,5904	-25,1626		Banda Ancha
Copiapó	-70,3530	-27,3570	371	Periodo Corto
Copiapó	-70,2346	-27,5937	730	Banda Ancha
Vallenar	-70,7588	-28,5755	410	Periodo Corto
Observatorio Cerro Tololo	-70,8050	-30,1670	2260	Banda Ancha
Tololo - Vicuña	-70,7993	-30,1727	2076	Banda Ancha
Los Molles	-71,5070	-32,2320	15	Acelerómetro
Cabildo	-71,0690	-32,4270	175	Acelerómetro
Zapallar	-71,4585	-32,5536	44	Acelerómetro
Cerro El Roble	-71,0149	-32,9763	2186	Banda Ancha
Olmué	-71,1730	-32,9940	173	Acelerómetro
Peldehue (Banda Ancha)	-70,6853	-33,1437	690	Banda Ancha
Casablanca	-71,4108	-33,3208	260	Acelerómetro
Farellones	-70,2907	-33,3277	2770	Banda Ancha
Cerro Calán (Banda Ancha)	-70,5368	-33,3962	865	Banda Ancha
Peñalolén	-70,5273	-33,4785	781	Acelerómetro
Rinconada de Maipú	-70,8064	-33,4892	465	Acelerómetro
Antumapu	-70,6335	-33,5692	640	Acelerómetro
Melipilla	-71,2118	-33,6870	180	Acelerómetro
Las Melosas	-70,2035	-33,8475	1510	Banda Ancha
Pichilemu	-72,0034	-34,3904	20	Acelerómetro
Pichilemu	-72,0020	-34,3600	30	Acelerómetro
Santa Cruz	-71,3677	-34,6389	167	Acelerómetro

Hualañé	-71,9303	-35,0099	488	Banda Ancha
Los Niches	-71,2243	-35,0015	220	Periodo Corto
Cobquecura	-72,7885	-36,1313	23	Banda Ancha
Chillán (Banda Ancha)	-72,0772	-36,6027	123	Banda Ancha
San Pedro de la Paz	-73,1086	-36,8442	34	Acelerómetro
Curarrehue	-71,4721	-39,5839		Banda Ancha
Puerto Montt	-72,8967	-41,4900	36	Periodo Corto
Puelo	-72,2960	-41,6637	25	Periodo Corto
Quellón	-73,6643	-43,1142	217,7	Banda Ancha
Coyhaique	-72,0813	-45,5730	235	Banda Ancha
Cochrane	-72,5903	-47,2493	198	Banda Ancha

ANEXO D. Formato de la tabla de la totalidad de recintos educativos de Talcahuano

RBD	NOMBRE_EST	POINT_X	POINT_Y
4702	LICEO ALMTE.PEDRO ESPINA RITCHIE	-73,1087077318	-36,7185551316
4703	LICEO INDUSTRIAL JUAN ANTONIO RIOS M.	-73,1055900617	-36,7517860679
4707	LICEO COMERCIAL PROFESOR SERGIO MORAGA ARCIL	-73,0913677453	-36,7468447898
4708	LICEO LAS SALINAS	-73,0902745498	-36,7464950794
4709	LICEO TECNICO	-73,1139652071	-36,7153825114
4711	ARTURO PRAT CHACON	-73,0892419588	-36,7763388961
4712	ESCUELA SANTA LEONOR	-73,0851322147	-36,7767595875
4720	ESCUELA D N° 475	-73,0947148316	-36,7783843637
4723	ESCUELA MEXICO ESTADO DE GUERRERO	-73,1159892014	-36,7143125157
4724	ESCUELA BASICA LA DAMA BLANCA	-73,1157726803	-36,7142389412
4725	ESCUELA VILLA INDEPENDENCIA	-73,0939324997	-36,7603318379
4726	ESCUELA BASICA LAS HIGUERAS	-73,1030057904	-36,7423716974
4727	COLEGIO HUACHIPATO	-73,1026082685	-36,7433132715
4728	COLEGIO LOS CONDORES	-73,0929876005	-36,7554098738
4732	ESCUELA BASICA CRUZ DEL SUR	-73,0876101222	-36,7523881027
4733	ESC.BAS. ANITA SERRANO SEPULVEDA	-73,1122541022	-36,7208466559
4734	ESCUELA BASICA LIBERTAD	-73,1117755252	-36,7340962535
4736	ESCUELA CORNETA CABRALES	-73,1155204476	-36,6906642093
4741	ESCUELA DE EDUCACION DIFERENCIAL	-73,0882279956	-36,7743289356
4742	COLEGIO REMODELACION SIMONS	-73,1086825645	-36,7243753042
4744	ESCUELA BASICA CERRO CORNOU	-73,1182060379	-36,7111999545
4746	ESCUELA BASICA BUENA VISTA	-73,1237386734	-36,7146473980
4747	ESCUELA F 500 HUERTOS FAMILIARES	-73,0861202647	-36,7597450538
4748	ESCUELA BASICA	-73,1245733423	-36,7179064093
4750	ESCUELA BASICA F 509 MANUEL MONTT	-73,0934986965	-36,7399791679
4751	ESCUELA DE EDUCACION DIFERENCIAL	-73,1067759627	-36,7389804608
4753	ESCUELA BASICA PENINSULA DE TUMBES	-73,0937215367	-36,6398985115
4754	ESCUELA BASICA CERRO SAN FRANCISCO	-73,1304474408	-36,7153962905
4758	COLEGIO CARMELA CARVAJAL DE PRAT	-73,0606737884	-36,6398063222
4762	LICEO LA ASUNCION	-73,1088254988	-36,7463413551
4776	COLEGIO PARTICULAR LOS ARAUCANOS	-73,1322366101	-36,7199642692
4777	ESCUELA PARTICULAR ESMERALDA	-73,0881997078	-36,7727444600
4778	COLEGIO PARTICULAR TALCAHUANO	-73,1017354366	-36,7384879817
4779	ESCUELA PARTICULAR ADVENTISTA	-73,1099305431	-36,7207108473
4781	ESCUELA BASICA ELIEZER	-73,0871193136	-36,7482071431
4785	COLEGIO SANTA BERNARDITA	-73,0932341761	-36,7497351978

4787	COLEGIO MIRAMAR	-73,1361674386	-36,7185663714
4792	ESCUELA SANTA CECILIA	-73,1193945891	-36,7225450964
4796	ARTURO PRAT CHACON	-73,1202772590	-36,7011831281
11417	ESCUELA ADULTOS LAS AMERICAS	-73,1008956695	-36,7397420890
11743	COLEGIO BASICO LOS LOBOS	-73,1409732947	-36,7205429207
12023	COLEGIO BASICO SAN VICENTE	-73,1222487341	-36,7242297314
12035	JARDIN INFANTIL BARQUITO DE PAPEL	-73,1122475236	-36,7244952028
12063	THE THOMAS JEFFERSON SCHOOL	-73,0598752013	-36,7845080310
17693	COLEGIO BASICO NUEVA LOS LOBOS	-73,1379954073	-36,7142689143
17703	COLEGIO ESPIRITU SANTO	-73,1016990321	-36,7472542314
17708	COLEGIO SAN CRISTOBAL	-73,0952402380	-36,7470446637
17718	JARDIN INFANTIL WONDERFUL WORDL	-73,1106788356	-36,7169105263
17767	JARDIN INFANTIL COPITOS DE NIEVE	-73,0869958891	-36,7509408912
17785	ESCUELA VILLA CENTINELA SUR	-73,1407237915	-36,7121560586
17824	COLEGIO CLARO DE LUNA COLLEGE	-73,1110686485	-36,7225361754
17833	COLEGIO ETCHEGOYEN TALCAHUANO	-73,1124891764	-36,7151903801
17836	ESCIELA DE PARVULOS SAN FRANCISCO	-73,1313879817	-36,7154086356
17837	ESCUELA DE PARVULOS EL ARENAL	-73,1124974502	-36,7337830052
17858	COLEGIO MIXTO INMACULADA CONCEPCION	-73,1137729423	-36,7153441264
17860	COLEGIO NUEVAS PALABRAS	-73,1117797834	-36,7222323157
17862	JARDIN INFANTIL MICKY MOUSE	-73,0828210933	-36,7547508131
17931	LICEO TEC.PROFESIONAL ESPIRITU SANTO	-73,1036999446	-36,7465725709
18025	ESCUELA DE LENGUAJE MAR AZUL	-73,0955947093	-36,7490773120
18029	ESCUELA DE LENGUAJE SANTA MARIETTA	-73,1111551932	-36,7208036068
18049	COLEGIO ADVENTISTA DE CONCEPCION	-73,0848921291	-36,7595981218
18062	ESCUELA DE LENGUAJE INALAF	-73,0873591013	-36,7598825964
18106	ESCUELA ESPECIAL DEL MAR	-73,1153141819	-36,7144530003
18130	ESCUELA ESPECIAL DE LENGUAJE AMANECER	-73,0832074211	-36,7510621616
18132	CENTRO EDUC. ESPECIAL LUIS ESPINOZA PIERRETTI	-73,1099037893	-36,7223062248
18172	COLEGIO AMANECER TALCAHUANO	-73,0841200523	-36,7518054997
18209	ESCUELA ESPECIAL DE LENGUAJE AYUN-ELUN	-73,0834688436	-36,7608361496
18210	ESCUELA ESPECIAL DE LENGUAJE SAN FRANCISCO DE	-73,1299499279	-36,7136299697
18235	ESCUELA DE LENGUAJE ALTUE	-73,0828175823	-36,7698667951
18241	CENTRO EDUCACION INTEG DE ADULTOS NAHUELQUIN	-73,0821662684	-36,7788974363
18254	ESCUELA ESP. DE LENGUAJE SANTA CATALINA	-73,0815149018	-36,7879280731

Fuente: Ministerio de Educación

