

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR TERREMOTO Y SUS
FENÓMENOS ASOCIADOS EN POBLACIONES DEL LITORAL DE
NARIÑO**

ROBIN GABRIEL CAMACHO LANDAZURI

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO**

2004

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR TERREMOTO Y SUS
FENÓMENOS ASOCIADOS EN POBLACIONES DEL LITORAL DE NARIÑO**

ROBIN GABRIEL CAMACHO LANDAZURI

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero
Civil**

Director:

Ing. Civil HENRY A. PERALTA BURITICÁ
Observatorio Sismológico del Sur Occidente OSSO
Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO

2004

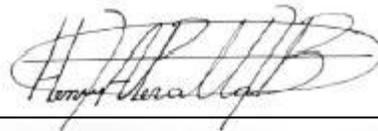
APROBACIÓN

La pasantía desarrollada en el proyecto “*EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA POR TERREMOTO Y SUS FENÓMENOS ASOCIADOS EN POBLACIONES DEL LITORAL DE NARIÑO*”, presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Civil, fue **APROBADO** por su director y el Jurado Calificador.

Atentamente,



Ing. Andrés Velásquez
Jurado Calificador



Ing. Henry A. Peralta
Director de Pasantía
Jurado Calificador

San Juan de Pasto, 23 de Agosto de 2004

Dedicado a :

Dios todopoderoso y a mis padres, *Meña y don Efra*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Saulo Landázuri, por el apoyo durante los años de estudio en la Universidad.

Maria Elba Landázuri, por todo cuanto ha compartido conmigo cual si fuere mi madre.

Ruth Camacho, por su respaldo.

El Dr. Pedro Vicente Obando Ordoñez, Rector de la Universidad de Nariño, por haberme colaborado cuando fue necesario.

El Ing. Henry Peralta por su disposición para este trabajo.

Los Ingenieros Jorge Arellano, Andrés Leusson y Johana Quiñonez, por hacer tan agradable el equipo de trabajo en el proyecto.

Los profesores Hansjürgen Meyer y Andrés Velásquez, por permitirme la participación en todas las fases del proyecto, brindarme los espacios del OSSO para la realización del informe de pasantía y por la confianza depositada.

La Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD, por permitir la participación de estudiantes (regionales) en calidad pasantes en éste tipo de proyectos.

Lorena Estrella, por estar conmigo y apoyarme en los últimos tres años.

Todas las personas que directa o indirectamente participaron para mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 ALCANCES	20
1.5 LIMITACIONES	20
1.6 ORGANIZACIÓN EN LA CUAL SE DESARROLLO LA PASANTÍA	20
1.7 INSTITUCIONES Y PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	23
2.3 AMENAZAS Y EXPOSICIÓN	24
2.3.1 Vibraciones sísmicas	24
2.3.2 Licuación de suelos	26
2.3.3 Tsunami	27
2.3.4 Escenarios históricos	28

2.4 VULNERABILIDAD FÍSICA.....	35
2.4.1 Metodología de evaluación	35
2.4.2 Insumos para la evaluación	38
2.5 VULNERABILIDAD FUNCIONAL	39
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	40
3.1 CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE APOYO TÉCNICO LOCAL.....	40
3.2 TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS AL GRUPO TÉCNICO LOCAL ...	40
3.3 ORGANIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DEL PROYECTO.....	41
3.4 FASES DEL PROYECTO	41
3.4.1 FASE I – Recolección de información.....	42
3.4.2 FASE II – Depuración y procesamiento de la información.....	45
3.4.3 FASE III – Análisis de la información.....	46
3.4.4 FASE IV – Estimación de resultados y generación de productos	46
3.5 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO EN EL ÁREA URBANA DE TUMACO	47
3.5.1 Reconocimiento de la zona de estudio	47
3.5.2 Socialización del estudio.....	47
3.5.3 Sectorización del área urbana de Tumaco.....	49
3.5.4 Inventario de elementos expuestos	53
3.6 TRABAJO DE CAMPO EN POBLACIONES.....	53
3.6.1 Socialización del proyecto en municipios.....	53
3.6.2 Reconocimiento del área de estudio y recopilación de información.....	54
4. APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS.....	57

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN TUMACO	57
4.1.1 Vivienda palafítica de madera.....	57
4.1.2 Vivienda mixta.....	59
4.1.3 Vivienda de concreto	62
5. CONCLUSIONES	66
6. RECOMENDACIONES.....	68
6.1 EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO DEL SUELO ...	68
6.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN FÍSICA.....	68
6.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN FUNCIONALES.....	70
6.4 ESTRATEGÍAS EDUCATIVAS	71
6.5 ESTRATEGÍA TÉCNICA CIENTÍFICA.....	71
6.6 EN MATERIA DE GESTIÓN DEL RIESGO	71
7. BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Mapa de la ensenada de Tumaco en 1749	15
Figura 2. Localización general de la zona de estudio	22
Figura 3. Entorno medioambiental del Litoral de Nariño	23
Figura 4. Rocas del terciario en la isla del Gallo e Isla del Morro	24
Figura 5. Epicentros de sismos históricos importantes en el Litoral	25
Figura 6. Actividad sísmica regional 1987 – 2003	25
Figura 7. La Isla de Tumaco, antes y después del tsunami de 1979	29
Figura 8. Mapa de áreas con relleno hidráulico y evidencias de licuación	30
Figura 9. Efectos del sismo de 1979 en viviendas de madera en Tumaco	31
Figura 10. Efectos del sismo de 1979 en viviendas de concreto en Tumaco	31
Figura 11. Efectos del sismo de 1979, en Viaducto el Morro	32
Figura 12. Efectos del tsunami de 1979, en San Juan de la Costa	34
Figura 13. De izquierda a derecha San Juan de la Costa en 1979 y 2003	34
Figura 14. Edificaciones destruidas por el sismo de 1979 en El Charco	35
Figura 15. Las flechas indican la exposición a tsunami	36
Figura 16. indicadores de vulnerabilidad por resistencia	37
Figura 17. Grupo de apoyo técnico local	40
Figura 18. Oficina de coordinación del Proyecto en Tumaco	41
Figura 19. Georreferenciación de poblaciones y elementos expuestos	45
Figura 20. Reconocimiento aéreo	46
Figura 21. Recorridos de campo en Tumaco	48
Figura 22. Socialización del proyecto con comunidades	49
Figura 23. Talleres en centros educativos	49
Figura 24. Grupo de apoyo técnico local, trabajando en la sectorización de Tumaco	50
Figura 25. Sectores del área urbana del municipio de Tumaco	51
Figura 26. Socialización del proyecto en los municipios	54
Figura 27. Localización de las poblaciones evaluadas	55
Figura 28. Vivienda palafítica de madera	58
Figura 29. Ejemplo de indicadores de vulnerabilidad	59
Figura 30. Palafitos en concreto	61
Figura 31. Vivienda mixta	61
Figura 32. Estructura de una vivienda de concreto	63
Figura 33. Vivienda de concreto	65

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Sectores del área urbana del Municipio de Tumaco	51
Cuadro 2. Poblaciones evaluadas	56

LISTADO DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Indicadores de vulnerabilidad física de edificaciones	76

RESUMEN

En marco del proyecto *“Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño”*^{*}, se suscribió un convenio de pasantía entre la Universidad de Nariño (a través de la Facultad de Ingeniería) y la Corporación OSSO, para la vinculación de un estudiante del programa de Ingeniería Civil en calidad de egresado.

La pasantía fue desarrollada con el grupo científico y técnico del OSSO entre los meses de marzo y septiembre, y tuvo como objetivo principal hacer el acompañamiento técnico al grupo evaluador, para apropiar y aplicar procedimientos metodológicos de evaluación cualitativa de la vulnerabilidad física de sectores de vivienda, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales de acuerdo a su grado de exposición y resistencia.

En este informe se presenta la descripción de las actividades realizadas durante el desarrollo de la pasantía, así como la experiencia realizada y los aprendizajes específicos adquiridos.

^{*} *Convenio de Cooperación N° 1005-04-408 de 2002, entre el Fondo Nacional de Calamidades – Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD y la Corporación OSSO, con el apoyo del grupo OSSO- Univalle*

ABSTRACT

In mark of the project "Evaluation of the physical vulnerability for earthquake and their associate phenomenons in populations of the Coast of Nariño"^{*}, it subscribed an internship agreement among the University of Nariño (through the Faculty of Engineering) and the OSSO Corporación, for the linking of a student of the program of Civil Engineering in graduated quality.

The internship was developed with the scientific group and technician of the OSSO between the months of March and September, and she/he had as main objective to make the technical accompaniment to the group appraiser, to adapt and to apply methodological procedures of qualitative evaluation of the physical vulnerability of housing sectors, urban systems / lines vitals and essential constructions according to its exhibition degree and resistance.

In this report the description of the activities is presented carried out during the development of the internship, as well as the carried out experience and the acquired specific learnings.

^{*} *Convenio de Cooperación N° 1005-04-408 de 2002, entre el Fondo Nacional de Calamidades – Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD y la Corporación OSSO, con el apoyo del grupo OSSO- Univalle*

INTRODUCCIÓN

En el siglo pasado, el Litoral de Nariño fue el escenario de dos grandes terremotos (1906 y 1979)¹ acompañados de fuertes vibraciones sísmicas, licuación y tsunami, los cuales generaron pérdidas materiales y de vidas humanas; poblaciones como Tumaco, San Juan de la Costa (arrasada en dos ocasiones por un tsunami), el Charco e Iscuandé entre otras, fueron las más afectadas.

Sumado a esto, la vulnerabilidad física en el Litoral de Nariño, es el factor de riesgo que continúa en aumento, sin ningún control ni planificación representado en ocupación de zonas expuestas a impacto/inundación por tsunami, urbanización de áreas con potencial de licuación, malas prácticas constructivas, crecimiento urbano desordenado, etc., (OSSO-DGPAD 2003), por tanto, el gobierno nacional a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres, lideró y financió en el año 2003 el estudio de “**Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño**”, Convenio de Cooperación N° 1005-04-408 de 2002, entre el Fondo Nacional de Calamidades – Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD y la Corporación OSSO, con el apoyo del grupo OSSO-UNIVALLE.

El Proyecto en mención, tuvo como finalidad evaluar, caracterizar y zonificar la vulnerabilidad física de las cabeceras municipales de Tumaco, Mosquera, Olaya Herrera, El Charco, Francisco Pizarro y 29 corregimientos del litoral nariñense frente a las vibraciones sísmicas, licuación e impacto por olas de tsunami; haciendo énfasis en el fenómeno más probable y severo que pudiera afectar a los elementos expuestos, como sectores de vivienda, sistemas urbanos - líneas vitales y edificaciones esenciales. A su vez, el estudio sirvió para identificar medidas factibles para el control y reducción del riesgo en el corto, mediano y largo plazo, así como para la formulación de Planes de Contingencia y el ajuste de los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial (POT y EOT) de los municipios (OSSO – DGPAD, 2003).

Como parte del Proyecto, en su componente de socialización y transferencia de conocimientos a comunidades, instituciones gubernamentales, privadas y académicas de la región, se suscribió el **Convenio de Pasantía N° 001**, entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño y La Corporación OSSO, consistente en la vinculación de un estudiante de Ingeniería Civil para la

¹ MEYER, H. Estado actual del conocimiento y control de riesgos causados por terremoto en la ciudad de Tumaco. En: Informe presentado al proyecto Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco. Cali. 1997. p.23.

realización de una pasantía en el proyecto, con una duración de seis meses (desde marzo 17 del 2003 hasta septiembre 17 del mismo año); la dirección de la pasantía estuvo a cargo del Ing. Civil Henry A. Peralta, investigador asociado del grupo técnico y científico del OSSO-UNIVALLE – Corporación OSSO.

El objetivo principal de la pasantía fue el acompañamiento al grupo técnico local*, para apropiar y aplicar procedimientos metodológicos de evaluación cualitativa de la vulnerabilidad física de sectores de vivienda, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales de acuerdo a su grado de exposición (localización frente a condiciones de amenaza determinadas – licuación, impacto/inundación por tsunami) y su resistencia con respecto a condiciones constructivas, estructurales y de estado de conservación - vulnerabilidades obvias que no requieren en primera instancia del cálculo estructural.

Las actividades generales realizadas durante la pasantía consistieron en la recolección de información (trabajo de campo), mediante recorridos terrestres, marítimos y fluviales en todas las poblaciones objeto de estudio (a lo largo de 210 km de costa); participación y asistencia en la mayoría de las reuniones de socialización del proyecto a entidades locales y comunitarias (transferencia de conocimientos); organización, procesamiento y análisis de la información recolectada (trabajo de oficina).

En este proyecto se presenta un análisis de las actividades realizadas durante el desarrollo de la pasantía, así como la experiencia realizada y los aprendizajes específicos adquiridos. Toda la información aquí contenida, está soportada con base en los resultados del Proyecto.

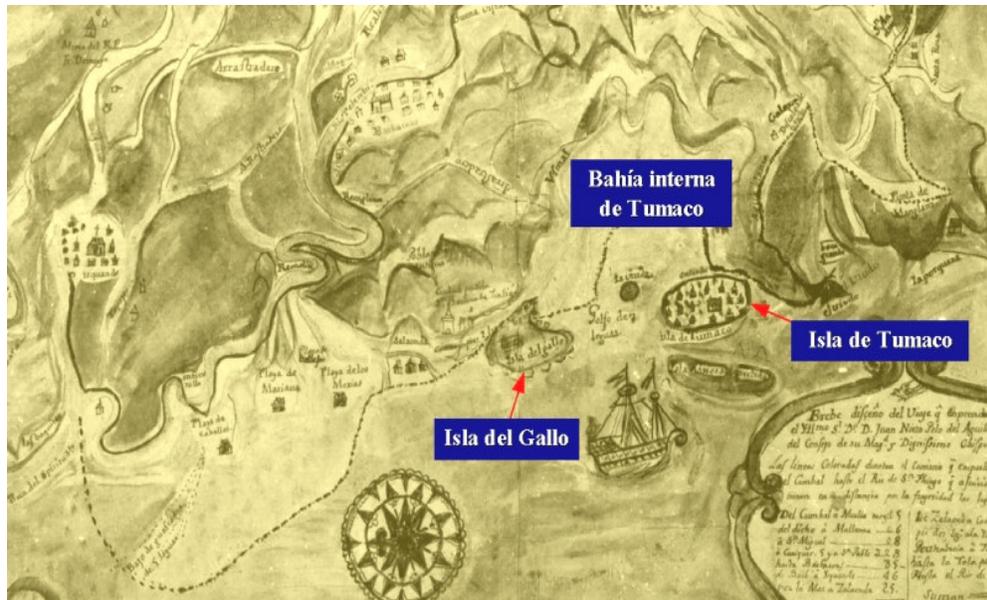
* *Grupo de apoyo técnico local*, conformado por profesionales de Tumaco: Ingenieros Civiles, Jorge Arellano García - *Coordinador local del Proyecto*, Andrés Leusson y Johana Quiñonez (egresados de la Universidad de Nariño).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

De acuerdo con OSSO (2002)², el caso más documentado de exposición a fenómenos naturales peligrosos en el Litoral de Nariño, es el de Tumaco; los primeros testimonios de intento de control de exposición datan de poco después de su fundación – mitad del siglo XVII - cuando se traslado a su ubicación actual buscando playas y puertos más abrigados, al igual que Salahonda³. En la Figura 1, se muestra la ensenada de Tumaco en un mapa de 1749.

Figura 1. Mapa de la ensenada de Tumaco en 1749.



Fuente: Del Archivo General de Indias – España, en OSSO, 2002

Después del terremoto de 1906, fue comisionado por el gobierno nacional el Ingeniero Miguel Triana, para evaluar las consecuencias del desastre y

² OSSO 2002. Propuesta: Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del litoral de Nariño. Cali. 2002. p.4.

³ MEYER, Op. cit., p.25.

recomendar medidas de mitigación, como la de proteger a las islas de Tumaco del impacto de las olas y corrientes marinas, construyendo barreras naturales, específicamente “ayudándole a crecer a la Isla del Guano”⁴, dos veces erosionada por la acción del tsunami en 1906 y 1979.

Aún cuando existen antecedentes históricos de la especial problemática de Tumaco en cuanto a la dinámica ambiental y en particular su alta exposición al fenómeno sísmico, solo algunos años después del desastre de 1979⁵ y con la creación de la Oficina Nacional de Prevención y Atención de Desastres, se iniciaron programas sistemáticos para evaluar y controlar localmente las amenazas y vulnerabilidades, así como estudios más puntuales.

Luego, en el marco del “Programa para la mitigación de riesgos en Colombia”, González realizó el “*Estudio preliminar de vulnerabilidad sísmica de Tumaco*”⁶, el cual aportó conocimiento en cuanto a las condiciones geotécnicas del área urbana, tipificación de deficiencias constructivas, inventario de viviendas (materiales de construcción, tipo de cimentación, sistemas estructurales, cerramientos, cubierta, etc). Igualmente en el marco de este programa se inicia la puesta en operación del “*Sistema Nacional para la Detección y Alerta de Tsunami*”⁷.

En la década de 1990 se realizó el primer modelamiento numérico de tsunami para Tumaco, que consistió en el cálculo de la altura y del tiempo de llegada de una ola de tsunami, generada en la zona de subducción Colombia-Ecuatoriana.

En el mismo periodo, se realizó el estudio de “*Simulaciones numéricas de propagación de tsunami para la costa pacífica*”. Entre los productos más importantes del estudio, están la altura máxima de ola de eventos cercanos y el tiempo de llegada de la misma.

De acuerdo con OSSO (2002), pocos años más tarde, la Alcaldía de Tumaco inicia la gestión de lo que sería la reubicación hacia el continente de los barrios palafíticos más expuestos a impacto por tsunami (Barrios la playa, Bajito Tumac, Maria Auxiliadora) - “Proyecto ALA” - financiado por la Comunidad Económica Europea. El proyecto dotó de viviendas al rededor de unas 1000 familias, pero quedó lejos de resolver el problema de varios miles más.

⁴ Ibid., p.30.

⁵ Ibid., p.23.

⁶ GONZÁLES, Samir. Estudio preliminar de Vulnerabilidad Sísmica de Tumaco. Cali. 1991. p.20.

⁷ MEYER, Op. cit., p.35.

Meyer⁸, aportó (para ASESORIAS MUNICIPALES), un documento del *“Estado actual del conocimiento y control de riesgos causados por terremoto en la ciudad de Tumaco”*.

En el 2002, el INGEOMINAS, OSSO y DIMAR, elaboraron el mapa de integración de amenaza por licuación: *“Zonificación geotécnica por licuación del casco urbano del Municipio de Tumaco y sus zonas aledañas”*⁹. En el mismo año, la DIMAR elaboró el mapa de inundación por tsunami para el área urbana de Tumaco, identificando las rutas y zonas seguras para la evacuación de la población en caso de tsunami.

Igualmente en el 2002, La Universidad del Cauca elaboró para la DGPAD el *“Estudio de la vulnerabilidad social por tsunami en la zona insular del casco urbano de Tumaco”*, con la finalidad de conocer la percepción del riesgo en la población ante la ocurrencia de un tsunami (UNICAUCA, 2002).

Finalmente en el 2003, La Corporación OSSO con el apoyo de grupo OSSO de UNIVALLE, realizó para la DGPAD el estudio de *“Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño”*. Los resultados obtenidos generaron insumos para el ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial (P.O.T) de Tumaco, y los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) en los otros municipios; así como para la formulación de Planes de Contingencia y Emergencia (OSSO-DGPAD, 2003).

Los estudios técnicos anteriores, como los recientes, brindan herramientas para comprender y conocer en una primera aproximación las amenazas del territorio, y su vulnerabilidad física de manera general, lo que permite priorizar acciones y estrategias para la mitigación del riesgo sísmico.

Resultado de lo anterior y con base en los estudios realizados, la DGPAD elaboró en el presente año (2004), *“El Plan local de emergencia y contingencia – PLEC, para el área urbana del municipio de Tumaco”*. Actualmente se está desarrollando la fase de la elaboración de las herramientas educativas y de divulgación del PLEC por parte de entidades locales; igualmente la publicación de un texto educativo - *“Nosotros, Tumaco y el Medio Ambiente – una invitación a reconocer el sitio en que vivimos”*, por parte de la Corporación OSSO - con el apoyo del grupo OSSO de UNIVALLE, dirigido a estudiantes desde quinto de primaria en adelante de las escuelas y colegios del municipio.

⁸ Ibid., p.60.

⁹ INGEOMINAS, OSSO y DIMAR. Integración del Mapa de potencial de licuación de suelos para Tumaco. 2002.

Gracias al interés, liderazgo y financiación del gobierno nacional, representado en la DGPAD para apoyar este tipo de proyectos, se puede decir, que a diferencia de otras poblaciones de Colombia, hoy en día el área urbana de Tumaco cuenta con mayor información sobre sus amenazas naturales, vulnerabilidades y riesgos, productos que son aplicables a futuros programas de la mitigación de desastres.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las malas prácticas constructivas, la urbanización en zonas de alto riesgo (p. ej sobre suelos inadecuados, áreas inundables, terrenos de bajamar); la falta de aplicación y control de las normas sísmicas existentes - por desconocimiento y/o negligencia para la construcción de vivienda y obras de infraestructura; la pobreza de las comunidades, entre muchos otros factores (sociales, políticos, ideológicos, económicos, culturales, etc), así como el desconocimiento por parte de una comunidad de sus amenazas naturales, y las malas relaciones con su entorno, se han traducido en un incremento acelerado de la vulnerabilidad física de las poblaciones colombianas.

Terremotos como los de Tumaco 1979, Popayán 1983, Armenia 1999, por ejemplo, han sacado a relucir estas condiciones de vulnerabilidad, que se ven reflejadas en cuantiosas pérdidas de vidas humanas y materiales siendo afectados miles de edificaciones de ocupación normal, sistemas urbanos y líneas vitales (acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, telecomunicaciones, infraestructura vial, portuaria, aeroportuaria, etc), así como estructuras y edificaciones indispensables (clínicas, hospitales, centros de salud, etc), de atención a la comunidad (bomberos, policía, cruz roja, defensa civil, etc) y de uso especial (edificios gubernamentales, escenarios de ocupación masiva, instituciones educativas, etc), muchas de estas estructuras diseñadas y construidas sin ninguna normatividad sísmica o desactualizadas a la luz de la NSR-98.

Actualmente, y con la finalidad de evitar que los elementos expuestos ante la amenaza sísmica sigan creciendo sin ningún control ni planificación, la legislación vigente como el Decreto 919 de 1989¹⁰, mediante el cual se crea el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Ley 99 de 1993, que crean del Ministerio del Medio Ambiente, identifican e imponen la evaluación de riesgos y la reducción de vulnerabilidades como las estrategias más adecuadas para controlar el potencial de desastres y exigen la adopción de medidas eficaces aún frente a la falta de certeza científica absoluta sobre los peligros.

Además de la nueva versión de la Ley 400 de 1997, Norma Colombiana de Diseño

¹⁰ SNPAD. Codificación de Normas – Decreto N° 919. Sistema Nacional para la prevención y atención de desastres. Bogotá. 1989.

y Construcción Sismorresistente - NSR-98, que entró en vigencia el 19 de febrero de 1998, establece los estudios que se deben efectuar para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes.

De acuerdo con lo anterior, existe por parte de las entidades nacionales, regionales y locales, una gran responsabilidad para abordar este tipo de estudios con la finalidad de priorizar las acciones para mitigar el riesgo sísmico.

Por tanto, las instituciones académicas juegan un papel importante para contribuir en la búsqueda de soluciones a ésta problemática, primero que todo, fortaleciendo la formación académica de sus estudiantes (futuros profesionales) mediante la participación en este tipo de proyectos, y segundo, estimulando la creación de líneas de investigación y la formulación de nuevos proyectos, que apunten hacia la mitigación del riesgo de la región.

La vinculación de la Universidad de Nariño como institución académica del orden regional al proyecto, mediante convenio de pasantía de uno de sus estudiantes de Ingeniería Civil, a través de su Facultad de Ingeniería; así como la vinculación de los Ingenieros Civiles, Andrés Leusson y Johana Quiñónez (ambos tumaqueños) egresados de la misma universidad y que conformaron el grupo técnico local, constituyó un aporte hacia la preparación de profesionales de la región y fortalecimiento de la capacidad técnica local, en el tema de la vulnerabilidad física, de una de las regiones más deprimidas social y económicamente del país como lo es el Litoral de Nariño.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Hacer el acompañamiento al grupo técnico local, para apropiar y aplicar procedimientos metodológicos para evaluación cualitativa de la vulnerabilidad física por terremoto y fenómenos asociados, de sectores de vivienda, sistemas urbanos/líneas vitales y edificaciones esenciales, de acuerdo a su grado de exposición y resistencia en poblaciones del litoral de Nariño.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Ⓣ Apropiar los procedimientos metodológicos de evaluación de vulnerabilidad física de poblaciones.
- Ⓣ Recolectar información, procesar, analizar y evaluar con el grupo de trabajo la vulnerabilidad física por sectores de vivienda, sistemas urbanos y comunitarios, identificados en cada una de las poblaciones objeto de estudio.

⑩ Participar y apoyar en el trabajo de socialización del proyecto a entidades sectoriales, académicas y comunitarias.

⑩ Identificar con el grupo de trabajo alternativas específicas de aplicación generalizable (según sectores de vivienda o tipologías constructivas, localización, etc), medidas y/o estrategias para la mitigación del riesgo de los elementos o sectores determinados como vulnerables.

⑩ Observar y determinar aspectos constructivos e indicadores de vulnerabilidad en edificaciones y estructuras (p. ej estructuras flexibles, falta de amarres, irregularidades geométricas y estructurales, etc).

1.4 ALCANCES

Participación en todas las fases del proyecto - empoderamiento de metodologías y procedimientos para evaluar la vulnerabilidad física; recolección de información mediante recorridos (terrestres, marítimos y fluviales); socialización del proyecto a entidades y comunidades; procesamiento y análisis de la información (de sectores de vivienda, edificaciones esenciales, sistemas urbanos y líneas vitales, etc), en cinco cabeceras municipales y 29 corregimientos del Litoral de Nariño.

1.5 LIMITACIONES

Por razones de orden público, no se pudo visitar y evaluar las cabeceras municipales de La Tola e Iscuandé - Santa Barbara.

1.6 ORGANIZACION EN LA CUAL SE DESARROLLÓ LA PASANTÍA

La Corporación OSSO es una organización sin ánimo de lucro y de beneficio público (Resolución No. 17-A del 29 de febrero de 1996 del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA del Municipio de Cali), dedicada a *“promover, apoyar y ejecutar investigaciones científicas, difusión y extensión de conocimientos, apropiación y desarrollo de metodologías y de tecnologías así como actividades afines, en los campos de la dinámica de la tierra sólida, de la hidrósfera y de la atmósfera, y de sus interacciones con la sociedad”*. Su principal actividad es el apoyo del grupo de investigación del OSSO - UNIVALLE. Dicha institución la constituyen directivos del OSSO. Los miembros de la Corporación OSSO fundaron el grupo de investigación “ OSSO” en la Univalle, que acaba de cumplir 17 años de labores ininterrumpidas.

El grupo OSSO ha recibido reconocimientos como el Premio a la Mitigación de Desastres de las Naciones Unidas (Premio Sasakawa, 1997) y, en dos ocasiones, la clasificación de COLCIENCIAS como grupo de excelencia del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

1.7 INSTITUCIONES Y PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

El Proyecto fue liderado y financiado por el Gobierno Nacional, a través Ministerio del Interior y de Justicia – representado en la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres – DGPAD, cuyo Director es el Dr. Eduardo José González Angulo; la interventoría estuvo a cargo de la Dra. Adriana Cuevas de la DGPAD.

La dirección científica y técnica del Proyecto, estuvo a cargo de los profesores Hansjürgen Meyer, Director de la Corporación OSSO y Andrés Velásquez, Director del OSSO - UNIVALLE, ambos docentes titulares de la Universidad del Valle. La coordinación general estuvo a cargo del Ingeniero Civil Henry Adolfo Peralta Buriticá (Director de la Pasantía – Convenio Universidad de Nariño); el equipo de apoyo técnico local se constituyó por Ing. Andrés Felipe Leusson Barahona, la Ing. Johana Merly Quiñones Paz y por el autor de esta pasantía, la Coordinación local estuvo a cargo del Ing. Civil Jorge Olmedo Arellano García.

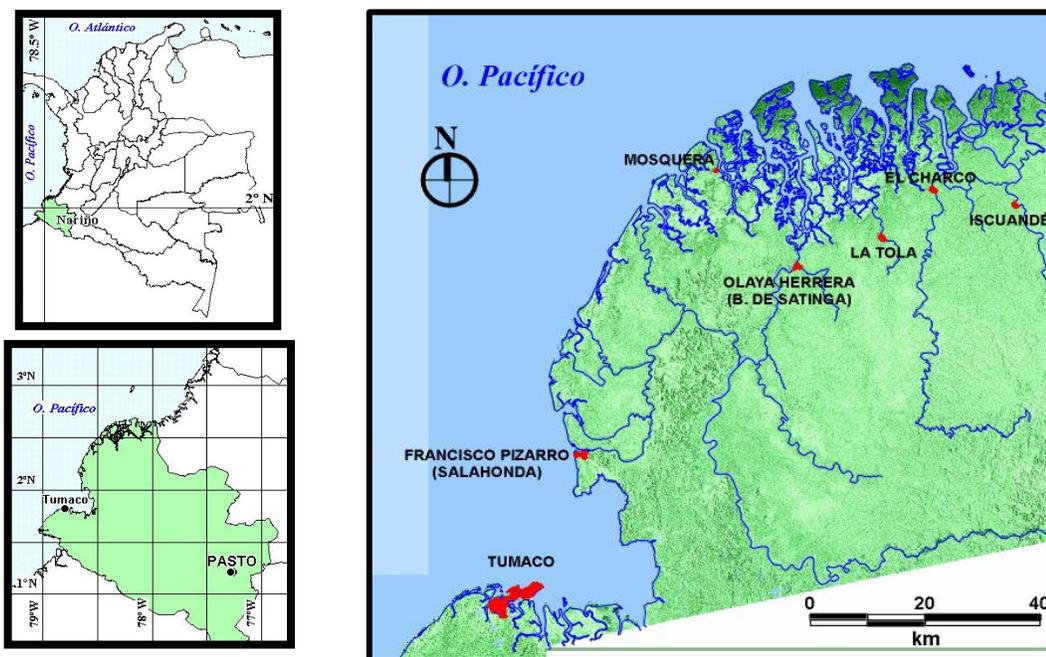
Durante el desarrollo del Proyecto se contó con el apoyo de la mayoría de instituciones y administraciones municipales de las poblaciones objeto de estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se extendió desde el corregimiento Vaquería Gran Colombia, ubicado al sur Occidente de Tumaco hasta la cabecera municipal de El Charco, a lo largo de 210 km de costa. Las poblaciones estudiadas comprenden cinco cabeceras municipales (Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera y El Charco) y 29 corregimientos (Ver Figura 2), emplazadas sobre terrenos bajos, barras de arena, depósitos intermareales, zonas de manglar y depósitos aluviales. “La altura sobre el nivel del mar no excede los 5 m y las diferencias intermareales son de 3.5 m aproximadamente”¹¹.

Figura 2. Localización general de la zona de estudio.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

¹¹ VELÁSQUEZ, et. al. Zonificación de amenazas por tsunami y licuación en el litoral de Nariño. En: I Congreso Latinoamericano de sismología y II Congreso Nacional de ingeniería sísmica. Armenia. 2004.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

El Litoral de Nariño está influenciado por extraordinarias condiciones geológicas, oceánicas, hidrológicas, climáticas y biológicas, creando un ambiente de gran complejidad y dinámica en permanente transformación. Su clima, es cálido y muy húmedo, lo que contribuye, con el aporte de la abundante vegetación, a meteorizar y erodar rápidamente la Cordillera Occidental, sedimentos que son transportados hasta la costa por los grandes ríos que descienden de esta, conformando los suelos, detrás de los cuales, se extienden terrenos de manglares, que pueden alcanzar muchos kilómetros de ancho, intersectados por una densa red de ríos y esteros, que también responden a la oscilación mareal¹² (Ver Figura 3).

Figura 3. Entorno mediambiental del Litoral de Nariño.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Igualmente, la interacción de procesos físicos y biológicos actuales, superficiales, rápidos, variables y además influenciados por el ser humano, han sido los "grandes creadores de los terrenos que conforman la costa del Litoral"¹³, ayudados por las fuertes corrientes oceánicas y los cambios fluviales que interactúan para crear y destruir permanentemente formaciones costeras, por lo que el Mangle (la especie vegetal más abundante en la zona) evita o disminuye la erosión de la costa, debido a que él atrapa entre sus raíces, los limos y arenas que transporta el mar y los ríos, creando y consolidando miles de kilómetros cuadrados

¹² Ibid., p.19.

¹³ Ibid., p.30.

de nuevas tierras⁽¹⁾.

Sin embargo en la región sobresale una franja de rocas del Terciario en los municipios Francisco Pizarro - Salahonda (Isla de Gallo) y la porción Norte de la Isla El Morro en la cabecera municipal de Tumaco - en la zona turística - (Ver Figura 4).

Figura 4. Rocas del terciario en la isla del Gallo e Isla del Morro.



Fuente: Reina & Solano, 1996



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

2.3 AMENAZAS Y EXPOSICIÓN

El Litoral de Nariño se encuentra localizado sobre una de las fuentes sísmicas más activas del país, la Zona de Subducción del Pacífico, donde se pueden presentar terremotos de grandes magnitudes, con alto potencial tsunamigénico¹⁴. Esta fuente sísmica, causó los dos sismos más grandes conocidos hasta ahora en la historia de Colombia, el primero en enero de 1906 con una magnitud de 8,6 y el último en diciembre de 1979 con magnitud de 7,9 (Okal, 1992). Estos dos eventos ocasionaron tres tipos de fenómenos asociados: vibraciones fuertes del terreno, licuación de suelos y tsunami. En las siguientes dos Figuras (5 y 6), se muestra la localización de los sismos históricos y la sismicidad de actual de la región.

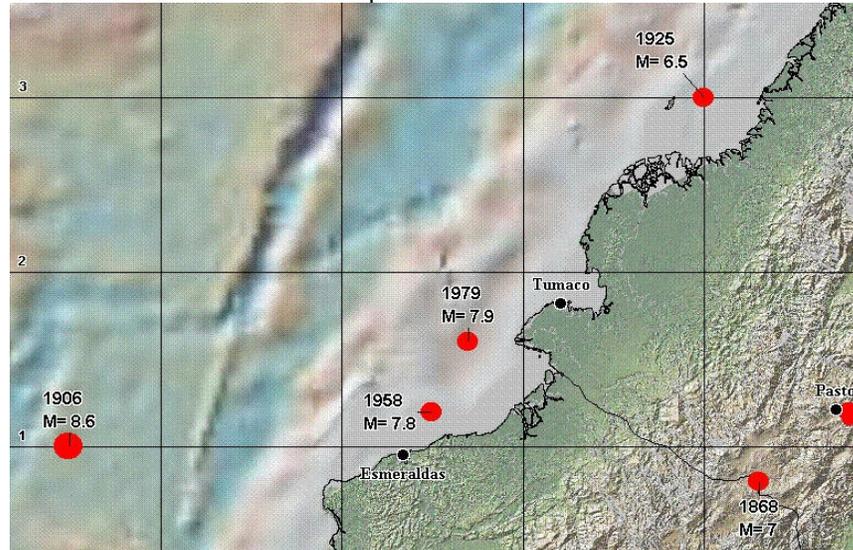
2.3.1 Vibraciones sísmicas. Las vibraciones sísmicas, están asociadas a la propagación de las ondas sísmicas, que se amplifican o atenúan de acuerdo al medio por el cual se propagan y el tipo de irregularidades que encuentren en su

(1) MEYER, H & RODRIGUEZ, E. Prevención de tsunami en costa de Manglar – Tumaco, Colombia, citado por VELÁSQUEZ, et. al. Op. cit.

¹⁴ MEYER, H. Desarrollo des Sistema General de Alerta de Tsunami. En: Memorias VII Congreso Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. Cali. 1990.

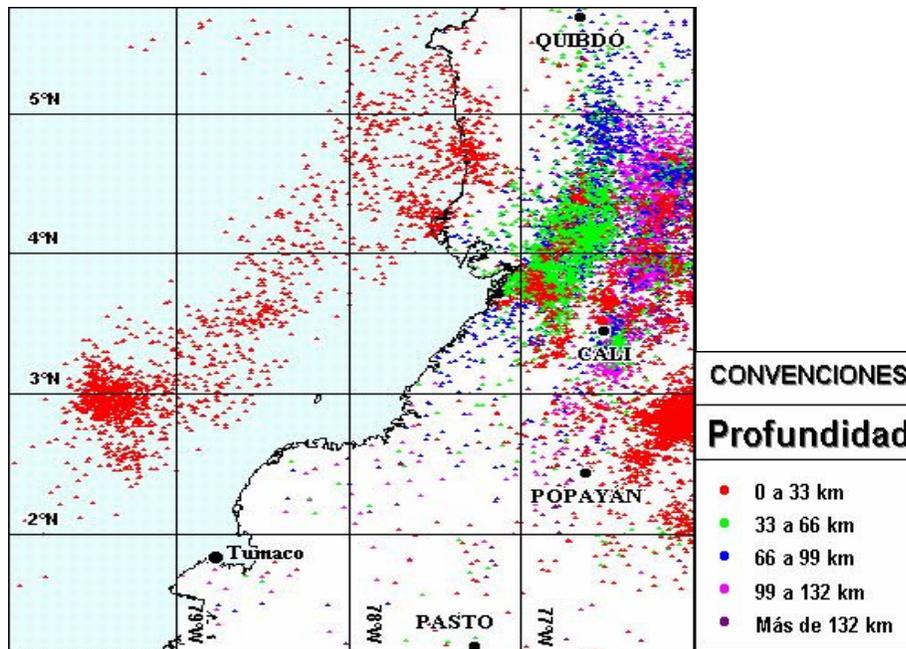
trayecto desde la fuente hasta la superficie. “Generalmente los estratos de suelos blandos amplifican las ondas sísmicas, a diferencia de los estratos de suelo duros o densos”¹⁵.

Figura 5. Epicentros de sismos históricos importantes en el Litoral.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Figura 6. Actividad sísmica regional 1987 – 2003.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

¹⁵ PERALTA, Henry. Escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico de las edificaciones de uno y dos pisos en el barrio San Antonio. Cali. 2002. p.63.

La experiencia aportada por terremotos pasados, ha demostrado que las condiciones locales del sitio afectan las características del movimiento del terreno, condición que influye significativamente en el daño de las edificaciones. Los estudios sísmicos han demostrado que la intensidad de los efectos sobre las construcciones está directamente relacionadas con el tipo de suelo sobre el cual se emplazan. "Las edificaciones y las estructuras construidas sobre roca compacta y suelo firme se comportan mejor que aquellas sobre terrenos blandos"¹⁶.

De acuerdo con el estudio de amenaza sísmica del país, el Litoral de Nariño se encuentra localizado sobre terrenos que pueden alcanzar aceleraciones hasta del orden de 0.40 g, por lo que se esperan vibraciones fuertes, ya evidenciadas en terremotos pasados como los del 31 de enero de 1906 y el 12 de diciembre de 1979 (del cual se tienen mayores datos). Este último sismo, aunque de menor duración que el de 1906, también causó vibraciones muy fuertes, a tal punto que nadie podía permanecer en pie.

De casi todas las localidades costeras no se tiene noticia de los efectos de las vibraciones sísmicas, debido a que sobre éstos se superpuso el tsunami, tanto en 1906 como en 1979, de tal manera que los reportes se concentran en él.

2.3.2 Licuación de suelos. La licuación se entiende como la pérdida de la capacidad portante de un depósito de suelo, sometido a rápidas excitaciones sísmicas, que puede ocasionar el "hundimiento" de estructuras y/o edificaciones, que se encuentran cimentadas sobre él. Los depósitos de suelo más susceptibles a este tipo de fenómenos, son los sueltos y saturados de agua, como los arenosos.

En el caso de zonas costeras, este fenómeno no es estacionario en el tiempo y depende de factores como la profundidad del nivel freático, a su vez influenciado por el régimen de la marea y por la ocurrencia de lluvias prolongadas y saturación de los suelos, por cambios en las barras y bajos de arena producto de las corrientes fluviales y litorales, y por la ejecución de rellenos no técnicos.

Debido a que la mayoría de las poblaciones del Litoral, están emplazadas sobre arenas no cohesivas saturadas de agua, la licuación de los suelos se constituye en uno de los fenómenos asociados a un sismo, con alta probabilidad de ocurrencia, que se evidenció en la concentración de licuación en rellenos de tipo artificial, el agrietamiento de los suelos, hundimiento de las cimentaciones y extrusión de arenas y lodos durante el evento de 1979.

¹⁶ Ibid., p.90.

Según Herd¹⁷ durante el terremoto de 1979 se presentaron hundimientos del terreno en las poblaciones evaluadas así: Tumaco, 15 - 30; Canal de acceso al puerto de Tumaco, 50; Guapi, 25 -30; Bazán, 40 - 45; El Charco, 50 - 60; Isla Gorgona, 80; San Juan de la Costa, 120 - 160; Bocana de Rompido (en el extremo norte de la barra de Boca Grande), 60; medida en cm.

En ambos terremotos fueron comunes los corrimientos laterales de terrenos, por ejemplo en cercanías de cauces de ríos y el surgimiento de chorros de arena y agua producto de las presiones que generan las vibraciones sísmicas sobre suelos arenosos saturados (licuación).

2.3.3 Tsunami. El tsunami es un fenómeno marítimo, asociado al repentino movimiento vertical del fondo oceánico durante la ocurrencia de un terremoto cercano, generando grandes olas que pueden ocasionar desastres, por el impacto de las olas, inundación y erosión de los terrenos en las costas, y en los causes de los ríos . El término “tsunami” es una palabra japonesa que significa “gran ola en el puerto”, también se conoce como maremoto y localmente, como “la ola” u “ola de visita”¹⁸.

De acuerdo con Meyer¹⁹, la exposición por tsunami es variable en el tiempo y depende de los niveles de marea registrados, y los cambios de morfología costera, determinados por la interacción de procesos geológicos, marinos, fluviales y biológicos.

En relación con el tsunami, las poblaciones asentadas a lo largo de la Costa Pacífica colombiana, además de presentar una alta amenaza sísmica, están expuestas a fuentes de tsunami cercanas (por la zona de Subducción del Pacífico) y lejanas (sismos trans-oceánicos)²⁰.

Según Meyer²¹, los sismos generados en la fuente cercana en los años de 1906 y 1979 son considerados, entre los eventos más grandes del siglo pasado cuyo impacto abarcó, en el primer caso, toda la costa colombiana y en el segundo

¹⁷ HERD, D. et. al. The great Tumaco, Colombia earthquake of 12 december 1979. Science. Vol. 211, N°. 4481; p. 441-445.

¹⁸ MEYER, H & VELÁSQUEZ, A. Aproximación al riesgo por tsunami en la costa del pacífico en Colombia. Cali. Publicaciones ocasionales del OSSO No.8. Observatorio Sismológico del Soroccidente. 1992. p.45.

¹⁹ MEYER, Op. cit., p.65.

²⁰ CAICEDO, J. et. al. Simulaciones Numéricas de propagación de tsunami para la Costa pacífica Colombiana. En: Publicaciones sobre tsunami en el Pacífico colombiano. Cali. 1996. p.30.

²¹ MEYER, Op. cit., p.40.

causó una seria destrucción en los departamentos de Nariño, Cauca y una parte del Valle del Cauca.

Dos casos particulares de afectación por estos sismos corresponden a la doble desaparición en el siglo pasado de la Isla El Guano, localizada frente a la Isla de Tumaco, y de la población de San Juan de la Costa, ubicada al norte de la ensenada de Tumaco²².

2.3.4 Escenarios históricos. Este se puede definir como el cuadro de manifestaciones y consecuencias del impacto de un fenómeno natural en el pasado. Es un elemento fundamental para la evaluación de vulnerabilidades, así como el estudio de su evolución en el tiempo. Para el Litoral de Nariño, los eventos que han permitido derivar estos escenarios son los desastres de 1906 y 1979²³.

✓ **Terremoto del 31 de enero de 1906** De acuerdo con Rudolph & Szirtes²⁴, *“en esta época Tumaco estaba conformada por edificaciones de madera, de uno y dos pisos. El movimiento telúrico según relatos de la época, fue muy prolongado (unos cinco minutos); solo algunas edificaciones fueron afectadas gravemente y no hubo víctimas; se reportaron manifestación de licuación de áreas de playa. El tsunami se presentó en horas de mínimo nivel de marea de pleamar “puja”, solo afectó algunos depósitos de mercancías. La isla El Guano desapareció erosionada por la acción del Tsunami. A lo largo del litoral se presentaron graves estragos y un elevado número de víctimas, principalmente por las olas de tsunami. La información que existe sobre los efectos de este evento es muy escasa.*

✓ **Terremoto del 12 de diciembre de 1979** De acuerdo con OSSO (2002), aunque se trata de un terremoto que se manifestó en similares condiciones de marea (mínima quincenal), como el de 1906, no ocasionó pérdidas por impacto tsunami en la Isla de Tumaco. Sin embargo de menor magnitud, extensión regional y altura de olas, generó un escenario de pérdidas materiales y humanas mucho mayores (existencia de mayor volumen y exposición de elementos vulnerables) debidas no solo al aumento de la población y viviendas, sino por los cambios en las tipologías edificatorias y construcción sobre rellenos, zonas de bajamar que fueron afectados por vibraciones sísmicas fuertes y la licuación del suelo.

²² Ibid., p.90.

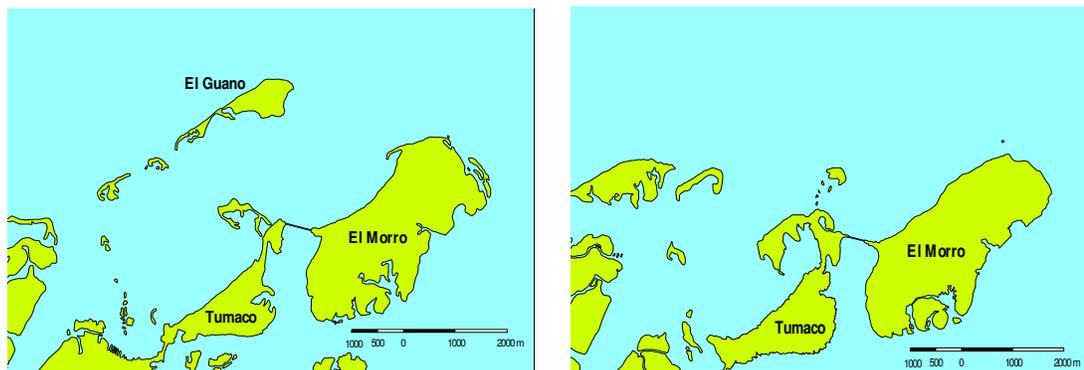
²³ OSSO, Op. cit., p.6.

²⁴ RUDOLPH, E & SZIRTES, S. El terremoto colombiano del 31 de enero de 1906. Leipzig. Vol. XI, N^o. 1; 1911. p- 19 – 23.

Este escenario de pérdidas pudo haber sido mayor si hubiese ocurrido en marea alta (pleamar) y además, porque los bajos de El Guano y El Bajito se habían recuperado desde su destrucción en 1906 y volvieron a servir de barreras naturales para amortiguar el impacto de las olas. “Durante este evento las olas alcanzaron a llegar a Tumaco pasando la Avenida La Playa e inundando las viviendas localizadas en su costado sur. En esta época la avenida bordeaba la playa sobre la cual no había, como hoy, viviendas ni otro tipo de edificaciones”²⁵ .

En la Figura 7, se presentan dos croquis de la isla de Tumaco antes y después del tsunami de 1979. En estos mapas se puede observar la desaparición de la Isla El Guano por el tsunami y el cambio en la playa de la isla El Morro por los efectos de las corrientes de agua.

Figura 7. La Isla de Tumaco, antes y después del tsunami de 1979.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

En cuanto a la licuación de suelos y de acuerdo con Meyer²⁶, los testimonios de los terremotos desastrosos de 1906 y 1979 confirman la ocurrencia del fenómeno, con excepción de una colina - no urbanizada - en el extremo de la isla El Morro, todo el territorio insular esta conformado por suelos de arena²⁷ no cohesiva, con niveles freáticos altos. Para el sismo de 1906²⁸ sólo hay testimonios de licuación en áreas de playa.

²⁵ OSSO, Op. cit., p.10.

²⁶ MEYER, Op. cit., p.65.

²⁷ GONZÁLES, Op. cit., p.35.

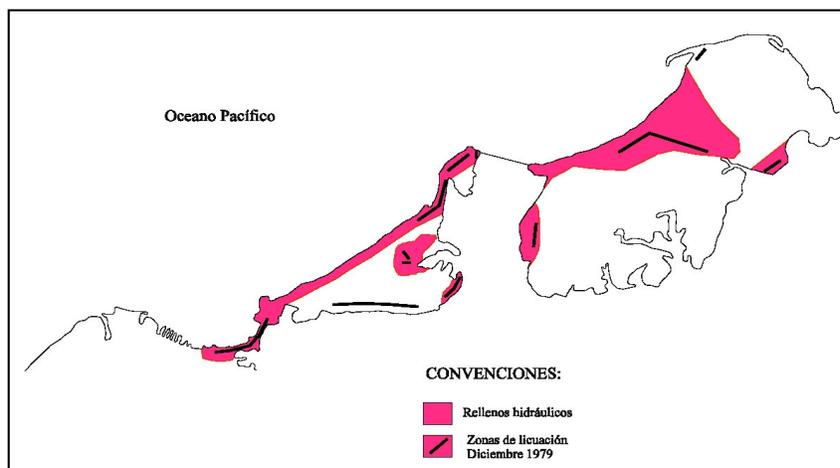
²⁸ RUDOLPH & SZIRTES, Op. cit., p.15.

En 1979²⁹ la ocurrencia de licuación estuvo concentrada en áreas de relleno artificial, que hoy en día constituyen gran parte del territorio urbano, y en zonas de playa. En la Figura 8 se muestra el mapa de las zonas de licuación identificadas a partir de trabajo de campo (agrietamientos, extrusión de arenas y lodos, hundimiento de fundaciones y arriostramientos laterales, entre otros parámetros, testimonios de personal de dragas y otros, y cartografía histórica).

Los efectos generados por este evento, constituyen el escenario más reciente y del cual se posee mayor información sobre las condiciones de vulnerabilidad observada registrada en OSSO, 2002.

✓ **Efectos en edificaciones.** De acuerdo con Ramirez J, Goberna, J., (1980), en total en Tumaco, fueron destruidas y averiadas 1146 viviendas situadas a la orilla del mar, en el relleno del antiguo estero y sobre la venida la playa. Los mayores efectos del terremoto se observaron en edificaciones construidas en materiales rígidos (es decir en concreto y mampostería). Igualmente los sectores de viviendas de madera palafíticos en zonas de bajamar fueron seriamente afectados, sus daños pueden ser asociados a deficiencias constructivas y estructurales (falta de arriostramiento lateral y amarres inadecuados, entre otras causas). (Ver Figura 9).

Figura 8. Mapa de áreas con relleno hidráulico y evidencias de licuación.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

²⁹ GONZÁLES, Op. cit., p.35.

Figura 9. Efectos del sismo de 1979 en viviendas de madera de en Tumaco.

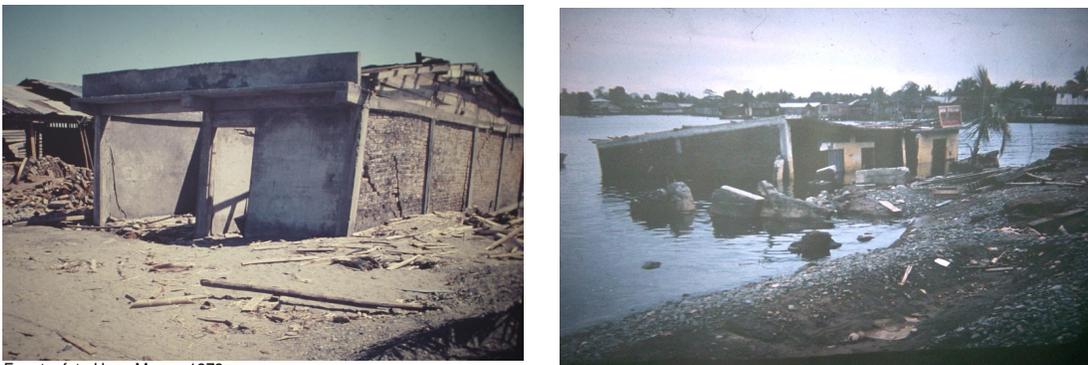


Fuente: foto Hans Meyer, 1979

Las Calle 14 - Calle del Comercio, fue una de las más afectadas por la destrucción de las edificaciones en su mayoría de concreto, a causa de las fuertes vibraciones sísmicas y licuación (el frente de las viviendas sobre la calle, estaba cimentada sobre suelos relativamente firmes, y el resto, hacia el fondo sobre palafitos o columnas largas, en suelos blandos potencialmente licuables)³⁰.

En síntesis se puede concluir que los daños observados en las edificaciones de Tumaco, se concentraron específicamente en elementos estructurales (vigas y columnas), en cerramientos y cimentación, debido a las condiciones deterioro, la baja calidad de los materiales, las deficiencias constructivas, y mala concepción estructural (secciones insuficientes, discontinuidades, falta de refuerzo, etc) (Ver Figura 10).

Figura 10. Efectos del sismo de 1979 en viviendas de concreto en Tumaco.



Fuente: foto Hans Meyer, 1979

✓ **Efectos en sistemas urbanos y líneas vitales.** Igualmente la infraestructura física (sistemas urbanos y líneas vitales) se vió seriamente afectada. El viaducto el

³⁰ OSSO, Op. cit., p.20.

Morro por ejemplo, tuvo gran afectación, evidenciado en graves daños estructurales en sus columnas, hundimientos de aproches por licuación y fallas por punzonamiento en la losa; los daños fueron reparados y años mas tarde, en 1996 fue reforzada su estructura.

Según Meyer³¹, *“la licuación fue el fenómeno mas generalizado, principalmente en zonas de relleno del antiguo estero. La licuación y escurrimiento lateral de la carretera (ex-ferrocarril), causó la destrucción de la tubería matriz del acueducto. Sumado a ésto, daños graves en el planchón de bocatoma en el Río Mira (¿vibración?, ¿oleaje?) inutilizaron el servicio de agua potable por varios meses”* (Ver Figura 11).

*“En las poblaciones costeras al norte de Tumaco los escenarios han sido muy diferentes; sin que el terremoto (vibración fuerte) y la licuación haya dejado de ser dramática aquí también, el fenómeno dominante ha sido siempre el impacto de tsunami, al extremo de que ya ha poblaciones que fueron arrasadas dos veces (p. ej. San Juan de la Costa)”*³².

De acuerdo con OSSO (2002) *“el problema real no es tanto, la vulnerabilidad o falta de resistencia de estructuras (difícilmente una estructura normal puede resistir el impacto de una ola de tsunami), si no la exposición de los asentamientos”*.

Figura 11. Efectos del sismo de 1979 en el Viaducto el Morro.



Fuente: foto Hans Meyer, 1979

³¹ MEYER, Op. cit., p.40.

³² OSSO, Op. cit., p.25.

En la Figura 12, se muestra el caso de la población San Juan de la Costa, que desapareció por el impacto del tsunami generado por los terremotos de 1906 y 1979³³ y que se asentó detrás de la barra de arena donde se localizaba el antiguo San Juan. La acción del mar años más tarde ocasionó el desplazamiento de las personas hacia otros sitios como Belarcazar y San Juan Nuevo.

De acuerdo con Mosquera *et al*³⁴, el impacto del tsunami de 1906 ocasionó que la mayoría de los poblados se retiraran del mar y se localizaran tierra adentro, en esteros resguardados por barras o bosques de manglar. Sin embargo, como lo señalan estos mismos autores, "... aquellos pobladores más recientes de los nuevos asentamientos surgidos durante el siglo XX, parecen haber olvidado y despreciar los riesgos que obligaron a sus abuelos a abandonar las playas". Un ejemplo claro es el que se muestra en la Figura 13.

Según OSSO³⁵, además *"las poblaciones al norte también han habido casos de vulnerabilidades muy sui generis, como por ejemplo los asentamientos construidos sobre depósitos de desechos de aserrío; saturados de agua, éstos amplifican el movimiento significativamente. Quizás el caso más dramático de este tipo de "efecto local" de origen antrópico ocurrió en El Charco"*.

Para El Charco se sabe que las vibraciones causaron la destrucción de una plataforma de concreto sobre pilotes bajo en la que se encontraban muchos pobladores que llegaban de madrugada con mercancías a la población, esperando el mercado de ese día y que la mayoría de ellos murieron³⁶ (ver figura 14).

³³ MEYER, Op. cit., p.66.

³⁴ MOSQUERA, G. et. al. Urbanismo y vivienda en las ciudades del Pacífico. En: Investigación sistemas aldeanos del Pacífico. Cali. 1999. p.125.

³⁵ OSSO, Op. cit., p. 35.

³⁶ PERALTA, Op. cit., p.95.

Figura 12. Efectos del tsunami de 1979 en San Juan de la Costa.



Fuente: foto, Hans Meyer, 1988

Figura 13. De Izquierda a derecha San Juan de la Costa en 1979 y 2003.



Fuente: foto, Hans Meyer, 1979



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Figura 14. Edificaciones destruídas por el terremoto de 1979 en El Charco



Fuente: foto, Hans Meyer, 1979

2.4 VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física, se entiende como la debilidad específica de viviendas, edificaciones esenciales, sistemas urbanos y líneas vitales a sufrir daños y pérdida de su funcionalidad, frente a la manifestación de determinados fenómenos (para el caso del litoral de Nariño, el terremoto y fenómenos asociados - vibración, licuación y tsunami -)³⁷.

2.4.1. Metodología de evaluación.

✓ **Criterios de evaluación.** Esta se basa en dos criterios: **exposición y resistencia**, que permiten evaluar la vulnerabilidad física de las poblaciones de manera cualitativa y con un nivel intermedio, es decir, sin llegar al grado de detalle de evaluaciones estructurales puntuales y funcionales de los componentes estudiados, permitiendo la priorización de acciones hacia estudios más detallados (p. ej. evaluación estructural puntual), o planteamiento de estrategias a corto y mediano plazo para la reducción del riesgo (p. ej reubicación, protección, ordenamiento urbanístico) por parte de actores individuales, comunitarios e institucionales.

De acuerdo con *OSSO-DGPAD* en el año 2003, estos criterios requieren conocimientos sobre variables ambientales, de emplazamiento de los elementos expuestos y grado relativo de resistencia, con base en secuencias de integración y comparación (cruce) de información, previo conocimiento de las condiciones físicas, urbanísticas e históricas de las poblaciones evaluadas, incluidas observaciones de campo que permiten identificar y asignar calificaciones de vulnerabilidad.

³⁷ OSSO, Op. cit., p.36.

✓ **Vulnerabilidad física por exposición.** Este es un aspecto específico y parcial de la vulnerabilidad física, que está relacionado básicamente con la localización de los elementos expuestos en áreas de menor o mayor amenaza (p. ej, zonas potencialmente inundables, licuables, o expuestas a impacto por tsunami) (Ver Figura 15). Así por ejemplo, poblaciones más cercanas a la costa son más susceptibles a ser afectadas por la ocurrencia de un tsunami (por impacto directo), a diferencia de poblaciones más hacia el interior del continente; de la misma manera edificaciones y sistemas urbanos emplazados sobre suelos blandos, tienen mayor probabilidad de dañarse por efectos de la licuación, a diferencia de otras estructuras localizadas sobre suelos más firmes.

Figura 15. Las flechas indican la exposición a tsunami.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

✓ **Vulnerabilidad por resistencia.** Esta evaluación consiste en determinar de manera cualitativa, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, a partir de la observación de sus características constructivas y estructurales (edad, estado de conservación, materiales y disposición sobre los terrenos de emplazamiento). Así por ejemplo una edificación construida sobre palafitos no arriostrados entre sí (estructura más débil), es más susceptible a fallar y/o colapsar por vibraciones sísmicas, que una que posea una estructura más resistente (p. ej palafitos arriostrados). De la misma manera tuberías en materiales rígidos (en concreto o asbesto) en una red de conducción y/o distribución de agua, es más susceptible a sufrir daños por vibración sísmica que una tubería en material flexible (Ver Figura 16).

Figura 16. indicadores de vulnerabilidad por resistencia.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

10 **Indicadores de vulnerabilidad por resistencia.** A continuación se describen los indicadores de vulnerabilidad por resistencia que se tuvieron en cuenta en el desarrollo del trabajo, estos son:

- **Características constructivas.** Consiste en determinar y caracterizar cada uno de los componentes de los elementos expuestos objeto de estudio, teniendo en cuenta, tipo de materiales, calidad de la construcción, edad, disposición sobre el terreno (suelo de cimentación) y su comportamiento sísmico en eventos pasados, con el fin de identificar y generar posibles escenarios actuales y futuros de riesgo.
- **Características estructurales.** Determinación de las características estructurales de los elementos objeto de estudio, en términos de su configuración y tipología estructural, geometría, rigidez, continuidad, estabilidad y conexiones, aspectos obvios, que mediante observación directa son fácilmente identificables, y que por lo general no requieren de un calculo estructural.
- **Estado de conservación.** Se refiere básicamente a la identificación de las condiciones de deterioro, representadas en lesiones físicas (p. ej. pudrición de pilotes y deterioro del concreto por humedad, etc), mecánicas (p. ej. deformaciones, grietas, fisuras, desprendimientos, hundimientos, asentamientos, etc.) y químicas (p. ej. oxidación, sulfatación, corrosión, etc) que pueden

ocasionar la pérdida de las propiedades mecánicas, y por ende, la disminución de la resistencia de los elementos constructivos, que sometidos a vibraciones sísmicas son altamente vulnerables y pueden fallar³⁸.

2.4.2 Insumos para la evaluación.

✓ **Zonificación de amenazas.** Consiste en la zonificación del área de estudio a partir del conocimiento de las amenazas existentes en el lugar, obtenido mediante observaciones directas en terreno, cartografía e información documental existente, fotografías aéreas e imágenes de radar/satélite, con el propósito de identificar las zonas en las cuales existen peligros o amenazas de tipo natural.

✓ **Clasificación de los elementos expuestos.** Consiste en clasificar los elementos expuestos en categorías, agrupando edificaciones, estructuras y sistemas con un mismo nivel de importancia y necesidad o función dentro de una comunidad o población. Estas se describen a continuación:

- Edificaciones de ocupación normal: en esta categoría se clasifican todas las edificaciones generalmente de uso habitacional, como viviendas de construcción popular, conjuntos residenciales, edificios de apartamentos, etc.

- Sistemas urbanos y líneas vitales: son todas aquellas estructuras lineales o sistemas vitales, que por su función, tamaño y la característica de uso continuo, una interrupción en la prestación de su servicio, puede afectar a una gran cantidad de personas y las actividades normales de una población. Estas se clasifican en dos sub-categorías, que son:

- Sistemas de saneamiento y servicios básicos básicos:

- 1.Sistema de abastecimiento de agua.
- 2.Sistema de manejo y disposición de aguas residuales.
- 3.Sistema de generación y distribución de energía.
- 4.Sistema de telecomunicaciones.
- 5.Sistema de manejo y disposición de residuos sólidos.

- Infraestructura de vías y transporte:

- 1.Infraestructura terrestre.
- 2.Infraestructura portuaria.
- 3.Infraestructura aeroportuaria.

- Edificaciones esenciales: en estas se agrupan todas las edificaciones y estructuras cuyo funcionamiento es parte importante del manejo y atención de desastres, es decir, aquellas consideradas como edificaciones vitales para la

³⁸ PERALTA, Op. cit., p.96.

atención de emergencias, la preservación de la salud de los habitantes y albergues temporales. Estas se clasifican en:

a) Edificaciones indispensables: Aquí se agrupan todas las estructuras y/o edificaciones cuya función primordial es la de garantizar la salud de la población, antes, durante y después de una situación de emergencia, como hospitales, puestos de salud y clínicas.

b) Edificaciones de atención a la comunidad: en este grupo se clasifican todas las edificaciones cuya función principal, es la de atender emergencias y garantizar el orden, durante y después de una situación de estas, como bomberos, policía, cruz roja, defensa civil, batallón, etc.

c) Edificaciones y estructuras de ocupación especial: aquí se clasifican todas las edificaciones de uso masivo, como escuelas, colegios, universidades, coliseos, instalaciones gubernamentales, iglesias, etc. que puedan utilizarse como albergues provisionales.

2.5 VULNERABILIDAD FUNCIONAL

Esta puede ser entendida como la debilidad de los sistemas urbanos y líneas vitales y edificaciones esenciales en términos de su capacidad de respuesta, para garantizar la continuidad, calidad y cobertura en la prestación del servicio o la recuperación del mismo, en el menor tiempo posible, durante y después de presentarse una emergencia.

Para su evaluación se requiere previo conocimiento del funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman el sistema, su nivel de operación, mantenimiento y su relación con los demás elementos.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE APOYO TÉCNICO LOCAL

El OSSO conformó un “*Grupo de apoyo técnico local*”, compuesto por tres Ingenieros Civiles de Tumaco (dos de ellos recién egresados de la UDENAR), la Ingeniera Johana Quiñónez y Ingeniero Andrés Felipe Leusson; y otro con mucha experiencia y con conocimiento de la zona de estudio, Especialista en Planificación y Gestión del Desarrollo Regional – de la UDENAR - Ing. Jorge Arellano García; y un estudiante egresado del programa de Ingeniería Civil de la misma universidad, en calidad de pasante (práctica profesional) (Ver Figura 17).

Figura 17. Grupo de apoyo técnico local.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

3.2 TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS AL GRUPO TÉCNICO LOCAL

Esta actividad consistió en la presentación del proyecto al grupo técnico local y transferencia de los procedimientos metodológicos para la evaluación de vulnerabilidad física y gestión de riesgos de poblaciones, por parte del Ing. Henry Peralta, para los cuales se emplearon herramientas audiovisuales como: un computador, Tv y VHS, proyector de diapositivas; cartografía y documentación digital e impresa sobre la zona de estudio – trabajos previos del OSSO; videos existentes sobre terremotos y experiencias de desastres en otras regiones.

3.3 ORGANIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto se dispuso en la ciudad de Tumaco de una oficina permanente, durante cuatro meses (dotada de un computador, mesa de trabajo, etc), desde donde se coordinaron todas las actividades a desarrollar durante la fase de recolección, organización y procesamiento de información (Ver Figura 18).

Para permitir el libre desplazamiento del personal del OSSO en Tumaco y el resto de poblaciones del Litoral de Nariño, y por motivos de seguridad, se dotó al grupo técnico local de uniformes (chalecos y gorras, con las insignias del OSSO).

Figura 18. Oficina de coordinación del Proyecto en Tumaco.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

3.4 FASES DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la pasantía se contó con todo el apoyo logístico y de información proporcionado por el proyecto. Básicamente éste se desarrollo en cuatro fases: FASE I – recolección de información; FASE II – depuración y procesamiento de la información; FASE III – análisis de la información; FASE IV – estimación de resultados y generación de productos.

3.4.1 FASE I – Recolección de información.

✓ **Método y herramientas.**

⑩ **Método.** La recopilación de información se realizó de dos maneras: Mediante la revisión y recopilación en fuentes secundarias de información existente sobre la zona de estudio en entidades locales, regionales y nacionales (estudios previos del OSSO, fotografías aéreas históricas, imágenes de satélite, cartografía, etc); y mediante la recolección de información de fuentes primarias en trabajo de campo (recorridos terrestres, marítimos y fluviales), diligenciando formularios específicos previamente elaborados y ajustados, para cada uno de los elementos a evaluar en cada una de las poblaciones. Esta recolección de información se apoyó con grabaciones de audio, fotografía fija y filmación.

⑩ **Herramientas.**

a) Utilización de formularios de campo. Con la finalidad de obtener información sobre las condiciones actuales de cada una de las poblaciones objeto de estudio, se utilizaron formularios diseñados y ajustados por el OSSO.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos:

- Formulario I - Información general del asentamiento. Este formulario recopila aspectos generales del asentamiento o sector, tales como: su localización, estructura urbanística, tipología edificatoria predominante, aspectos socio-económicos, descripción del entorno, equipamiento comunitario, sistemas urbanos y líneas vitales, sistemas de saneamiento y servicios básicos, aspectos organizativos para la prevención y atención de desastres. Este formulario presenta varios aspectos que se explican a continuación:

- **Localización.** Ubicación geográfica del asentamiento o sector con respecto a su municipio, cabecera municipal y/o corregimiento.
- **Estructura del asentamiento.** Conocimiento sobre la conformación y desarrollo de este, así como su estructura urbana y procesos pasados ó actuales de movilidad (característica de las poblaciones del pacífico, localizadas en zonas expuestas a los fenómenos del mar), crecimiento y/o expansión, en relación con su entorno.
- **Tipología edificatoria.** Identificación de las tipologías constructivas predominantes dentro del asentamiento.
- **Aspectos socioeconómicos.** Identificación de la actividad económica de los habitantes, con relación al uso del suelo predominante.

- **Descripción del entorno.** Identificación de las condiciones medioambientales de la zona de estudio con relación a su emplazamiento (zonas de bajamar, ribera de ríos, estero, manglar, terrenos más firmes, playa, etc) y las posibles amenazas naturales y antrópicas que le ofrece su entorno.
- **Equipamiento comunitario.** Inventario y localización de edificaciones y estructuras esenciales, conformadas por edificaciones indispensables, de atención a la comunidad y de ocupación especial.
- **Sistemas urbanos y líneas vitales.** Inventario, localización y caracterización general de sistemas urbanos y líneas vitales tales como: sistemas de saneamiento y servicios básicos (abastecimiento de agua, manejo y disposición de aguas residuales y residuos sólidos; suministro de energía eléctrica y telecomunicaciones); Infraestructura de transportes (terrestre aéreo, marítimo y fluvial).
- **Aspectos organizativos en materia de prevención y atención de desastres.** Determinar el nivel de conocimiento, organización y capacidad de respuesta de la comunidad (p. ej. planes y/o programas, obras de mitigación, etc) ante la ocurrencia de un fenómeno (natural/antrópico) capaz de generar emergencias.

- Formulario II - Sistemas urbanos y líneas vitales. Su finalidad es recopilar información sobre la localización de los sistemas, los aspectos físicos de sus componentes (materiales, localización, edad, grado de deterioro, etc), funcionalidad (nivel de servicio, cobertura, operación y mantenimiento), aspectos administrativos y capacidad de respuesta en caso de emergencia e igualmente su interdependencia. Todo esto con relación a fenómenos naturales amenazantes que los pudo haber afectado en el pasado o los pueden afectar en el futuro (terremoto – vibración sísmica, tsunami, licuación), para los cuales se diseñaron y ajustaron formularios específicos de acuerdo a sus dos categorías principales: a). sistemas de saneamiento y servicios básicos (cinco formularios); b). infraestructura de vías y transportes (tres formularios).

A. Formularios para sistemas de saneamiento y servicios básicos:

- ⑩ **Formulario II – A:** sistema de abastecimiento de agua.
- ⑩ **Formulario II – B:** sistema de manejo y disposición de aguas residuales.
- ⑩ **Formulario II – C:** sistema de generación y distribución de energía.
- ⑩ **Formulario II – D:** sistema de telecomunicaciones.
- ⑩ **Formulario II – E:** sistema de manejo y disposición de residuos sólidos.

B. Formularios para infraestructura de vías y transporte:

- ⑩ **Formulario II – F:** Infraestructura terrestre.
- ⑩ **Formulario II – G:** Infraestructura portuaria.
- ⑩ **Formulario II – H:** Infraestructura aeroportuaria.

- Formularios III - Edificaciones esenciales. Su finalidad es recopilar información de aspectos físicos (características constructivas, estructurales, estado de conservación, etc), funcionales (nivel de servicio, capacidad de respuesta frente a emergencias, grado de preparación, etc) y localización en relación con los fenómenos amenazantes que han afectado en el pasado o los pueden afectar en el futuro (terremoto – vibración sísmica, tsunami, licuación).

Para esto se diseñaron y ajustaron formularios específicos para cada una de las tres categorías definidas (tres formularios):

A. Formulario III – A: edificaciones indispensables.

B. Formulario III – B: edificaciones de atención a la comunidad.

C. Formulario III – C: edificaciones y estructuras de ocupación especial.

b). Georreferenciación de poblaciones y localización de elementos expuestos. Este insumo fue importante en el proyecto principalmente para la localización geográfica de las poblaciones costeras, visitadas en los recorridos marítimos y fluviales, para la posterior realización del reconocimiento aéreo y toma de aerofotografías oblicuas (Ver Figura 19).

Debido a la falta de información documental y cartográfica, el reconocimiento aéreo aportó elementos importantes para la evaluación de la vulnerabilidad física por exposición de las poblaciones objeto de estudio, y sirvió para la generación y/o ajuste de cartografía regional del proyecto.

Debido a las condiciones climáticas propias de la región del pacífico, los sobrevuelos se efectuaron a finales del mes de julio (comienzo de la fase final del proyecto). Estos se realizaron con dos objetivos principales: el primero, hacer un reconocimiento aéreo de las poblaciones objeto de estudio complementando la información de los recorridos marítimos, fluviales y terrestres; y el segundo, para la toma de fotografías aéreas como insumo para la evaluación del grado de exposición a fenómenos amenazantes (impacto/inundación por tsunami y licuación).

Figura 19. Georreferenciación de poblaciones y elementos expuestos.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

c) Reconocimiento aéreo y aerofotografía oblicua. El reconocimiento y la fotografía aérea, se realizaron en una avioneta tipo CESNA de ala alta; la altura de vuelo estuvo entre los 700 y 1000 pies (Ver Figura 20). Se tomaron algunas fotografías en marea baja en horas de la tarde el día 29 de julio - área urbana de Tumaco -, y por motivos de cambio en las condiciones climáticas, se culminó el trabajo de fotografía el día 30 del mismo mes, en horas de la mañana en marea alta para el resto de poblaciones.

3.4.2 FASE II – Depuración y procesamiento de la Información. Esta fase consistió en trabajo de oficina (simultáneamente en las ciudades de Cali y Tumaco) mediante la depuración, ingreso y digitalización de la información recolectada en el trabajo de campo (inventario y características de los elementos expuestos).

Figura 20. Reconocimiento aéreo.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

3.4.3 FASE III – Análisis de la información. En ésta fase, se cruzó toda la información obtenida de fuentes primarias y secundarias mediante el análisis de imágenes de sensores remotos (Radar y Satélite), fotografías aéreas, inventario de elementos expuestos, testimonios históricos de pobladores con la finalidad de determinar la vulnerabilidad física y funcional, haciendo énfasis en el fenómeno más probable y severo que pudiera afectar los elementos expuestos.

3.4.4 FASE IV – Estimación de resultados y generación de productos. Generación de resultados, expresados en escenarios de riesgo históricos, actuales y futuros; zonificaciones de vulnerabilidad física; planteamiento de estrategias factibles y aplicables en el corto y mediano plazo para la mitigación de la vulnerabilidad, por parte del Estado, instituciones locales, organizaciones y comunidad en general; generación de insumos para el ajuste de los Planes de Ordenamiento Territorial - POT, (especifico para el municipio de Tumaco) y los Esquemas de Ordenamiento Territorial – EOT, para el resto de municipios, e insumos para la elaboración de Planes de Emergencia y Contingencia - PLEC. Los productos se presentaron en formato escrito y digital (informe final y anexos, así como diez afiches educativos tamaño pliego realizados para cada población). El proyecto fue presentado y socializado con las entidades nacionales; hasta el momento no ha sido posible su presentación en las instancias locales en Tumaco, debido a la inestabilidad política del Municipio.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO EN EL ÁREA URBANA DE TUMACO

El estudio hizo mayor énfasis en la evaluación del área urbana de Tumaco, por ser el centro poblado de mayor importancia sobre la franja costera del Departamento de Nariño, segundo puerto marítimo de Colombia y la segunda población en número de habitantes (más de 80 000 en el área urbana aprox.) de la costa pacífica después de Buenaventura.

Además, históricamente ha sido una de las poblaciones más afectadas por desastres pasados (terremotos 1906 y 1979)³⁹, y a diferencia de muchas otras poblaciones sobre el Litoral, esta presenta una estructura urbana más consolidada y compleja (diversidad de tipologías constructivas, sistemas urbanos y líneas vitales, edificaciones esenciales).

3.5.1 Reconocimiento de la zona de estudio. Se realizaron recorridos en el área urbana de Tumaco, mediante desplazamientos terrestres (en vehículo y a pie en zonas de difícil acceso – barrios palafíticos) (Ver Figura 21) y marítimos (en pleamar y bajamar de la zona insular – Islas del Morro y de Tumaco hasta llegar al Viaducto Aguaclara), con la finalidad de hacer un primer reconocimiento de la zona de estudio, identificando entornos, tipologías constructivas, vías de acceso, edificaciones indispensables, etc.; y georreferenciación de puntos de control, con fines de ajustes a cartografía existente (p. ej. localización del muelle de atraque del puerto pesquero y Sociedad Portuaria).

3.5.2 Socialización del estudio.

✓ **Entidades locales.** Para lograr una efectiva aceptación y apoyo institucional en el proyecto, como acompañamiento, ingreso a las instalaciones, logística, etc.) por parte de las entidades locales del Municipio de Tumaco, se realizaron reuniones personales para la presentación del Proyecto, con las directivas de las instituciones más representativas (como DIMAR-CCCP, CORPONARIÑO, Sociedad Portuaria, Puerto Pesquero, Bomberos, Cruz Roja, Policía, Batallón de Infantería de Marina N° 2, Defensa Civil, Alcaldía de Tumaco, SENA, Liceo Max Seidel, Colegio Santa Teresita, entre otras); el resto de instituciones (más de 100) recibieron el resumen ejecutivo del Proyecto.

³⁹ OSSO, Op. cit., p. 98.

Figura 21. Recorridos de campo en Tumaco.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

✓ **Medios de comunicación** Los medios de comunicación se vincularon activamente desde el inicio del estudio, primero con entrevistas para la presentación de proyecto en radio (Radio Mira Caracol, RCN, Radio Latina y Tumaco Estereo), prensa (Diario del Sur) y televisión (Estrella Televisión, Fundación Canal Telefaro, TV Mar, R.PTV) y luego con la difusión a la comunidad de las actividades del grupo evaluador en cada una de sus etapas. Además, en el Canal Local, se transmitieron (en horario nocturno) videos que abordan la temática de los desastres y la gestión del riesgo (experiencias de otros países y comunidades).

Luego en el mes de junio, el OSSO programó y realizó un taller para comunicadores sociales denominado "*La prevención de desastres y los medios de comunicación*", con la premisa "*la prevención de desastres comienza con la información*". A éste taller asistieron representantes de los medios de comunicación del municipio y se discutió sobre el papel que ellos juegan en la prevención de desastres.

Resultado del taller, se llegó a la conclusión de que los comunicadores deben capacitarse en el área de gestión del riesgo, para que sirvan como puente entre la comunidad y las instituciones científicas y técnicas que aportan información sobre

amenazas, vulnerabilidades y riesgos, informando de manera clara, veraz y oportuna, no solo en el “*durante*” o el “*después*”, si no también en el “*antes*”.

✓ **Comunidad.** El proyecto también se socializó en una jornada de trabajo programada por la Secretaría de Desarrollo Comunitario y la Secretaría de Planeación, en cabeza de la Trabajadora Social Fanny Noguera y la Arquitecta Mariela Zambrano, realizada con la Junta Administradora Local de la comuna 1 en las instalaciones del Colegio Mixto La Florida, Isla El Morro (Ver Figura 22).

Figura 22. Socialización del proyecto con comunidades.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Igualmente, y con la finalidad de determinar el nivel de conocimiento y la información que maneja la comunidad sobre los fenómenos naturales amenazantes (terremotos, tsunami), además de socializar el proyecto y transferir conocimientos en la temática de los riesgos, se realizaron tres talleres, dos de ellos dirigidos a la comunidad educativa de los colegios - Instituto Nocturno Rosa Zárate y Rafael Pombo (Ver Figura 23) y el otro a la agremiación de pescadores – Fundapesca (“*Nunca nos habían explicado eso de los terremotos y las olas grandes*” - comentó un pescador, en el taller realizado).

Figura 23. Talleres en centros educativos.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

3.5.3 Sectorización del área urbana de Tumaco. Con el fin de facilitar el trabajo de campo en el área urbana de Tumaco, ésta se dividió en 34 sectores, (17) en la Isla de Tumaco, (once) en la Isla del Morro y (seis) en la zona continental. Esta sectorización obedeció a criterios como el entorno (p. ej. áreas manglar, bajamar – frente al mar, zonas inundables, etc), tipologías constructivas homogéneas (p. ej. vivienda de madera sobre pilotes, en concreto y mampostería de ladrillo, etc), características históricas y actuales de su desarrollo urbano (p. ej. primeros emplazamientos – Isla norte, Isla sur – sobre terrenos más firmes; construcciones sobre el antiguo estero; áreas de crecimiento, procesos subnormales de vivienda, etc). En la Figura 24, se observa a la Ing. Johana Quiñonez, Ing. Jorge Arellano e Ing. Andrés Leusson en actividades de oficina para la delimitación de los sectores.

Figura 24. Grupo de apoyo técnico local, trabajando en la sectorización de Tumaco.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

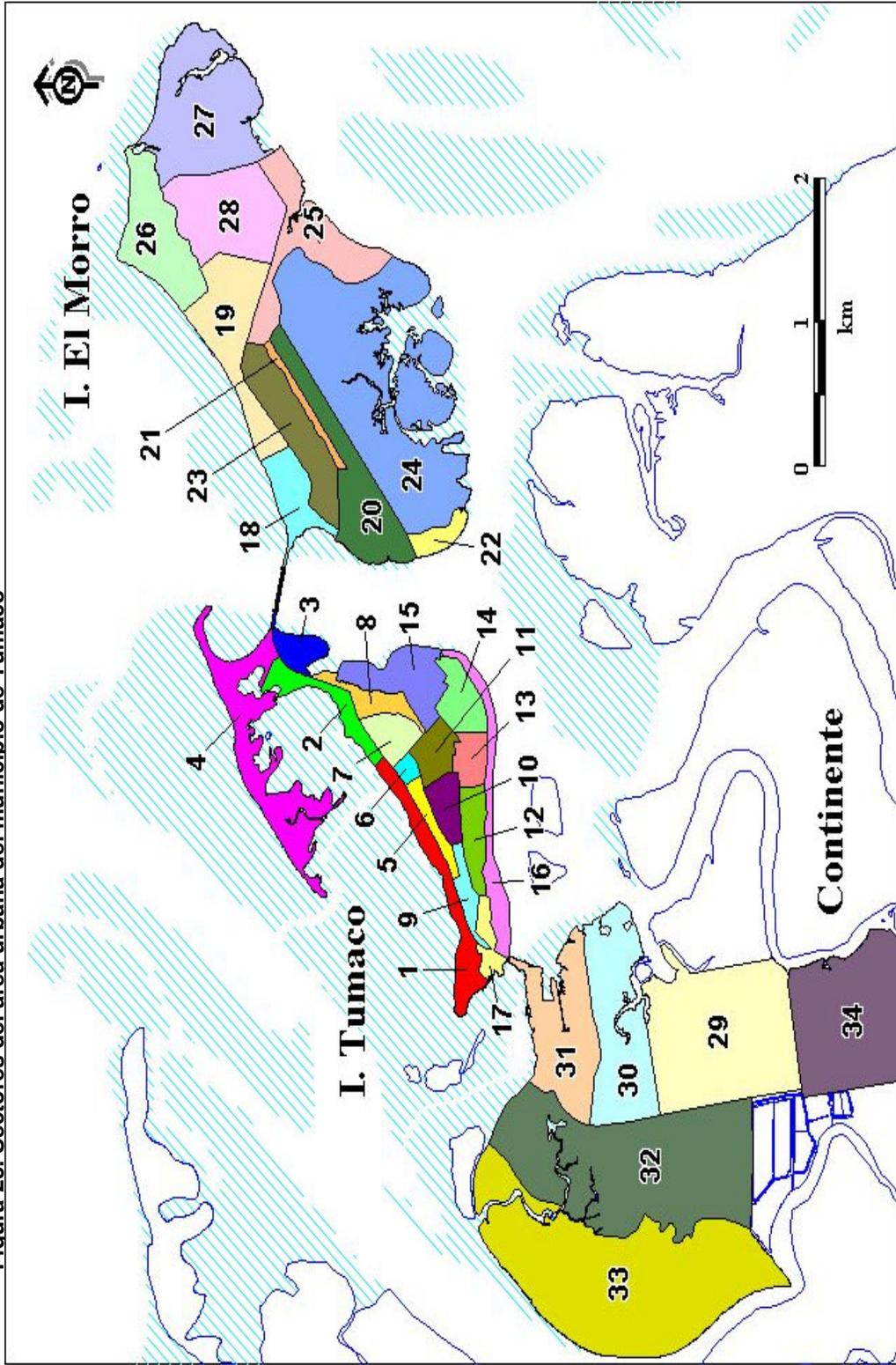
La sectorización preliminar se realizó sobre un mapa impreso del área urbana de Tumaco, con resolución predial, del año 1997 de la DIMAR. El conocimiento del grupo técnico local, sobre la zona de estudio, en especial la del Ing. Jorge Arellano (con experiencia por muchos años en el desarrollo de su profesión en Tumaco), el reconocimiento de campo realizado y la información histórica-documental (estudios previos del OSSO), fueron los factores fundamentales para lograr una buena sectorización. Esta se muestra en el Cuadro 1 y en la Figura 25.

Cuadro 1. Sectores del área urbana del Municipio de Tumaco.

ZONA	SECTOR	BARRIOS
	1	Urbanización La Playa, Bischoff, La Paz y Viento Libre.
	2	Tumac, El Triunfo y María Auxiliadora.
	3	Urbanización Miramar y Urbanización Bahía Real.
	4	El Bajito.
	5	Villa Lola y El Quemao.
	6	Hospital San Andrés de Tumaco.
	7	Cementerio y B/ Luis Avelino Perez y Paez Soubleth.
	8	Pantano de Vargas, Las Palmas.
ISLA TUMACO	9	Puente Herrera.
	10	Trés Tablas.
	11	Puente del Medio y 7 de Agosto.
	12	La Calavera y El Potrero.
	13	Plaza de Mercado y Plaza de Nariño.
	14	Zona Comercial.
	15	Zona Palafítica.
	16	Calle del Comercio y B/ Buenos Aires.
	17	Panamá y El Esfuerzo.
	18	Pradomar e Instituto Técnico Industrial Nacional.
	19	Batallón de Infantería de Marina.
	20	Aeropuerto La Florida.
	21	Brisas del Aeropuerto.
	22	La Florida, El Morrito y Derivados Forestales.
ISLA EL MORRO	23	Libertadores 1 y 2, y Estadio Municipal.
	24	Derivados Forestales y Zona Manglarica.
	25	Playa Arrecha e Instalaciones Portuarias.
	26	Sector Turístico.
	27	Pesmaco y Playas.
	28	La Cordialidad.
	29	La Ciudadela.
	30	Ecopetrol y Licsa.
ZONA	31	El Pindo, Nuevo Milenio y Estaciones de Gasolina.
CONTINENTAL	32	Los Angeles, Iberia, Obrero, California y Unión Victoria.
	33	Manglares.
	34	El Porvenir.

Tomada de OSSO-DGPAD, 2003

Figura 25. Sectores del área urbana del municipio de Tumaco



Tomada de OSSO-DGPAD, 2003

3.5.4 Inventario de elementos expuestos. Con la finalidad de construir posibles escenarios de riesgo a partir de la cuantificación de los elementos que podrían verse afectados por un terremoto, se realizó un inventario de vivienda en los sectores predefinidos, con el objetivo de identificar y caracterizar las tipologías constructivas existentes (viviendas en madera palafíticas, en concreto y mampostería, mixtas, etc), número de pisos, materiales de muros, etc.

Este inventario abarcó un 80 % de la totalidad de las viviendas de Tumaco, debido al difícil acceso a algunas zonas, por lo general en sectores palafíticos y de cuchos. De la misma manera se realizó el inventario de los componentes de los sistemas urbanos y líneas vitales, en términos de longitud de redes y vías, tipos de materiales, etc., a partir de cartografía existente; así como el de las edificaciones esenciales más grandes y representativas de Tumaco.

3.6 TRABAJO DE CAMPO EN POBLACIONES

Este se realizó en las poblaciones localizadas al norte del municipio de Tumaco, en las cabeceras municipales de Francisco Pizarro – Salahonda, Mosquera, Olaya Herrera - Bocas de Satinga, El Charco, y veintinueve corregimientos pertenecientes a estos municipios. El acceso a estas poblaciones se realizó por vía marítima y fluvial; ya en las poblaciones, los recorridos se realizaron a pie y se georreferenciaron, insumo para el reconocimiento aéreo y toma de aerofotografías.

3.6.1 Socialización del proyecto en municipios. Para el desarrollo del proceso de socialización del proyecto en los municipios, se contó con el apoyo y participación, de cada una de las administraciones municipales en cabeza del Alcalde, instituciones, organizaciones públicas y privadas, así como representantes de la comunidad.

En cada cabecera municipal se convocó una reunión, donde se compartió con los asistentes, los objetivos y alcances del proyecto, así como conocimientos sobre el tema del riesgo sísmico de la región, en relación con sus amenazas y vulnerabilidades, causas de los terremotos, sus efectos y lo que se puede hacer, etc. Para la presentación se utilizaron carteleras, material audiovisual (videos) y maquetas didácticas para explicar el comportamiento de las edificaciones sometidas a sismos (Ver Figura 26).

Con estas reuniones se logró captar la atención de los asistentes hacia el tema, y de la misma manera conocer su concepción sobre el riesgo, además de obtener testimonios de algunos de los asistentes que vivieron el terremoto de 1979.

Figura 26. Socialización del proyecto en los municipios.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

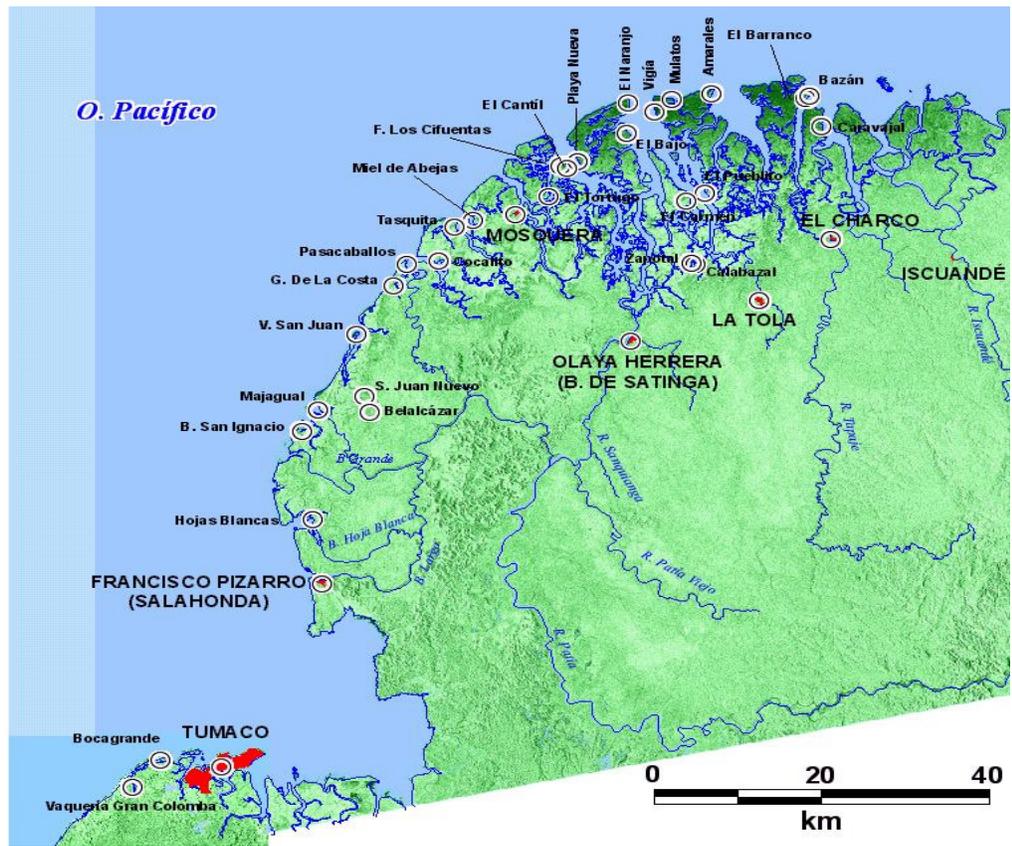
3.6.2 Reconocimiento del área de estudio y recopilación de información. En primera instancia se realizó un reconocimiento del área urbana de cada municipio mediante recorrido en lancha. Luego se inició la búsqueda de información en las instancias pertinentes de cada municipalidad (Planeación Municipal). La información cartográfica y documental disponible fue casi nula, con excepción del municipio El Charco, donde se encontraron algunos esquemas desactualizados del área urbana (inadecuados para realizar un trabajo de sectorización).

Para la recolección de información se utilizaron los formularios previamente establecidos del proyecto, se realizaron entrevistas con los directores de instituciones esenciales y personas o empresas encargadas del funcionamiento de sistemas vitales, con el objeto de obtener información sobre sus características técnicas y funcionales.

En cada cabecera municipal se realizó un inventario estimado de viviendas por tipología constructiva, además de visitar y evaluar cualitativamente las edificaciones esenciales más representativas.

Con apoyo del CLOPAD, representado en personal de la zona de cada municipio, se realizaron las visitas a algunos corregimientos identificados como poblaciones en alto riesgo y con evidencia histórica de afectación por el terremoto de 1979. En la Figura 27 y el Cuadro 2. se muestran las poblaciones visitadas y evaluadas, así como sus coordenadas geográficas.

Figura 27. Localización de las poblaciones evaluadas.



Cuadro 2. Poblaciones evaluadas.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	LATITUD N	LONGITUD W
El Charco	El Charco (cabecera municipal)	2,4812	78,1158
	Bazán	2,6627	78,1394
	Caravajal	2,6242	78,1263
	El Barranco	2,6593	78,1431
Francisco Pizarro	Hojas Blancas	2,1258	78,6718
	Salahonda	2,0440	78,6616
	Bajo San Ignacio	2,2374	78,6836
La Tola	Amarales	2,6656	78,2436
	Mulatos	2,6574	78,2870
	Vigia	2,6425	78,3050
Tumaco	Tumaco (cabecera municipal)	1,8117	78,7690
	Belalcazar	2,2616	78,6106
	Majagual	2,2637	78,6656
	Villa San Juan	2,3599	78,6244
	San Juan El Nuevo	2,2816	78,6161
	San Juan de la Costa Viejo (1979)	2,3267	78,6380
	Bocagrande	1,8291	78,8021
	Vaquería Gran Colombia	1,7858	78,8648
	Pasacaballos	2,4493	78,5712
	Guachal de la Costa	2,4215	78,5849
	San Juan de la Costa (1995)	2,3307	78,6294
	Mosquera	Mosquera (cabecera municipal)	2,5117
Miel de Abejas		2,5045	78,4997
El Cantil		2,5712	78,3998
El Naranjo		2,6530	78,3338
El Tortugo		2,5346	78,4191
Firme Los Cifuentes		2,5735	78,4059
Playa Nueva		2,5793	78,3873
El Bajo		2,6146	78,3348
Olaya Herrera	Bocas de Satinga	2,3516	78,3307
	Cocalito	2,4534	78,5365
	Tasquita	2,4960	78,5198
	Calabazal	2,4491	78,26115
	Sapotal	2,4509	78,2661
	El Pueblito	2,5386	78,2512
Fuente: OSSO-DGPAD, 2006	Carmen	2,5291	78,2715

4. APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

Como un aporte de la pasantía al conocimiento más detallado de las condiciones de vulnerabilidad física de los sectores de vivienda de Tumaco, y con el ánimo de aplicar los conocimientos adquiridos en el proyecto, se realizó una caracterización de la vivienda (aspectos constructivos y estructurales) con la finalidad de identificar constantes de vulnerabilidad, que puedan servir como referente hacia el mejoramiento de las prácticas constructivas en el municipio.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN TUMACO

Estas se clasificaron en tres grupos: a.) vivienda palafítica de madera, b.) vivienda mixta, y c.) vivienda de concreto. A continuación, se describen sus características constructivas y estructurales predominantes para cada una de ellas.

4.1.1 Vivienda palafítica de madera. La vivienda palafítica de madera “tradicional” en el área urbana de Tumaco se localiza por lo general en las zonas lacustres o de bajamar en la periferia de las islas. Está caracterizada por ser una edificación soportada por palafitos de mangle sobre el mar, en general de un piso; no presentan divisiones interiores; las labores domésticas se realizan en la azotea (prolongación del entramado de piso el cual no tiene cubierta); su geometría es rectangular (viviendas alargadas); posee poca ventilación y su máxima separación entre ellas es 1m (no hay colindancia). El acceso a estas viviendas se hace por vía marítima cuando el nivel de marea lo permite, y por lo general mediante puentes palafíticos de madera que comunican con tierra firme.

✓ **Características constructivas y estructurales**

- Cimentación. Consiste en palafitos de madera (mangle o amargo) con las siguientes especificaciones: diámetro fluctuante entre 6” y 10” y longitud entre 3m y 6m $6'' \leq \Phi \leq 10''$ y $3m \leq L \leq 6m$. La longitud de empotramiento de éstos elementos se encuentra entre 1.0m y 1.5m y la unión con el entramado de piso se realiza por medio de clavos.

- Estructura. Básicamente se compone de un sistema estructural porticado en madera. El entramado de piso consiste en vigas longitudinales y transversales con $\xi=3'' \times 4''$. Se emplean dos tipos de columnas, circulares ($4'' \leq \Phi \leq 6''$) y cuadradas ($\xi= 3'' \times 3''$ hasta $5'' \times 5''$), la longitud de éstos elementos fluctúa entre 2.4m y 2.7m. (Ver Figura 28).

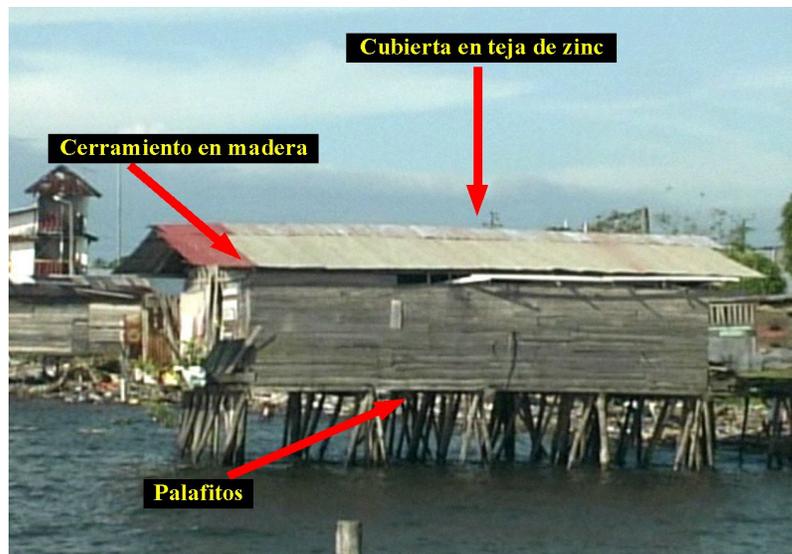
Las vigas aéreas longitudinales son cuadradas con $\xi=2'' \times 2''$ hasta $\xi=3'' \times 4''$, las

transversales tienen en diámetro promedio de 5" y las cuadradas son de 3".

- **Cerramiento.** Compuesto por muros contruidos con tablas dispuestas horizontalmente y sobrepuestas en el extremo superior por la siguiente, con el objeto de evitar los espacios entre ellas. En otros casos la orientación es vertical y se intercalan de manera tal que unas quedan arriba y otras abajo.

- **Cubierta.** Su estructura está conformada por un sistema de elementos inclinados (a dos aguas) que soportan el entramado de techo (elementos de baja sección), la cubierta predominante es metálica consistente en una serie de láminas de zinc traslapadas, en menor porcentaje por láminas de cartón.

Figura 28. Vivienda palafítica de madera.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

- Indicadores de vulnerabilidad.

A nivel de cimentación:

- ⑩ Palafitos aislados.
- ⑩ Falta de diagonales de arriostramiento (excesiva flexibilidad).
- ⑩ Palafitos muy esbeltos.
- ⑩ Unión débil entre la estructura palafítica y estructura de piso.
- ⑩ Deterioro de palafitos en el área de contacto con suelo de cimentación (Ver Figura 29).
- ⑩ Corrosión de elementos de amarres y/o anclajes (clavos).

A nivel de estructura:

- ⑩ Falta de rigidez.
- ⑩ Uniones débiles entre elementos estructurales (columnas, vigas y entramado de piso, cubierta y cerramientos).
- ⑩ Deterioro de elementos estructurales por descomposición de la madera.
- ⑩ Falta de mantenimiento.

A nivel de cubierta:

- ⑩ Amarres inadecuados entre estructura y cubierta.
- ⑩ Estructura de cubierta flexible.
- ⑩ Falta de elementos de amarre.
- ⑩ Deterioro de elementos por descomposición de la madera.

Figura 29. Ejemplo de indicadores de vulnerabilidad.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

4.1.2 Vivienda mixta. Este tipo de vivienda se localiza generalmente en zonas del antiguo relleno y en menor proporción en sectores lacustres; estas se caracterizan por estar cimentadas en su mayoría a nivel de terreno; de dos plantas, la baja construida en concreto/mampostería y la alta en madera (cepillada); tiene losa de piso en concreto y entepiso de madera. Arquitectónicamente esta presenta divisiones internas y acabados en fachadas, así como mejor ventilación e iluminación natural. Estas viviendas conforman “manzanas rellenas”, caracterizadas por estrechos accesos, callejones, o “cuchos” al interior de las mismas.

* El término de “manzanas rellenas” es introducido por Mosquera et. al, 1999

✓ **Características constructivas y estructurales.**

- Cimentación .

a) Profunda. En este tipo de edificaciones ya aparece el proceso de pilotaje, algunos con pilotes de madera previamente inmunizada (mangle rojo o blanco) y otros de concreto reforzado (los cuales se disponen empíricamente). Los primeros con diámetros entre 6" y 10" y los otros generalmente con $\xi=0.25\text{m} \times 0.25\text{m}$ y longitud que fluctúa entre 4m y 7m.

b) Superficial. Generalmente son zapatas aisladas de concreto reforzado, se emplean dimensiones comunes (las especificaciones como sección, peralte y cuantía de refuerzo no obedecen a un procedimiento de diseño).

Los palafitos son de concreto reforzado (normalmente con baja sección, $\xi=0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$ hasta $\xi=0.25\text{m} \times 0.25\text{m}$); es muy común observar la unión de éstos con el entramado de piso en madera, el acople se hace rodeando los elementos de madera con los aceros de refuerzo que sobresalen de los palafitos (Ver Figura 30).

En repetidas ocasiones se observó el empleo de varillas lisas con diámetro de 3/8" para el refuerzo longitudinal y transversal de elementos estructurales; la disposición del acero de refuerzo al cortante ($\emptyset= 1/4"$) se hace a la misma distancia en la longitud de los elementos, el recubrimiento mínimo tampoco se cumple.

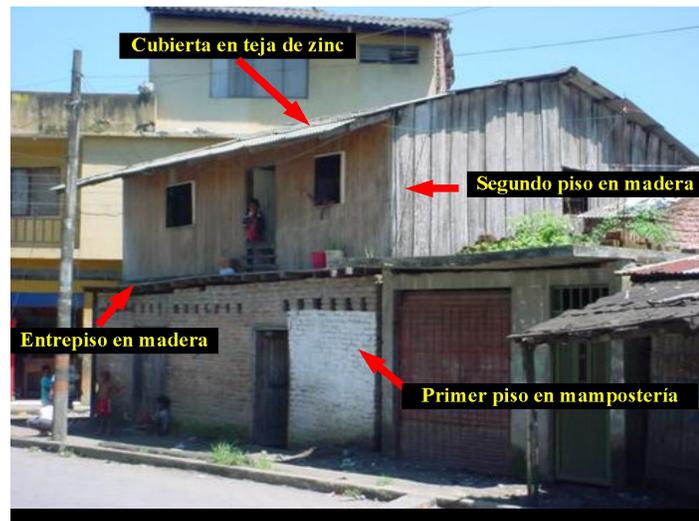
- Estructura. Por lo general son sistemas estructurales porticados de madera "curada". Las secciones empleadas son las mismas de las edificaciones de ocupación normal tipología arquitectónica (es decir que no hay divisiones internas); no obstante en algunas se encuentran las columnas de concreto reforzado (generalmente sub-reforzado y con baja sección). Otras edificaciones son mixtas (primer piso en "material" - concreto/mampostería y el segundo en madera).

Figura 30. Palafitos en concreto.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Figura 31. Vivienda mixta.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

- Cerramiento. En éste tipo de edificaciones también son de madera (en la segunda planta) y de mampostería de ladrillo (parcialmente confinada) en la primera, pero la tabla no se utiliza, en su reemplazo está la madera machihembrada la cual proporciona un mejor acabado. Las viviendas con esta tipología disponen de mejor aireación e iluminación natural que las anteriores (Ver Figura 31).

- Cubierta. El entramado es mejor elaborado que el anterior, se emplea madera de mejor calidad y la cubierta se compone de tejas de asbesto-cemento (a dos aguas), en éste se incluye tejas translúcidas.

- Indicadores de vulnerabilidad.

A nivel de cimentación:

- ⑩ Insuficiente cantidad de pilotes.
- ⑩ Baja calidad en los procesos constructivos.
- ⑩ Falta de amarres e insuficiente cantidad de refuerzo.
- ⑩ Falta de continuidad en los elementos de cimentación.
- ⑩ Baja sección de elementos.
- ⑩ Espesores mínimos de recubrimiento
- ⑩ Inadecuada distribución del acero de refuerzo al cortante.
- ⑩ Deterioro de elementos, por sulfatación y corrosión de aceros.

A nivel de estructura:

- ⑩ Falta de rigidez
- ⑩ Uniones débiles entre elementos estructurales (columnas, vigas y entramado de piso, cubierta y cerramientos).
- ⑩ Deterioro de elementos estructurales de madera (segunda planta).
- ⑩ Baja sección transversal de elementos estructurales.
- ⑩ Falta de mantenimiento.
- ⑩ Mala distribución de elementos de refuerzo transversal.
- ⑩ Recubrimientos insuficientes.
- ⑩ Calidad del concreto e insuficiente cuantía de refuerzo.
- ⑩ Falta de arriostramiento lateral.
- ⑩ Falta de confinamiento de muros.
- ⑩ Losa de contrapiso flexible.

A nivel de cubierta

- ⑩ Amarres inadecuados entre estructura y cubierta.
- ⑩ Estructura de cubierta flexible.
- ⑩ Falta de elementos de amarre.
- ⑩ Deterioro de elementos por descomposición de la madera.

4.1.3 Vivienda de concreto. Este tipo de vivienda está reemplazando la vivienda palafítica de madera y la mixta; la mayoría son de dos plantas, construidas en concreto y mampostería. Arquitectónicamente esta posee divisiones al interior y acabados en fachadas.

✓ **Características constructivas y estructurales.**

- Cimentación.

a) Profunda. Las edificaciones con esta tipología en su mayoría complementan la cimentación con pilotaje de concreto reforzado ($\xi=0.25\text{m} \times 0.25\text{m}$) y longitud que varía entre 4m y 7m.

b) Superficial. En éstas incluye la interacción de los pilotes con las zapatas y las vigas de cimentación. Los palafitos son de concreto reforzado (normalmente con baja sección, $\xi=0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$ hasta $\xi=0.25\text{m} \times 0.25\text{m}$).

- Estructura. El sistema estructural más empleado es el de pórticos, la losa de contrapiso y de terraza son macizas en su mayoría, la de entrepiso es aligerada. (Ver Figura 32).

En general se observaron deficiencias en las especificaciones del refuerzo, interrupción de estribos a la altura de los nudos, disposición inadecuada de los elementos de refuerzo transversal en la longitud de vigas y columnas, etc.

- Cerramiento. La mampostería de ladrillo y la de bloque son las más utilizadas, los acabados juegan un papel muy importante en esta tipología (Ver Figura 33).

- Cubierta. Generalmente tienen losa de terraza (maciza) y otras de asbesto-cemento, a dos aguas sobre una estructura de madera.

Figura 32. Estructura de vivienda de concreto.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

- Indicadores de vulnerabilidad.

A nivel de cimentación:

- ⑩ Insuficiente cantidad de pilotes.
- ⑩ Baja calidad del concreto.
- ⑩ Falta de amarres e insuficiente cantidad de refuerzo.
- ⑩ Falta de continuidad en los elementos de cimentación.
- ⑩ Baja sección de elementos.
- ⑩ Espesores mínimos de recubrimiento
- ⑩ Inadecuada distribución del acero de refuerzo al cortante.
- ⑩ Deterioro de elementos por sulfatación y corrosión de aceros.

A nivel de estructura:

- ⑩ Falta de rigidez
- ⑩ Uniones débiles entre elementos estructurales (columnas, vigas y entramado de piso, cubierta y cerramientos).
- ⑩ Baja sección transversal de elementos estructurales.
- ⑩ Falta de mantenimiento.
- ⑩ Mala distribución de elementos de refuerzo transversal.
- ⑩ Recubrimientos insuficientes.
- ⑩ Calidad del concreto e insuficiente cuantía de refuerzo.
- ⑩ Falta de arriostramiento lateral.
- ⑩ Falta de confinamiento de muros.
- ⑩ Losa de contrapiso y entrepiso maciza (pesada).

A nivel de cubierta:

- ⑩ Amarres inadecuados entre estructura y cubierta.
- ⑩ Estructura de cubierta flexible.
- ⑩ Falta de elementos de amarre.
- ⑩ Deterioro de elementos por descomposición de la madera.

Figura 33. Vivienda de concreto.



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio indicaron que el grado de exposición por vibración sísmica es alto y generalizado, debido a que las poblaciones se emplazan sobre una zona que puede estar sometida a aceleraciones del terreno del orden de 0,40 g. La mayoría de las poblaciones están localizadas sobre terrenos recientes como barras e islas de arena y depósitos aluviales; y la mayoría de las construcciones tienen alta vulnerabilidad por resistencia, reflejada en las deficiencias constructivas y estructurales y mal estado de conservación (Ver Anexo A).

El proyecto generó insumos para el ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial – POT de Tumaco, específicamente para el área urbana, expresados en la zonificación de la vulnerabilidad física por sectores, y los Esquemas de Ordenamiento Territorial – EOT, para las cabeceras municipales de Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, el Charco, la Tola y corregimientos evaluados, expresados en la zonificación de la amenaza y vulnerabilidad por licuación y una zonificación regional por impacto/inundación de tsunami.

De la misma manera el proyecto generó insumos para la elaboración de los PLECs de los municipios, expresados en los resultados de la evaluación funcional de los sistemas urbanos y líneas vitales, así como las edificaciones esenciales. Actualmente el Municipio de Tumaco cuenta con el PLEC para el área urbana – pionero en el Litoral. Este se alimentó de los resultados del estudio y se encuentra en proceso de socialización y aplicación con la comunidad e instituciones locales.

La participación de profesionales de la región en el proyecto, fue un positivo acierto de las institución promotora y de la ejecutora del estudio (OSSO – DGPAD), debido a que en primera instancia, se logró la transferencia de conocimientos a personal técnico no versado en el tema, lo que permite contar hoy en día con personal local capacitado para liderar, participar y gestionar nuevos proyectos afines.

Se evidenció un desconocimiento generalizado de los fenómenos estudiados por el proyecto y las acciones que se deben tomar para atender o prevenir situaciones de emergencia, por parte de la comunidad e instituciones.

A pesar de las bondades inherentes de las viviendas en madera en cuanto a comportamiento sísmico por su flexibilidad y capacidad de disipación de energía sísmica, el grado de exposición a la vibración sísmica de las viviendas de madera de Tumaco (en su mayoría palafíticas) es alto debido a deficiencias constructivas observadas, como amarres inadecuados entre elementos, gran esbeltes, falta de arriostamiento lateral, etc., y al deterioro de los palafitos sobre los cuales se apoyan.

La infraestructura vial de puentes palafíticos en madera, de los Sectores 1, 15, 16 y 17 representa un gran riesgo para la población (en especial la infantil) en una eventual evacuación, debido a su alto grado de deterioro, a las deficiencias constructivas/estructurales y a la cercanía de viviendas, redes eléctricas, postes de alumbrado que pueden caer y obstaculizar la evacuación de las personas o acceso de las entidades de socorro.

Los resultados del proyecto representados en zonificaciones, constituyen un elemento de partida hacia la planificación del territorio en el Litoral de Nariño, que redundará en el replanteamiento de los usos de suelo actuales y futuros.

El proyecto generó insumos cartográficos, documentales, gráficos, fotográficos y fílmicos, que pueden utilizarse para la generación de estrategias educativas masivas tendientes a capacitar las comunidades e instituciones en la gestión de riesgos, a partir del reconocimiento del territorio como punto de partida (ofertas y amenazas) y las interacciones con el mismo, identificando los roles de cada actor.

6. RECOMENDACIONES

6.1 EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO DEL SUELO

Los resultados obtenidos en la zonificación de los sectores deben ser tenidos en cuenta para replantear el uso del suelo en Tumaco, con base en los estudios realizados por el OSSO.

Planificación urbana y control de la actividad edificatoria soportada en la normatividad de diseño y construcción sismo resistente.

Desestimular el crecimiento urbano en zonas de alto riesgo y encontrar los mecanismos necesarios para el mejoramiento de las prácticas constructivas.

Generar un proyecto de reubicación a largo plazo, para los sectores de alto riesgo del área urbana de Tumaco, entre ellos los sectores (1,2,15).

Reubicar el barrio Brisas del aeropuerto a otra zona por su cercanía con la pista del aeropuerto La Florida.

Debido a la alta densidad de vivienda existente los sectores, 5, 9, 10, 11, y 17, se recomienda elaborar un proyecto de reordenamiento urbanístico de los mismos y en especial los que presentan gran cantidad de “cuchos”.

Orientar el crecimiento urbano de Tumaco hacia la Zona Continental, reubicando los sectores en alto riesgo, en especial los más expuestos a impactos de tsunami.

Aislar o reubicar estaciones de combustibles al interior de los sectores.

6.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN FÍSICAS

Desestimular la construcción de viviendas en terrenos de bajamar o susceptibles a impactos por tsunami.

Construcción de barreras naturales (vegetación manglárica y bajos) contra los efectos de algunas amenazas naturales -impacto/inundación por tsunami y proteger a las existentes de ser urbanizadas.

Hacer evaluaciones estructurales puntuales a las edificaciones esenciales, con el fin de reforzarlas a la luz de la NSR-98.

Reforzar las estructuras de los puentes palafíticos colocando diagonales de arriostramiento en "x" entre pórticos.

Reparar y/o reconstruir los tramos de puentes peatonales que presentan deterioro en el concreto y corrosión del acero en sus elementos.

Construir elementos de protección como barandas laterales en los puentes para reducir la exposición de la población (en especial la infantil) a las caídas al mar.

Recuperar la verticalidad de los postes que presentan graves desplomes y amenazan colapso.

No permitir la construcción de puentes palafíticos nuevos, salvo que se construyan para reemplazar uno existente.

Eliminar los puentes peatonales con altos índices de vulnerabilidad que representen peligro para la población.

Iniciar inmediatamente en el municipio de Tumaco un plan de acción a corto, mediano y largo plazo para acometer la necesidad de agua potable de la población en cantidad, calidad y cobertura del servicio.

Estudiar la posibilidad de captar el agua del Río Güija, en el corregimiento La Guayacana, para distribuirla por gravedad a Tumaco y que se puedan beneficiar las veredas del camino.

Cambio de cables de sujeción de la barcaza y dotación completa del sistema de captación.

Cambio de tuberías rígidas por flexibles, en la toda la red del acueducto de Tumaco.

Para la protección de la Isla de Tumaco, "ayudarle" a crecer a la Isla del Guano como lo propuso el ingeniero Triana en 1910. Para lo cual hay que desarrollar los estudios pertinentes.

Plantear programas de reducción de la vulnerabilidad física de las viviendas existentes, mediante un proyecto de reforzamiento estructural con participación comunitaria.

Se debe realizar a corto plazo un estudio de revisión estructural de los viaductos Agua Clara y El Pindo.

Plantear las obras de ampliación del estrangulamiento localizado a 100m del viaducto El Pindo, a la altura de la intersección entre las Calles 5ª, 8ª y 12, que

comunican la isla de Tumaco con la Zona Continental.

Plantear el mejoramiento y reforzamiento de las estructuras escolares y de salud por parte de la administración local.

Realizar el rediseño de la ubicación de los postes de energía eléctrica disminuyendo el riesgo de afectación por la falla/colapso de las edificaciones de ocupación normal dispuestas sobre los mismos.

6.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN FUNCIONALES

Dotar a las instituciones de atención a la comunidad de elementos mínimos para la atención de la emergencia.

Construcción del andenes peatonales en los viaductos del área urbana de Tumaco.

Señalización de los puentes de Agua Clara, El Pindo y el Viaducto del Morro indicando las zonas de seguridad establecidas en el PLEC.

Recuperar la red de hidrantes en el área urbana del municipio y dotar de una especial al sector palafítico.

Elaborar planes de emergencia y contingencia que su enfoque no se limite únicamente a eventualidades tsunamigénicas.

Realizar reparaciones locativas en la planta de tratamiento, minimizar fugas de agua. Dotar el laboratorio para ensayos físicos, químicos y microbiológicas, además de contratar *-personal idóneo para su operación.*

Cambio del sistema de la unidad operacional de filtración y en la conducción Identificar y reparar los tramos de tubería generadores de fugas. Controlar la calidad de las acometidas, para mejorar la calidad del servicio.

Mejorar las condiciones de saneamiento básico del municipio, disminuyendo la vulnerabilidad del sistema de acueducto, un adecuado sistema de tratamiento y disposición de aguas residuales, así como de drenaje de aguas lluvias; además de el manejo adecuado de residuos sólidos, haciendo énfasis en el reciclaje.

En el sistema de distribución, realizar el inventario de catastro de redes. Identificar y reparar los tramos de tubería generadores de fugas, principalmente en el sector palafítico, como estrategia a corto plazo.

6.4 ESTRATEGIAS EDUCATIVAS

La socialización del desarrollo del proyecto, así como esta pasantía, con sus resultados, ante la comunidad educativa de la Universidad de Nariño, sería una estrategia para estimular la creación de una línea de investigación-acción sobre el tema en la región, que se podría implementar mediante una electiva técnica en evaluación de vulnerabilidades, como complementación de la formación académica de los estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Nariño, además de generar espacios de apoyo técnico de la academia hacia la comunidad del Departamento de Nariño.

Generar programas educativos hacia la gestión del riesgo, y convertir en asignatura obligatoria en prevención de desastres para centros educativos municipales.

Plantear programas de capacitación en construcción sismorresistente de edificaciones de ocupación normal de uno y dos pisos, dirigido a todos los constructores del municipio, en especial a Maestros, Oficiales, Ayudantes, con formación empírica.

Ofrecer seminarios de actualización a la NSR-98 a profesionales de la región (Ingenieros, Arquitectos, Técnicos).

Realizar campañas educativas en los medios de comunicación incentivando la población a construir adecuadamente, mejorando las prácticas constructivas y reduciendo así el alto índice de vulnerabilidad física actual.

6.5 ESTRATEGIA TÉCNICA CIENTÍFICA

Si bien es cierto que el gobierno central se encuentra interesado en conocer el pacífico Colombiano y en especial el litoral de Nariño por las particularidades mencionadas anteriormente como son su sismicidad histórica, la cercanía a la zona de subducción, la amenaza latente de actividad sísmica capaz de generar eventos tsunamigénicos, el alto potencial de licuación de sus suelos y la alta probabilidad de inundación de gran parte de su área urbana; es preciso realizar estudios más puntuales encaminados hacia la generación de nuevo conocimiento con mayor grado de detalle, sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos.

6.6 EN MATERIA DE GESTIÓN DEL RIESGO

Impulsar la propuesta del OSSO para la formulación de un “*Programa de mitigación de riesgos para el Litoral de Nariño*”, basado en cinco estrategias

generales: 1. Científica-técnica, 2. educativa, 3. planificación urbanística y usos del suelo, 4. reasentamiento y/o protección de poblaciones de alto riesgo, y 5. reforzamiento de los elementos expuestos. De acuerdo con *OSSO-DGPAD* (2003), se espera que las actividades derivadas del desarrollo de este Programa, se conviertan en dinamizadoras de la economía regional y un gran paso hacia la mitigación del riesgo sísmico, en el Litoral de Nariño.

Fortalecer la Secretaría de planeación con personal técnico para exigir el cumplimiento de los requerimientos para la construcción de vivienda contempladas en la NSR-98, teniendo en cuenta que en el municipio adolece de Curaduría urbana.

Asesorar a la población para la construcción de vivienda sismorresistente, mediante la creación de un consultorio técnico, al interior la Secretaría de Planeación o en la División de Obras Públicas del Municipio.

Fortalecer El CLOPAD, dotar adecuadamente a los organismo de atención con elementos adecuados y suficientes para atender una emergencia.

Elaboración de planes de prevención y atención de desastres tanto institucionales como comunitarios con la coordinación del CLOPAD.

7. BIBLIOGRAFÍA

AIS, Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica. 1997. Norma colombiana de Diseño y Construcción Sismorresistente, NSR – 98 (Ley 400 de 1997). Bogotá.

CAICEDO, J. et al. 1996. Simulaciones numéricas de propagación de Tsunami para la Costa Pacífica colombiana. Publicaciones sobre Tsunami en el Pacífico colombiano. Observatorio Sismológico del Suroccidente.

GOBERNA, J y RAMÍREZ, J. 1980. Terremotos colombianos. Noviembre 23 y diciembre 12 de 1979. Informe preliminar. Instituto Geofísico de los Andes. Universidad Javeriana. Bogotá.

GONZÁLEZ, Samir. 1991. Estudio Preliminar de Vulnerabilidad Sísmica de Tumaco. Cali.

HERD, D. et al. 1981. The great Tumaco, Colombia earthquake of 12 december 1979. SCIENCE, Vol. 211, N°. 4481, p. 441-445.

INGEOMINAS, DIMAR y OSSO. 2002. Integración del Mapa de potencial de licuación de suelos para Tumaco.

INGEOMINAS. 2002 Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear-. Evaluación del Potencial de Licuación de las Arenas de Tumaco, Bogotá.

MEYER, H & RODRÍGUEZ, E. 1997. Prevención de Tsunami en Costa de Manglar – Tumaco, Colombia. Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental. Comisión Oceanográfica Intergubernamental de al UNESCO – IOC. Publicaciones sobre Tsunami en el Pacífico colombiano. Observatorio Sismológico del Suroccidente.

MEYER, H & VELÁSQUEZ, A. 1992. Aproximación al riesgo por tsunami en la Costa del Pacífico en Colombia. Alcaldía del Municipio de Buenaventura. Comité para la Prevención y Atención de Desastres. Observatorio Sismológico del Suroccidente. Cali. Publicaciones ocasionales del OSSO No. 8.

MEYER, H. 1989. Desarrollo del sistema nacional de alerta de tsunami – centro piloto para el litoral pacífico. Propuesta de la Universidad del Valle a la Comisión Colombiana de Oceanografía.

MEYER, H. 1990. a. Desarrollo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami. Memorias del VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. Comisión colombiana de Oceanografía. Cali.

MEYER, H. 1997. Estado actual del conocimiento y control de riesgos causados por terremoto en la Ciudad de Tumaco. Informe presentado al proyecto Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco de Plan Pacífico (DNP) y "Asesorías Municipales Ltda".

MOSQUERA, G. et al. 1999. Urbanismo y vivienda en las ciudades del Pacífico. El caso de Tumaco. Investigación sistemas urbanos aldeanos del Pacífico. CITCE – UNIVALLE.

OSSO. 2002. Propuesta: Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del Litoral de Nariño. Cali.

OSSO.1996. Observatorio Sismológico del Sur Occidente. Texto educativo Nosotros, Tumaco y el Medio Ambiente – una invitación a reconocer el sitio en que vivimos, 1996. pág 32, inédito). Cali.

PERALTA, Henry. et al. Evaluación de la vulnerabilidad física por terremoto y sus fenómenos asociados en poblaciones del litoral de Nariño. En : I CONGRESO LATINOAMERICANO DE SISMOLOGÍA Y II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA. (2004: Armenia). Ponencias del I Congreso Latinoamericano de Sismología y II Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Armenia : Universidad del Qundío, 2004.

PERALTA, Henry. Escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el Barrio San Antonio. Cali, 2002. Proyecto de Grado (Ingeniero Civil). Universidad del Valle – Colombia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática.

RUDOLPH, E & SZIRTES, S. El terremoto colombiano del 31 de enero de 1906, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Vol.XI,Nº 1, Leipzig. 1911. Traducción de Hansjürgen Meyer y Alba Paulsen de Cárdenas, Publicaciones Ocasionales del OSSO No. 1, Univalle Cali. 1991.

SNPAD, 1989. Codificación de Normas - Decreto Nº 919. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá.

VELÁSQUEZ, A. 1992. Informe final sobre comisión al Archivo General de Indias, Sevilla, presentado al programa Mitigación de Riesgos en Colombia (DNPAD, UNDRRO, ACDI), actividad "Estudios históricos de eventos, incluido examen del

AGI, Sevilla, España. Observatorio Sismológico del Suroccidente – OSSO, Universidad del Valle, manuscrito, Cali. 1992.

VELÁSQUEZ, A; MEYER, H; PERALTA, Henry. Zonificación de amenazas por tsunami y licuación en el Litoral de Nariño. En : I CONGRESO LATINOAMERICANO DE SISMOLOGÍA Y II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA. (2004 : Armenia). Ponencias del I Congreso Latinoamericano de Sismología y II Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Armenia : Universidad del Qundío, 2004.

ANEXO A

INDICADORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES DEL PACÍFICO NARIÑENSE

Amarre débil entre los elementos de cimentación y el entramado de piso



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Arriostramiento inadecuado en los palafitos de madera



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Pórticos de concreto reforzado dispuestos en un solo sentido



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Cubierta pesada (Efecto del péndulo invertido)



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Exposición de elementos de refuerzo por falla del solado inferior de entrepisos



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Inadecuada disposición de refuerzo al cortante en elementos estructurales



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Uniones débiles entre la cubierta y la estructura de soporte



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Esbeltez de muros de mampostería de ladrillo parcialmente confinados



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Discontinuidad de diafragma y columna corta



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Pérdida del concreto de recubrimiento en elementos estructurales



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Piso flexible en edificaciones de madera



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Anclaje inadecuado en cambio de rigideces (rígido – flexible)



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Mampostería inconfiada como estructura de soporte de planta alta



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Franco deterioro de edificaciones (amenaza colapso)



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Asentamientos en la cimentación de la edificación



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Desprendimiento del revoque por la mala calidad del concreto empleado



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003

Escalera de madera sin anclaje a la estructura de la edificación



Fuente: OSSO-DGPAD, 2003