



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

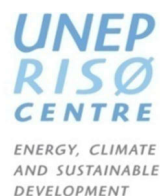
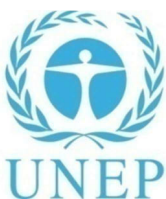
**PROSPERIDAD
PARA TODOS**

República de Colombia

EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS Y PLANES DE ACCIÓN TECNOLÓGICA PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Abril de 2013

Apoyado por:



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

JUAN GABRIEL URIBE VEGALARA

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

ADRIANA SOTO CARREÑO

Viceministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

RODRIGO SUAREZ CASTAÑO

Director de Cambio Climático

DIANA CAROLINA BARBA

Coordinadora Nacional de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Cambio Climático

MARIANA ROJAS LASERNA

Coordinadora del componente de Adaptación de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Cambio Climático

EQUIPO TÉCNICO

ANDREA GUERRERO GARCÍA

MARÍA MARGARITA GUTIERREZ ARIAS

FELIPE GÓMEZ VILLOTA

LORENA SANTA MARÍA ROJAS

JOSÉ MANUEL SANDOVAL PEDROZA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN

ANDRÉS FERNANDO OSORIO ARIAS

Director del proyecto

GRUPO DE TRABAJO

OSCAR MESA

CLARA INÉS VILLEGAS PALACIO

VERÓNICA BOTERO FERNÁNDEZ

SANTIAGO ARANGO ARAMBURO

CARLOS DAVID HOYOS ORTIZ

PATRICIA JARAMILLO ÁLVAREZ

PERSONAL DE APOYO

CARLOS ALEJANDRO HENAO VARGAS

JESSICA ARIAS GAVIRIA

MARÍA JULIET LONDOÑO DUQUE

DIANA CAROLINA RÍOS ECHEVERRI

ABRIL 2013

Este documento es el resultado del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas, financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM) e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Centro PNUMA Risoe (URC) en colaboración con los Centros Regionales de Fundación Bariloche y Libélula Comunicación Ambiente y Desarrollo, en beneficio de los países participantes. El presente informe es el resultado de un proceso totalmente dirigido por el país, por lo que tanto las opiniones y la información contenida en el mismo son un producto del equipo nacional TNA, dirigido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PREFACIO

El proyecto mundial de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA, por sus siglas en inglés) busca definir las tecnologías limpias más apropiadas para adaptación y mitigación al cambio climático, y desarrollar Planes de Acción Tecnológicos (TAP, por sus siglas en inglés) que faciliten la difusión de las tecnologías dentro de cada país participante. El proyecto es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF-, e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – UNEP, a través del consultor internacional UNEP Risoe Centre.

El programa se ha desarrollado en diferentes rondas. En la primera ronda, iniciada en el 2009, participaron Kenia, Senegal, Costa de Marfil, Marruecos, Mali, Bangladesh, Tailandia, Vietnam, Indonesia, Camboya, Georgia, Costa Rica, Guatemala, Perú y Argentina. Debido a la experiencia adquirida, las fundaciones Libélula de Perú y Bariloche de Argentina asesoraron el desarrollo de la segunda ronda, iniciada en 2011, los componentes de adaptación y mitigación, respectivamente.

Colombia hace parte de los países participantes en la segunda ronda del proyecto. De esta forma, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, es la entidad encargada de la coordinación del proyecto dentro del país, quienes contactaron para su implementación al grupo de investigación OCEÁNICOS de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín para el componente de adaptación. El grupo se encuentra avalado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS.

Este documento es una recopilación de metodologías aplicadas y resultados obtenidos en el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas en Colombia, en su componente de adaptación al cambio climático, y está dirigido a las entidades encargadas de formular políticas ambientales, planes de desarrollo, planes de adaptación, planes de prevención de desastres y manejo integral de riesgo, entre otros. Los resultados abren la posibilidad de formular acciones que deben tomarse en busca del desarrollo del país. Igualmente, el documento está dirigido a los diferentes grupos de investigación nacionales en temas ambientales, tecnologías de adaptación al cambio climático y desarrollo nacional.



RODRIGO SUAREZ CASTAÑO

Director Cambio Climático

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Agradecimientos

República de Colombia

AGRADECIMIENTOS

La Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático - CMNUCC

Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD

El Centro UNEP RISØE

Fundación Libélula de Perú

Fundación Bariloche de Argentina

Instituto Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR

Gobernación de San Andrés

Alcaldía de Cartagena

A todos los actores estratégicos que participaron activamente durante el desarrollo del proyecto

ACRÓNIMOS

ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
CAR	Corporación Autónoma Regional
CLOPAD	Comité Local para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres
CIOH	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
COLCIENCIAS	Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas"
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP7	7ª Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Marrakesh, Marruecos 2001.
COTELCO	Asociación Hotelera y Turística de Colombia
DAGRED	Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DGR-MIJ	Dirección de Gestión del Riesgo – Ministerio del Interior y Justicia
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DIMAR	Dirección General Marítima
DNP	Departamento Nacional de Planeación
FONADE	Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
I+D+I	Investigación Desarrollo e Innovación
INAP	Piloto Nacional Integrado de Adaptación
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INCODER	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés"
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
LCC	Lineamientos de la Política para el Cambio climático
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MIZC	Manejo Integrado de las Zonas Costeras
OCCRE	Oficina de Circulación y Control de Residencia de San Andrés Islas
ONG	Organización No Gubernamental
OCEANICOS	Grupo de investigación de Oceanografía e Ingeniería Costera de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
PDD	Planes de Desarrollo Departamentales
PGAR	Plan de Gestión Ambiental Regional
PLAN2019	Plan Colombia Visión 2019

Acrónimos

República de Colombia

PIA	Política Nacional de Investigación Ambiental
PM	Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia (2002)
PNAOCI	Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia.
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNOEC	Política nacional del Océano y de los Espacios Costeros
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
RP	Relleno de playa
RH	Restauración de Humedales
RCD	Regeneración-Construcción de Dunas
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research
SIMPAD	Sistema Municipal para la Prevención y Atención de Desastres
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SM0	Sistema de monitoreo básico
SM1	Sistema de monitoreo 1
SM2	Sistema de monitoreo 2
SM3	Sistema de monitoreo 3
SM4	Sistema de monitoreo avanzado
SPP	Sustento Periódico de Playa
TNA	Evaluación de Necesidades Tecnológicas (Technology Needs Assessment)
2°CNCC	Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático –IDEAM-2011
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ACRÓNIMOS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	1
RESUMEN EJECUTIVO	1

PARTE I 3

INFORME DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS 3

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Justificación de la priorización de las áreas marino costeras como objeto de estudio del proyecto TNA	5
1.2 Políticas nacionales relacionadas con las prioridades de desarrollo, la innovación tecnológica y la adaptación al cambio climático	5
1.3 Estudios de vulnerabilidad al cambio climático en el país.....	10
Capítulo 2. Arreglo institucional para TNA e involucramiento de actores estratégicos.....	12
2.1 Equipo de trabajo TNA Colombia	12
2.2 Proceso de involucramiento de actores estratégicos	13
Capítulo 3. Metodología para Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Adaptación al Cambio Climático.....	17
3.1 Metodología inicial para el proceso TNA en adaptación	17
3.2 Metodología propuesta para el proceso del TNA en adaptación	17
3.3 Metodología de análisis multicriterio seleccionada para la priorización de tecnologías.....	19
Capítulo 4. Priorización de áreas vulnerables y enfoques tecnológicos dentro del sector Zonas Marino Costeras	21
4.1 Las Zonas marino costeras de Colombia	21
4.2 Descripción del problema y las tendencias futuras climáticas en diferentes áreas vulnerables de las zonas marino-costeras del país.....	22
4.3 Enfoques tecnológicos para adaptación al cambio climático en zonas marino-costeras	27
4.4 Metodología aplicada para la selección de áreas vulnerables y enfoques tecnológicos	32
Capítulo 5. Priorización de tecnologías para Cartagena de Indias	36
5.1 Revisión general de posibles opciones tecnológicas de adaptación en Cartagena y sus beneficios	36
5.2 Proceso de priorización de tecnologías.....	36
5.3 Resultados.....	43
Capítulo 6. Priorización de tecnologías para la Isla de San Andrés	45
6.1 Revisión general de posibles opciones tecnológicas de adaptación en San Andrés y sus beneficios.....	45
6.2 Proceso de priorización de tecnologías.....	46

6.3 Resultados	46
Capítulo 7. Conclusiones	50
PARTE II	52
PLANES DE ACCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	52
Resumen ejecutivo	53
Planes de Acción de las Tecnologías	55
INTRODUCCIÓN	55
Capítulo 1. Análisis de actores involucrados en Cartagena y San Andrés	57
Capítulo 2. Identificación de barreras y medidas para la puesta en marcha de las tecnologías en Cartagena	63
2.1 Objetivos preliminares para la transferencia y difusión de las tecnologías	63
2.2 Objetivos preliminares de las tecnologías	64
2.2.1 Rellenos de playa	64
2.2.2 Sistemas de monitoreo avanzado	64
2.3 Análisis de barreras para la difusión y transferencia de las tecnologías	65
2.3.1 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los rellenos de playa	65
2.3.2 Vínculos entre las barreras identificadas	68
2.3.3 Soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los rellenos de playa en Cartagena	71
2.3.4 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo	73
2.3.5 Posibles soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo en Cartagena	76
Capítulo 3. Identificación de barreras y medidas para la puesta en marcha de las tecnologías en San Andrés	78
3.1 Objetivos preliminares para la transferencia y difusión de las tecnologías	78
3.2 Análisis de barreras para la difusión y transferencia de las tecnologías	78
3.2.1 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los rellenos de playa	78
3.2.2 Vínculos entre las barreras identificadas	81
3.2.3 Soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los rellenos de playa en San Andrés.	83
3.2.4 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo	84
3.2.5 Vínculos entre las barreras identificadas	86
3.2.6 Posibles soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo en San Andrés	88
Capítulo 4. Planes de Acción de las Tecnologías para Cartagena y San Andrés	89
4.1. Plan de Acción de la tecnología rellenos de playa	89
4.1.2 Líneas estratégicas de acción para la tecnología rellenos de playa en Cartagena y San Andrés	90
4.2. Plan de Acción de la tecnología sistemas de monitoreo avanzado	99

República de Colombia

4.2.2 Líneas estratégicas de acción para la tecnología de sistemas de monitoreo avanzado en Cartagena y San Andrés.....	99
4.3 Conclusiones y propuesta para implementar los planes de acción para las tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés.....	104
PARTE III	110
IDEAS DE PROYECTO PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS COSTERAS DE COLOMBIA.....	110
INTRODUCCIÓN	111
Ideas de proyectos para la implementación de Sistemas de Monitoreo Avanzado – (SMA) en San Andres Isla y en Cartagena de Indias, Colombia	112
IDEA DE PROYECTO 1: Concepción y diseño de un sistema de monitoreo avanzado para San Andrés Isla y Cartagena de Indias	113
IDEA DE PROYECTO 2: Implementación y operación de un sistema de monitoreo en San Andrés Islas y Cartagena de Indias	117
Ideas de proyectos para la implementación de rellenos de playa en San Andres Isla y Cartagena de Indias.....	121
IDEA DE PROYECTO 1: Relleno de playa en San Andres	122
IDEA DE PROYECTO 2: Relleno de playa en Cartagena de Indias	126
REFERENCIAS	131
ANEXOS	135
Anexo I. Factsheets de Tecnologías.....	136
A.1.1 Rellenos de playa	136
A.1.2 Restauración de Humedales	137
A.1.3 Regeneración – Construcción de Dunas	138
A.1.4 Sistema de Monitoreo SM0	139
A.1.5 Sistema de Monitoreo SM1	140
A.1.6 Sistema de Monitoreo SM2	141
A.1.7 Sistema de Monitoreo SM3	142
A.1.8 Sistema de Monitoreo SM4	143
Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas	144
A.2.1 Características de la tecnología Rellenos de Playa	144
A.2.2 Características de la tecnología Sistemas de monitoreo avanzado – SM4	150
A.2.3 Aplicabilidad en el país	161
Anexo III. Mapa de Mercado de las Tecnologías	163
A.3.1 Descripción técnica del mapa de mercado para la tecnología de rellenos de playa	163
A.3.2 Descripción técnica de la cadena de mercado del sistema de monitoreo avanzado	170

Anexo IV. Involucramiento de actores estratégicos.....	176
A.4.1 Asistentes a taller de acercamiento a actores estratégicos.....	176
Anexo V. Lista de actores involucrados y contactos.....	179
Lista de actores participantes en el proceso	180
Anexo VI. Base matemática del AHP Selección de método de análisis multicriterio.	182
A.6.2 Selección de criterios	184
A.6.3 Asignación de pesos de importancia	186
Anexo VII.COSTOS ASOCIADOS A LAS TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE MONITOREO	188
Anexo VIII. COSTOS ASOCIADOS A LAS TECNOLOGÍAS DE RELLENOS DE PLAYA.....	190

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología del proyecto TNA, Adaptado de (PNUD, 2010)	5
Figura 2. Esquema Organizacional del proyecto TNA	12
Figura 3 - Árbol de decisión para priorización de tecnologías	41
Figura 4 – Distribución de calificación final de tecnologías para Cartagena.....	44
Figura 5 – Distribución de calificación final de tecnologías para San Andrés.....	48
Figura 6. Árbol de problemas para la tecnología de rellenos de playa en Cartagena	70
Figura 7. Árbol de problemas para la tecnología de sistemas de monitoreo en Cartagena.....	75
Figura 8. Árbol de problemas para la tecnología de rellenos de playa en San Andrés.....	82
Figura 9. Árbol de problemas para la tecnología de sistemas de monitoreo en San Andrés	87
Figura 10. Líneas estratégicas de acción para las tecnologías priorizadas	89
Figura 11. Línea estratégica de acción 1 – Niveles de política Nacional y locales que potencializan el estudio de amenazas	93
Figura 12. Línea estratégica de acción 2 - Relaciones entre los diferentes niveles de políticas gubernamentales. RP: Rellenos de Playa	96
Figura 13. Línea estratégica de acción 3 – Generación de capacidades locales y nacionales, a partir de lineamientos de política ya existentes	99
Figura 14. Isla de San Andrés. Sitios propuestos para rellenos de playa	123
Figura 15. Bahía de Cartagena, Isla de Tierrabomba	128
Figura 16. Marco General de una Actuación en el Litoral.....	146
Figura 17. Esquema preliminar de diseño de una regeneración	147
Figura 18. Esquema de los diferentes niveles de cálculo.....	148
Figura 19. Ejemplos de (a) campos de la velocidad del viento en el mar Caribe y (b) del esfuerzo y rotor del viento en la Cuenca Pacífica Colombiana	150
Figura 20. Órbitas de las misiones TOPEX/POSEIDON, JASON-1 y JASON-2	151
Figura 21. Topografía y Batimetría del Caribe – Datos de Misión ETOPO1	151
Figura 22. Ubicación Boyas NDBC en el Caribe.....	152
Figura 23. Ubicación de las mediciones de oleaje visual	153
Figura 24. Distribución espacial de los viento para el huracán Dean para el 18 de agosto de 2007 a las 00:00 UTC. Modelo WRF	158
Figura 25. Distribución espacial de la altura de ola significativa Hs, para el trimestre DEF, para año NORMAL	160
Figura 26. Componentes del mapa de mercado.....	163
Figura 27. Interacción de actores que intervienen en la fase de concepción de los rellenos de playa.....	165
Figura 28. Proceso de obtención de diseños del proyecto de rellenos de playa.....	166
Figura 29. Interacción de actores que intervienen en la fase de diseño de los rellenos de playa.....	167
Figura 30. Interacción de actores que intervienen en la fase de implementación de los rellenos de playa	168
Figura 31. Interacción de actores que intervienen en la fase de operación y mantenimiento de los rellenos de playa.....	169

Figura 32. Interacción de actores que intervienen en la fase de concepción de los sistemas de monitoreo 171

Figura 33. Interacción de actores que intervienen en la fase de diseño de los rellenos de playa..... 172

Figura 34. Interacción de actores que intervienen en las fases de implementación y operación de los sistemas de monitoreo 173

Figura 35. Mapa de Mercado para la tecnología de rellenos de playa 174

Figura 36. Mapa de Mercado para la tecnología de sistemas de monitoreo 175

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Sub-sectores de interés, metas y estrategias de las políticas nacionales relacionadas a la adaptación al cambio climático.....	7
Tabla 2 – Resumen de talleres realizados durante el proceso.	15
Tabla 3 - Comparación entre metodología del manual TNA y metodología propuesta por TNA-Colombia.....	18
Tabla 4 - Descripción general de áreas vulnerables en la región Caribe	24
Tabla 5 - Descripción general de las áreas vulnerables en la región Pacífica	26
Tabla 6 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Tecnologías Duras	28
Tabla 7 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Tecnologías blandas	29
Tabla 8 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa.....	30
Tabla 9 - Beneficios de cada tecnología ante amenaza y vulnerabilidad.....	31
Tabla 10 - Pasos para la selección áreas vulnerables y enfoques tecnológicos.....	32
Tabla 11 - Ventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en Cartagena	36
Tabla 12 - Desventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en Cartagena	36
Tabla 13 - Criterios a evaluar en la priorización de tecnologías.	37
Tabla 14 – Pesos asignados por actores nacionales (Bogotá) y locales (Cartagena)	43
Tabla 15 - Ventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en San Andrés	45
Tabla 16 - Desventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en San Andrés.....	45
Tabla 17 – Pesos asignados por actores nacionales (Bogotá) y locales (San Andrés).....	47
Tabla 18 – Tecnologías seleccionadas en cada taller para cada región	48
Tabla 19. Actores involucrados en las fases CDIO de las tecnologías en Cartagena.....	58
Tabla 20. Actores involucrados en las fases CDIO de las tecnologías en San Andrés	59
Tabla 21. Resumen de talleres realizados durante la segunda fase del TNA.....	61
Tabla 22. Barreras identificadas para difusión de los rellenos de playa en Cartagena	67
Tabla 23. Medidas para superar las barreras de los rellenos de playa	71
Tabla 24. Barreras identificadas para difusión de los sistemas de Monitoreo Avanzado en Cartagena	74
Tabla 25. Medidas para superar las barreras de los sistemas de monitoreo	76
Tabla 26. Barreras identificadas para difusión de los Rellenos de playa en San Andrés	80
Tabla 27. Comparación entre barreras y medidas para la puesta en marcha de los rellenos de playa	83
Tabla 28. Barreras identificadas para difusión de los Sistemas de Monitoreo en San Andrés.....	85
Tabla 29. Medidas para superar las barreras de los sistemas de monitoreo en San Andrés	88
Tabla 30. Planes y actividades relacionados en la línea estratégica 1.	90
Tabla 31. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 2.	94
Tabla 32. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 3.	97
Tabla 33. Planes y actividades relacionados en la línea estratégica 2.	101
Tabla 34. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 3.	102
Tabla 35. Planes de Acción de las tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés	105

Tabla 36. Actividades y presupuesto de la idea de proyecto Concepción y Diseño de un Sistema de Monitoreo para San Andrés Isla y Cartagena de Indias	115
Tabla 37. Actividades y presupuesto de proyecto Implementación y puesta en marcha de un Sistema de Monitoreo para San Andrés Isla y Cartagena de Indias	118
Tabla 38. Actividades y presupuesto de proyecto de rellenos de Playa en San Andrés	124
Tabla 39. Actividades y presupuesto de proyecto de relleno de playa en Cartagena de Indias.....	129
Tabla 40. Asistentes al Seminario Internacional HORUS.	176
Tabla 41. Resumen de talleres realizados durante la segunda fase del TNA.....	177
Tabla 42. Asistentes al taller de actores realizado en Cartagena el 24 de septiembre de 2012	179
Tabla 43. Asistentes al taller de actores realizado en San Andrés el 27 de septiembre de 2012.....	179
Tabla 44. Listado de actores involucrados.....	180
Tabla 45. Pesos de importancia para criterios de tercer nivel.....	187
Tabla 46. Costos Generales asociados al Sistema de Monitoreo Avanzado	188
Tabla 47. Análisis de Precios Unitarios (APU) para un relleno de playa	190

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA, por sus siglas en inglés) para adaptación al cambio climático, está dividido metodológicamente en tres partes. La primera parte consta de la identificación de sectores económicos y/o áreas geográficas afectadas de manera significativa por los efectos del cambio climático en la región costera de Colombia. Igualmente, el análisis de los enfoques tecnológicos que pueden ser implementados para la adaptación al cambio climático, seguido del análisis de las tecnologías específicas de adaptación de cada enfoque que favorecen a los sectores económicos y/o zonas geográficas seleccionadas como prioritarias. A este último proceso se le denomina priorización de tecnologías para adaptación al cambio climático. Una vez se han priorizado las tecnologías de adaptación con base en una serie de criterios previamente establecidos, en la segunda parte se pretende determinar las barreras de tipo económico, financiero, legal, social, político e institucional, entre otras, que puedan impedir la implementación de las tecnologías priorizadas e identificar las medidas que pueden contribuir al proceso de superación de las barreras. De forma paralela a estos dos procesos, realizar la construcción del mapa de actores inmerso en todo el ciclo de vida de las tecnologías priorizadas, así como su papel en cada una de esas fases de tránsito por el ciclo de vida específico. La tercera parte que compone el proyecto, está orientada a la construcción de los Planes de Acción tendientes a definir los mecanismos necesarios para ser ejecutados, con el fin de lograr que las tecnologías priorizadas sean implementadas a través de una decisión política de quien debe liderar el proceso y con ello contribuir con los objetivos del país en materia de adaptación al cambio climático.

Cabe resaltar que el proyecto ha sido desarrollado por un grupo de trabajo multidisciplinario y altamente calificado, conformado por profesionales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y profesores con formación doctoral pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, apoyados por estudiantes de diferentes maestrías, quienes siguiendo los pasos metodológicos propuestos desde el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, compilados en el manual para realizar la evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático, propusieron nuevas formas de abordar el proceso de “Adaptación al cambio climático en Colombia desde un enfoque geográfico”.

En una etapa inicial del proyecto, se revisaron las políticas más relevantes propuestas desde los diferentes estamentos del gobierno colombiano relacionadas con la adaptación al cambio climático, con el medio ambiente y en especial con las zonas marino-costeras, resaltando cada una las metas y estrategias planteadas para lograr los objetivos. Esta revisión aportó un panorama general de las prioridades de desarrollo de Colombia y la visión de innovación tecnológica a la que está apuntando el país.

La evaluación de la vulnerabilidad del país por efectos del cambio climático partió de la revisión de la Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático presentada a la CMNUCC, en la que a través de varios escenarios propuestos en diferentes periodos, sobresalieron tres elementos vulnerables para nuestro interés: 1) Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares, 2) vulnerabilidad del recurso hídrico, y 3) vulnerabilidad de las zonas marino costeras.

Partiendo de estos elementos vulnerables, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible decidió realizar la evaluación de necesidades tecnológicas en las zonas marino-costeras de Colombia. Por lo anterior, se realizó una búsqueda y convocatoria de actores y decisores involucrados en los procesos de construcción de país, tanto públicos como privados, y en especial aquellos que tienen relación directa con los elementos vulnerables y las zonas costeras, con los cuales a través de una metodología participativa por medio de talleres nacionales (Bogotá), y talleres locales (Cartagena y San Andrés Islas) se logró un consenso sobre la aplicación del proyecto en áreas con alto grado de vulnerabilidad, los enfoques tecnológicos adecuados en cada área y la priorización de tecnologías para beneficio del país.

De esta forma surgieron 5 zonas costeras vulnerables en Colombia: Cartagena de Indias, San Andrés Islas y el Golfo de Urabá en el Caribe Colombiano, y Buenaventura y Tumaco en el pacífico Colombiano, resultando priorizadas las dos primeras. Así mismo, se presentaron tres enfoques tecnológicos agrupados como Tecnologías Duras, Tecnologías Blandas, y Sistemas de apoyo a la gestión de la costa, de los cuales se seleccionaron los dos últimos como las mejores opciones.

A partir de estos enfoques se propusieron un total de nueve (9) tecnologías; cuatro (4) pertenecientes al enfoque de obras blandas: a) Rellenos de playa, b) Sustento periódico de playas, c) Regeneración- Construcción de Dunas de arena

y d) Restauración de humedales, y cinco (5) a los sistemas de apoyo para gestión de la costa, clasificados por niveles de complejidad: SM0, SM1, SM2, SM3, SM4.

La priorización de las tecnologías estuvo ligada a la metodología de análisis multicriterio con múltiples decisiones AHP (Proceso de Análisis Jerárquico), en la cual expertos en tecnologías calificaron la importancia de cada uno de los criterios en cada tecnología de una manera objetiva. Igualmente, los actores asignaron los pesos del criterio a nivel nacional (Bogotá D.C) y a nivel local (San Andrés Islas y Cartagena) durante los talleres mencionados, lo que permitió entender las preferencias de los tomadores de decisiones.

De los tres enfoques tecnológicos que se presentaron en el proyecto, las obras duras y las obras blandas, corresponden a tecnologías propuestas desde el manual TNA para la adaptación al cambio climático, y de las cuales la mayoría se utilizan en las zonas costeras del país aunque de una manera técnicamente errada. En el tercer enfoque; sistemas para apoyo en la gestión de la costa, se incluyen los sistemas de monitoreo. La inclusión de los sistemas de monitoreo corresponde a una propuesta del equipo consultor del proyecto, que busca satisfacer las necesidades de información en las zonas costeras del país para poder facilitar las propuestas de solución a los problemas que se puedan presentar en las zonas costeras.

En talleres participativos realizados en la ciudad de Bogotá con actores representativos de entidades gubernamentales relevantes en toma de decisiones y con experiencia en estas zonas, además de técnicas de análisis multicriterio, se llevó a cabo la selección de áreas y la priorización de enfoques tecnológicos, los cuales se resumen a continuación:

1. Cartagena de Indias con un puntaje de 82,8
2. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina con un puntaje de 75
3. Distrito especial de Buenaventura con un puntaje de 72,2
4. San Andrés de Tumaco con un puntaje de 69,2
5. Golfo de Urabá con un puntaje de 65,4

Los puntajes obtenidos por cada enfoque tecnológico fueron:

1. Protección Costera blanda con un puntaje total de 129
2. Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa (Sistemas de Monitoreo) con puntaje total de 126,4
3. Protección Costera Sólida con un puntaje total de 109,2.

Los resultados de la evaluación muestran entonces que las áreas seleccionadas debido a su alta vulnerabilidad fueron San Andrés y Cartagena, para las cuales se busca aplicar la tecnología de rellenos de playa, y sistemas de monitoreo avanzado dentro de los enfoques priorizados.

PARTE I

INFORME DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto TNA hace parte de un esfuerzo global para capacitar a varios países en la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la adaptación al cambio climático bajo los lineamientos del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático - CMNUCC. El principal propósito del proyecto es ayudar a los países Parte, participantes en el proceso TNA en el desarrollo, identificación y análisis de las necesidades prioritarias de tecnología, que pueden servir de base para la conformación de un portafolio de tecnologías ambientalmente racionales (TAS, por sus siglas en inglés), proyectos y programas que faciliten la transferencia y el acceso a dichas tecnologías, además del “know-how”, de acuerdo con la aplicación del artículo 4.5 de la CMNUCC. Dado lo anterior, el TNA es fundamental para fortalecer la gestión de los países Parte de la Convención sobre la transferencia de tecnología y una oportunidad para seguir la evolución en la necesidad de nuevos equipos, técnicas, conocimientos prácticos y habilidades para implementar medidas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero y adaptación para reducir la vulnerabilidad de los sectores y medios de vida ante los impactos adversos del cambio climático.

Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – CMNUCC, mediante la expedición de la Ley 164 de 1994, con el ánimo de buscar alternativas que le permitieran adelantar acciones para abordar la compleja problemática del cambio climático. La ratificación de este instrumento implica el cumplimiento por parte de Colombia de los compromisos adquiridos, de acuerdo al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y en consideración al carácter específico de sus prioridades nacionales de desarrollo.

La CMNUCC establece en su artículo 4.8 el compromiso de estudiar a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención, inclusive medidas relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología, para atender las necesidades y preocupaciones específicas de los países en desarrollo. De igual forma, establece en su artículo 1.b) el compromiso de las partes de formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de los gases efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

Actualmente Colombia hace parte del proyecto global de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para el Cambio Climático, por sus siglas en inglés – TNA. Mediante este proyecto Colombia cuenta con recursos para dar inicio al proceso de TNA para la zona marino-costera Colombiana, comenzando actividades en febrero de 2011, hasta Marzo de 2013.

Frente al contexto de la política nacional, de acuerdo con el documento “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014” y el documento CONPES 3700 de 2011 “Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia”, el país deberá disponer de: 1) un Sistema Nacional de Cambio Climático – SNCC, creado; 2) un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático formulado con su respectiva estrategia financiera y; 3) una Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono formulada e implementada mediante planes sectoriales de mitigación.

El presente documento tiene por objeto presentar la metodología utilizada en la Evaluación de las Necesidades Tecnológicas para identificar y priorizar tecnologías de adaptación al cambio climático en las zonas marino-costeras de Colombia y los resultados obtenidos en dicha priorización. El capítulo 1 describe las políticas ambientales de las zonas marino-costeras de Colombia frente a la adaptación al cambio climático y su relación con los sectores sociales, ambientales y económicos, entre ellas la política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y de las Zonas Costeras e Insulares – PNAOCI- y las Comunicaciones oficiales sobre el Cambio Climático en Colombia. En el capítulo 2 se presenta la organización institucional del proyecto TNA y su jerarquía, además de los mecanismos concertados para la participación de los diferentes actores interesados. El capítulo 3 se enfoca en la priorización de las áreas vulnerables al cambio climático en zonas marino-costeras de Colombia y a la selección de los diferentes enfoques tecnológicos para la adaptación a éste. A partir de este proceso, se definió una lista de posibles tecnologías que podrían ser adecuadas para fortalecer las medidas de adaptación al cambio climático en las áreas vulnerables priorizadas, lo cual sirvió como insumo para igualmente priorizar las tecnologías en las que se enfocarán las siguientes etapas del proyecto.

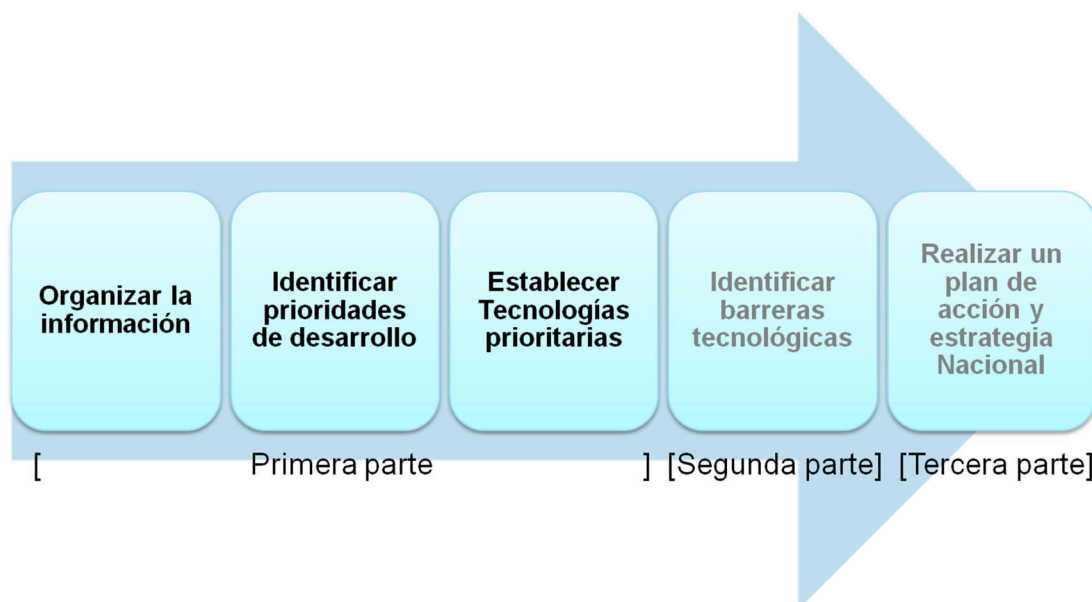


Figura 1. Metodología del proyecto TNA, Adaptado de (PNUD, 2010)

1.1 Justificación de la priorización de las áreas marino costeras como objeto de estudio del proyecto TNA

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, se encargó de tomar la decisión del enfoque más adecuado para el desarrollo del componente de adaptación del proyecto.

Esta decisión se basó en el análisis de políticas y documentos técnicos, entre otros, la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, para seleccionar un sector o área vulnerable en la que debería enfocarse el proyecto. Éste no debería ser sólo altamente vulnerable, sino que además debería ser reconocido por su alta importancia social y económica. Adicionalmente, se buscaba un sector o área vulnerable que tuviera necesidades y vacíos de información de la vulnerabilidad al cambio climático a nivel local.

De esta forma, el Gobierno Nacional decidió enfocar el proyecto en las zonas marino costeras, consideradas como áreas vulnerables por efectos de ascenso del nivel del mar, erosión, pérdida de playas y aumento de eventos extremos. Además, estas zonas son reconocidas por su alta importancia económica y social, debido a que gran parte de la población colombiana se encuentra ubicada en estas áreas, así como actividades que aportan significativamente al desarrollo del país (puertos marítimos, industria química, agricultura, etc.).

Las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, indican que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM- y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” –INVEMAR- han registrado aumentos de temperatura, cambios en los patrones de precipitación y aumento del nivel del mar en algunas regiones, como consecuencia del cambio climático, lo que se constituye en una amenaza para ciudades costeras y su infraestructura, lo que frena el buen desarrollo de los ecosistemas marinos y los servicios que estos prestan a los diferentes sectores de la economía y poblaciones.

Posteriormente, el grupo Oceánicos apoyó la decisión tomada por el Gobierno Colombiano, poniéndose a su disposición para acompañar y liderar técnicamente el proyecto a través del aprovechamiento de su experiencia y del conocimiento de las zonas marino-costeras adquiridos a través del desarrollo de proyectos propios y del análisis de los resultados de otros estudios regionales como el realizado por el Instituto de Hidráulica de la Universidad de Cantabria, España, (CEPAL, IH-CANTABRIA, 2011) y el realizado por el INVEMAR (INVEMAR, 2003), en los que se resalta el alto grado alto de exposición a los efectos del Cambio Climático de las zonas marino costeras del país.

1.2 Políticas nacionales relacionadas con las prioridades de desarrollo, la innovación tecnológica y la adaptación al cambio climático

República de Colombia

Las políticas nacionales establecen directrices para la planeación y el ordenamiento territorial regional y local. Éstas deben reflejarse en los Planes de Gestión Ambiental Regionales de las Corporaciones Autónomas Regionales, en los Planes de Desarrollo departamentales y municipales, y finalmente, en el Ordenamiento Territorial.

Es necesario tener en cuenta que son muchas las políticas ambientales, pueden o no tener relación con el cambio climático o con las zonas marino-costeras. Se ha optado por explicar las que se consideran más relevantes para el análisis. A continuación se presenta un resumen de cada instrumento con sus respectivos sub-sectores de interés y las metas y estrategias planteadas para hacer frente a la adaptación al cambio climático. Un resumen de los sub-sectores de interés, metas y estrategias de las políticas nacionales relacionadas a la adaptación al cambio climático, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 – Sub-sectores de interés, metas y estrategias de las políticas nacionales relacionadas a la adaptación al cambio climático

INSTRUMENTO	SUB-SECTORES DE INTERÉS	METAS Y ESTRATEGIAS
PNAOCI (2000)	<p>Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia: establece el Manejo Integrado de las Zonas Costeras e Insulares MIZC, el cual ha ejercido una influencia importante en el ordenamiento del territorio como instrumento de planificación, los sub-sectores de interés son recreación y turismo, pesca y acuicultura, agropecuario y agroindustria, puertos y transporte marítimo, minas y energía, industria e infraestructura costera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer áreas marinas y costeras del Pacífico y el Caribe como regiones integrales de planificación y de ordenamiento ambiental territorial. -Diseñar y desarrollar programas de conservación de ecosistemas marinos y costeros y especies amenazadas y/o en vía de extinción, para asegurar su sostenibilidad. - Prevención de desastres costeros. -Definir e integrar criterios, prioridades y compromisos de acción para la gestión ambiental sectorial y el uso sostenible de los ecosistemas y recursos marinos y costeros. - Proponer e implementar soluciones a conflictos ambientales por uso y ocupación de los espacios oceánicos y costeros.
PM (2002)	<p>Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia: Se articula con la PNAOCI, el plan estratégico de la restauración de bosques, la política de biodiversidad, la política nacional para humedales interiores, y la agenda Pacífico XXI. El principal sub-sector de acción es el relacionado con la biodiversidad y ecosistemas y el sub-sector forestal.</p>	<p>No incorpora el cambio climático en ninguno de sus subprogramas, sin embargo, el IDEAM plantea una vulnerabilidad crítica para las zonas de manglar debido a la acción del cambio climático, por tanto ese necesario la inclusión de este instrumento para la preservación de éstas.</p>
LCC (2002)	<p>Considera que los impactos del cambio climático afecta en mayor medida la disponibilidad de los recursos hídricos, los ecosistemas (en especial los de alta montaña), la agricultura, la salud humana y las zonas costeras e insulares, afectando los sectores como energía, transporte, forestal, agropecuario, industrial y manejo de residuos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la capacidad de adaptación de las zonas costeras e insulares, los agro-ecosistemas, los recursos hídricos, los suelos, la salud humana. - Formular y presentar proyectos a fondos internacionales sobre vulnerabilidad y medidas de adaptación de las distintas áreas y sectores del país. - Promover dentro del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres el conocimiento de los impactos del cambio climático.
PLAN 2019 (2007)	<p>Busca el aprovechamiento del territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible incorporando sectores como las pesca y acuicultura, transporte marítimo, turismo, educación y cultura, investigación, minero-energético y biodiversidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lograr un manejo integral y sostenible del territorio marino-costero y de sus recursos. - Incrementar la generación de información y conocimiento científico y

República de Colombia

		<p>tecnológico, y crear capacidades para un desarrollo innovador y competitivo de los territorios marino-costeros.</p> <ul style="list-style-type: none">- Consolidar una institucionalidad adecuada y fortalecer la gobernabilidad.- Fomentar la educación, el reconocimiento de la cultura marítima y la conservación de los patrimonios naturales, culturales e históricos asociados al territorio marino-costero.
PNOEC (2007)	<p>Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros: se centra en sectores como, puertos e infraestructura portuaria; transporte marítimo; marina mercante e industria naval; pesca y agricultura; industria turística; minerales, hidrocarburos y fuentes de energía no convencionales, alternas o renovables.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Implementar el Plan de Acción de la Política Ambiental en relación con la estimación de los impactos, la vulnerabilidad de sistemas estratégicos en costas y mares ante el cambio climático.- Monitorear el cambio climático, con base en el establecimiento de programas de investigación, seguimiento y fortalecimiento de los sistemas de monitoreo oceanográfico y meteorológico marino en el país.- Determinar en el marco legislativo y político nacional e internacional de las correspondientes medidas para la adaptación y la mitigación del cambio climático.
PRH (2010)	<p>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010): Contiene las directrices de planeación para el manejo del agua superficial, subterránea y marina en el país. Fue formulada para ser ejecutada en un periodo de 12 años. Los fundamentos macro de la política se basan en la idea de Gestión Integral del Recurso Hídrico, que según la política, es un proceso de aprovechamiento de los recursos hídricos que tiene la finalidad de maximizar el bienestar social y económico sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas</p>	<ul style="list-style-type: none">- Diseñar e implementar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático en los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica, así como, por parte de los siguientes sectores: hidroenergía, agricultura, navegación fluvial y, abastecimiento de agua potable.- Diseñar e implementar a nivel regional y local, medidas de reducción de riesgos por variabilidad climática (fenómenos de El Niño y La Niña) y por otras amenazas naturales que afecten los ecosistemas clave para la regulación hídrica, así como la oferta y disponibilidad hídrica de los principales usuarios del agua en el país.
PND 2010-2014	<p>Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”: Establece cinco locomotoras de crecimiento económico que definirán el desarrollo futuro del país. Hace énfasis en sectores como, la innovación, el agropecuario, la vivienda, la infraestructura y el minero-energético.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Implementar una Política Nacional del Cambio Climático- Conformar el Sistema Nacional de Cambio Climático- Identificar y priorizar medidas de adaptación, en el marco del Plan Nacional de Adaptación- Fortalecimiento de la generación de información para el análisis de

República de Colombia

**CONPES
3700/2011**

Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en materia de Cambio Climático en Colombia: Básicamente busca fomentar la formulación e implementación de las políticas, y programas en materia de cambio climático mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial.

vulnerabilidad sectorial y territorial

- Diseño de una estrategia de desarrollo bajo en carbono, que busque reducir la emisión de Gases Efecto Invernadero
 - Identificar y valorar barreras comerciales asociadas con actividades productivas.
-

- Creación del Sistema Nacional del Cambio Climático, la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, la Estrategia Nacional para la Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo; y la función de la Conservación Sostenible de los Bosques y el Aumento de las Reservas Forestales de Carbono en los Países en Desarrollo, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

- Dar viabilidad técnica y financiera a proyectos relacionados con el cambio climático para la mitigación y la adaptación.
-

**PNACC: ABC
Adaptación
Bases
Conceptuales**

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ABC: Adaptación Bases Conceptuales: Esta política busca reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados al cambio climático y la variabilidad climática.

Se define en cinco líneas estratégicas para una adaptación planificada:

Concientizar sobre el cambio climático.

Generar información y conocimiento para medir el riesgo climático.

Planificar el uso del territorio.

Implementar acciones de adaptación.

Fortalecer la capacidad de reacción.

1.3 Estudios de vulnerabilidad al cambio climático en el país

Actualmente, la zona litoral y los ecosistemas costeros e insulares de Colombia se han visto afectados por el continuo cambio climático y el ascenso del nivel del mar; evidencia de esto es el retroceso de la línea de costa Colombiana, causando erosión en playas y acantilados y por consiguiente en los diversos ecosistemas costeros, afectando a su vez las actividades de la zona y generando impactos ecológicos y socioeconómicos en la población.

La Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático de Colombia expone los resultados de la evaluación de vulnerabilidad de sectores productivos, población, ecosistemas y recursos naturales. Con base en esta evaluación, el IDEAM propone unas líneas estratégicas con un conjunto de acciones para la adaptación al cambio climático.

En la evaluación de la vulnerabilidad, el IDEAM utilizó los escenarios propuestos por el IPCC. Para ello, dividió el análisis en dos periodos 2011-2040 y 2071-2100, estimando los impactos potenciales y las capacidades adaptativas de los elementos evaluados.

Los elementos evaluados fueron:

- Orobioma Alto Andino
- Bosques naturales y plantados
- Vegetación secundaria, herbazales y arbustales
- Áreas naturales protegidas
- Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares
- Áreas agrícolas heterogéneas
- Cultivos semipermanentes y permanentes
- Cultivos anuales y/o transitorios
- Cultivos comerciales
- Áreas en pastos
- Resguardos indígenas
- Minifundio campesino
- Cuerpos de aguas continentales naturales
- Aguas continentales artificiales
- En áreas con infraestructura para generación hidroenergética
- Vulnerabilidad del recurso hídrico
- Vulnerabilidad de las zonas marino costeras
- Asentamientos humanos

En las coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares, los impactos potenciales muy altos ocurrirían en el departamento de Magdalena en una extensión de 10.000 ha, y los impactos altos también en Magdalena y Antioquia, Chocó, Nariño y Bolívar. Las áreas con vulnerabilidad muy alta se ubican en Magdalena, Nariño y La Guajira. En los ecosistemas de litoral marino la vulnerabilidad es muy alta en La Guajira, Magdalena, Cauca y Nariño. Así mismo, la vulnerabilidad durante el 2071-2100 es muy alta en Magdalena, Bolívar y Sucre, y alta en Magdalena, Antioquia y Chocó.

Respecto a los recursos hídricos, las regiones más afectadas por la variabilidad climática serían la región Caribe y la región Andina en el periodo 2011-2040, mientras que para los años 2071-2100 serían la región Caribe y la Sabana de Bogotá. Los impactos son altos y muy altos en la variación de los rendimientos hídricos.

Para las zonas marino-costeras, se determinaron como zonas críticas Cartagena de Indias, Barranquilla, Santa Marta, Tumaco y Buenaventura. Las ciudades más críticas son Cartagena y Tumaco. Esta evaluación se realizó considerando el ascenso del nivel del mar, una evaluación de los elementos naturales y socio-económicos.

Los lineamientos para la adaptación al cambio climático son:

- Fortalecer la gestión de investigación y transferencia tecnológica
- Fortalecer la gestión del riesgo
- Mejorar el uso del territorio para disminuir la vulnerabilidad
- Reducción de impactos ambientales, económicos y sociales

República de Colombia

- Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades vulnerables
- Diseñar e implementar un arreglo institucional adecuado para la adaptación
- Valorar y proteger la base productiva a partir de los bienes y servicios de la biodiversidad
- Fortalecer la gestión de cooperación y recursos para la adaptación.

Capítulo 2. Arreglo institucional para TNA e involucramiento de actores estratégicos

2.1 Equipo de trabajo TNA Colombia

La estructura del grupo de trabajo del TNA Colombia se presenta en el siguiente Organigrama:

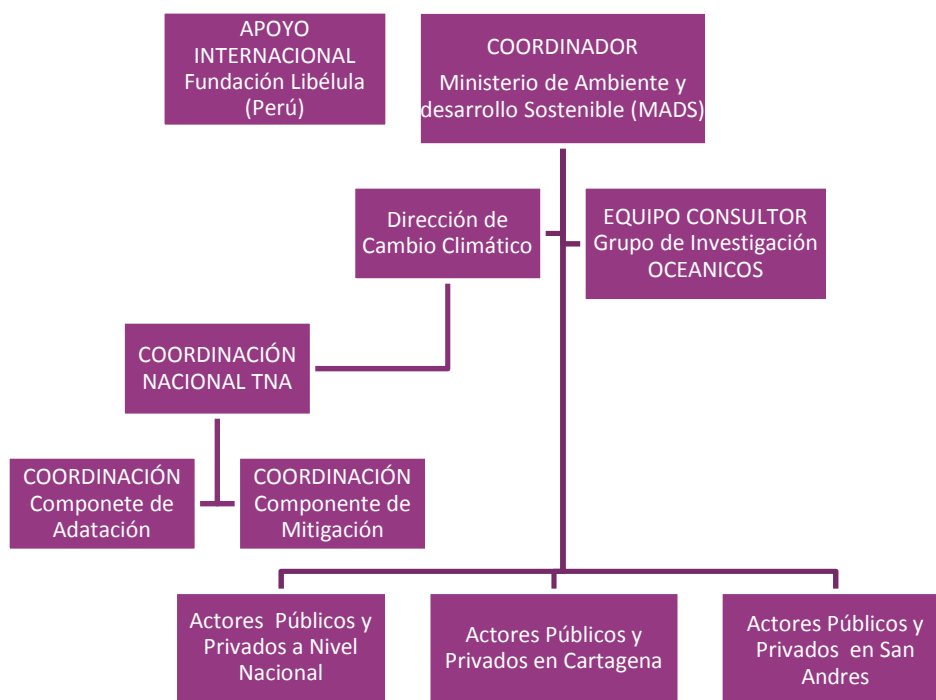


Figura 2. Esquema Organizacional del proyecto TNA

2.1.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS- es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores (Tomado de <http://www.minambiente.gov.co/>).

La estructura organizacional del proyecto TNA a nivel nacional está bajo la coordinación de la Dirección de Cambio Climático del MADS. En el componente de adaptación, el Ministerio cuenta con el apoyo de otras instituciones como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, y las Corporaciones Autónomas Regionales del Caribe y del Pacífico.

2.1.2 Grupo de investigación OCEÁNICOS – Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

Es un grupo de investigación clasificado por Colciencias como organismo del gobierno colombiano encargado de la política y planeación de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia, en la categoría de excelencia B.

República de Colombia

El grupo de Oceanografía e Ingeniería Costera de la Universidad Nacional (OCEÁNICOS) ha estado funcionando como una de las líneas del Grupo del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Con la incorporación de nuevos docentes y el desarrollo de la línea de Oceanografía del Posgrado, el Grupo OCEÁNICOS se ha venido consolidando desde el año 2002.

El programa estratégico del Grupo incluye la formación de estudiantes en todos los niveles académicos; la realización de Posgrados en Ciencias Marinas conjuntos con Universidades; la investigación conducente a fortalecer las líneas del grupo a través de proyectos y programas de investigación; la participación en redes de investigación internacionales que permitan una articulación con grupos afines en otros países y centros; los convenios con instituciones nacionales e internacionales que realizan investigación en Ciencias del Mar; la interacción con instituciones y funcionarios del Estado para que el conocimiento producido por la investigación brinde herramientas para el manejo, la gestión y la conservación de los ecosistemas marinos y costeros. El grupo OCEÁNICOS cuenta con las siguientes líneas de Investigación: modelamiento matemático, oceanografía, clima, ingeniería de Costas, ecosistemas marinos, gestión costera, ingeniería portuaria.

2.2 Proceso de involucramiento de actores estratégicos

La Evaluación de Necesidades Tecnológicas es un proceso que debe llevarse a cabo en colaboración con diferentes entidades del sector público y privado que se ven afectados por los efectos del cambio climático. La experiencia y conocimiento de dichos actores los convierte en piezas claves del estudio, por lo que es importante su involucramiento a través de estrategias participativas en cada una de las etapas del proyecto.

El objetivo de involucrar actores consiste en una correcta evaluación de necesidades tecnológicas a partir de las vivencias particulares de cada una de las entidades públicas o privadas, en el desarrollo propio de su ejercicio, que se verán beneficiadas luego de una correcta ejecución de la metodología.

A raíz de lo anterior, se realizaron diferentes actividades de acercamiento y participación en el proceso. Estos actores involucrados se convirtieron en la mesa técnica nacional de trabajo del TNA.

2.2.1 Identificación de posibles actores estratégicos

Se realizó una revisión y construcción de base de datos que contiene información de contacto de variadas entidades. Para su selección se buscó contar con representantes de diferentes regiones del país y sectores económicos. A continuación se listan los actores más importantes identificados.

- 1. Asociación Hotelera Colombiana (ASOTELCA) Y Asociación Hotelera y turística de Colombia (COTELCO):** Son los principales representantes del sector turístico – hotelero en el país. Los efectos del cambio climático en zonas costeras ha alterado notablemente el turismo, lo que se traduce en pérdidas económicas para el sector. Entre el 2007 y el 2009 se observó una disminución en la ocupación hotelera del 5,5% ocasionada por factores como la crisis financiera mundial, aumento en precios del petróleo y la fuerte ola invernal que afectó el país durante el 2008 (Valencia Correa, Peláez Botero, Enriquez Chacón, & Vanegas Serna, 2009).
- 2. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) y Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO) Seccionales del Caribe y el Pacífico:** Es importante considerar dentro del estudio tanto los perjuicios como las acciones que se están adelantando para adaptación al cambio climático en sectores como el industrial, financiero, agroindustrial, pesquero, comercial y de servicios.
- 3. Entidades gubernamentales:** Alcaldías y Gobernaciones, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MCIT), Ministerio de Transporte (MT), Superintendencia de Puertos y Transporte, Parques Naturales – seccionales del Caribe y el Pacífico, Cámara de Comercio de San Andrés y Providencia, Secretaría de Planeación Distrital de Cartagena, Establecimiento Público Ambiental (EPA), Dirección General Marítima (DIMAR), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Su participación es crucial en la identificación de políticas y proyectos actuales, en el suministro de información sobre las barreras que han impedido el desarrollo de nuevos proyectos, y en la formulación de nuevas propuestas para la adaptación al cambio climático.

República de Colombia

4. **Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura, Sociedad Aeroportuaria de la Costa, Instituto Nacional de Vías (INVIAS):** Representantes del sector transporte en las zonas costeras del país.
5. **Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH):** Estos institutos de investigación gubernamentales han trabajado ampliamente en proyectos sobre cambio climático, gestión de costas, oceanografía, etc.
6. **Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA):** Máxima autoridad ambiental del archipiélago encargada de la conservación del mismo así como de la ejecución de las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental.
7. **Sector Educativo e Investigación y Desarrollo:** Se incluyeron grupos de investigación en temas como infraestructura, cambio climático, oceanografía e hidrografía, gestión de riesgo, biodiversidad y ecosistemas etc. Estos grupos pertenecen a universidades públicas y privadas de todo el país, entre las que se encuentran la Universidad del Valle, Universidad Nacional, Universidad del Atlántico, Universidad de Córdoba, Universidad Tecnológica del Chocó, Universidad de la Salle, Corporación Universitaria de la Costa, Universidad EAFIT, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Tecnológica de Bolívar y Universidad de Cartagena.

Adicionalmente, por medio de entrevistas bilaterales e intercambio de información acerca de experiencias en campo, se incluyeron entidades del sector energético como Ecopetrol, ISA, ISAGEN y EPM; el complejo de minería CERREJÓN, ubicado en La Guajira; empresas consultoras como la Asociación Colombiana de Ingenieros Navales y Profesionales Afines (ACINPA); HIDROCONSULTORES; y diferentes instituciones del sector salud.

2.2.2 Taller de acercamiento a posibles actores interesados

El primer acercamiento a posibles actores se realizó los días 22 y 23 de noviembre de 2011 en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, a través de un taller al que se invitó a todos los actores identificados en la sesión anterior. Dicho taller estuvo enmarcado dentro del I Seminario Internacional en Herramientas para la Gestión de la Costa y Adaptación al Cambio Climático.

El objetivo del taller consistió en buscar expertos, empresarios, entidades y grupos de investigación que estuvieran interesados en aportar al proyecto sus conocimientos adquiridos en beneficio de la nación.

Durante el taller dictado al final del seminario, se dio una introducción general al proyecto TNA, explicando los objetivos, la metodología a seguir y la importancia de la participación de diferentes entidades públicas y privadas en el proceso. Luego, se presentó el Sistema de Alerta Temprana de Medellín – SIATA, como un ejemplo de tecnologías de monitoreo para adaptación al cambio climático. Finalmente, se facilitó un espacio para discusión y realimentación entre los asistentes.

Resultados del Taller

Durante la discusión se resaltó que las tecnologías de adaptación que se deben considerar en el estudio son tanto aquellas que reducen la vulnerabilidad de determinada zona, como las que contribuyen a la reducción del riesgo.

La conclusión más importante de este taller consistió en que, además de las tecnologías duras y blandas propuestas en la Guía de Tecnologías para Adaptación al Cambio Climático – Erosión e inundación Costera (Linham & Nicholls, 2010), era pertinente incluir a los sistemas de apoyo a la gestión de la costa (medición y monitoreo).

2.2.3 Talleres realizados dentro del proceso con los diferentes actores

Dentro del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas se llevaron a cabo una serie de talleres que involucraron a actores de importantes entidades a nivel nacional y local. La

República de Colombia

Tabla 2 muestra un resumen generalizado con los objetivos y los resultados más relevantes obtenidos en los talleres realizados.

Tabla 2 – Resumen de talleres realizados durante el proceso.

TALLER	ASISTENTES	FECHA Y LUGAR	OBJETIVOS	RESULTADOS
Taller de acercamiento a posibles actores interesados	18	Noviembre 22 y 23 de 2011, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación General del Proyecto TNA - Buscar expertos, empresarios, entidades y grupos de investigación que estuvieran interesados en participar del proyecto 	<p>Para el TNA se deben considerar tecnologías de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad y el riesgo de determinada zona.</p> <p>Propuesta de incluir a los sistemas de apoyo a la gestión de la costa (medición y monitoreo) dentro de las tecnologías de adaptación.</p>
Taller de priorización de enfoques tecnológicos y áreas de aplicación para el proyecto TNA	9	Marzo 15 de 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar el Proyecto TNA y sus alcances - Presentar el equipo consultor (OCEANICOS) - Establecer el grupo de trabajo de actores principales - Priorizar enfoques tecnológicos - Priorizar áreas de aplicación para el proyecto TNA 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de criterios para definir áreas de aplicación. - Construcción de matriz para selección de áreas y enfoques. - Priorización de áreas costeras vulnerables (Cartagena, San Andrés y providencia, Buenaventura, Tumaco, Golfo de Urabá) - Priorización de enfoques tecnológicos (Obras Blandas, Sistemas de Monitoreo)
Taller de asignación de pesos a Criterios de Priorización de tecnologías (Bogotá)	13	Junio 21 de 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar avances del Proyecto TNA a los actores. - Asignar pesos a los criterios seleccionados para priorización de tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesos asignados a criterios de priorización de tecnologías a nivel de actores nacionales (Bogotá)
Taller de asignación de pesos a Criterios de Priorización de tecnologías (Cartagena)	13	Julio 5 de 2012, Hotel Bahía, Cartagena de Indias	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar el Proyecto TNA a los actores locales. - Involucrar a los actores locales en el proceso. - Asignar pesos a los criterios seleccionados para priorización de tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesos asignados a criterios de priorización de tecnologías a nivel de actores Locales (Cartagena). - Articulación de TNA con plan de adaptación de Cartagena de Indias. - Estimulación de relaciones institucionales nacionales y locales.
Taller de asignación de pesos a Criterios	16	Julio 23 de 2012, Universidad	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar el Proyecto TNA a los actores locales. - Involucrar a los actores 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesos asignados a criterios de priorización de tecnologías a nivel de

República de Colombia

de Priorización de tecnologías (San Andrés y Providencia)		Nacional de Colombia – Sede Caribe.	locales en el proceso. - Asignar pesos a los criterios seleccionados para priorización de tecnologías	actores Locales (San Andrés).
Taller validación de tecnologías priorizadas e identificación de barreras y análisis de cadena de mercado de tecnologías para adaptación al cambio climático	14	Julio 27 de 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.	- Presentar resultados del Proyecto TNA a los actores nacionales. - Validar los resultados. - Realizar un primer acercamiento al análisis de barreras de las tecnologías priorizadas y su cadena de mercado. - Involucrar nuevos actores para la segunda etapa del proyecto	- Aprobación de resultados de TNA por parte de actores nacionales. - Establecimiento de relaciones con nuevos actores. - Primer acercamiento a la identificación de barreras para las tecnologías de adaptación

Cabe resaltar que estos talleres, además de ser un apoyo fundamental en las metodologías de análisis multicriterio con múltiples decisores, constituyen un espacio de capacitación sobre temas costeros, climáticos, tecnológicos y metodológicos, pues los asistentes se instruyen sobre dichos temas al participar de forma activa. Igualmente, las memorias de cada sesión, presentadas como actas ejecutivas de cada reunión, fueron compartidas vía correo electrónico con todos los involucrados, como estrategia para mantenerlos informados sobre los resultados de cada etapa del proyecto.

Por otro lado, en algunas ocasiones se contó con poca participación a pesar de los esfuerzos por invitar la mayor cantidad y diversidad posible, pues las actividades laborales de muchos de los invitados no les permitían asistir o el interés era bajo. La mayor ausencia se tuvo con las entidades privadas, de las cuales solo el sector hotelero participó del proceso. Esta situación puede generar sesgos o presencia de intereses personales en los resultados, pero en todos los casos se invitó y se verificó que los actores a participaran objetivamente.

Como parte de la planeación de las siguientes etapas del proyecto, se realizó un análisis del grado de representatividad de los actores involucrados en la primera etapa, con el fin de mejorar el mapeo de actores para garantizar que se convocarán expertos de todos los sectores que pudieran realizar un diagnóstico de barreras y un plan de acción tecnológico lo más comprehensivo posible.

La lista de actores participantes en todo el proceso se presentan en el Anexo V del presente documento.

Capítulo 3. Metodología para Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Adaptación al Cambio Climático

3.1 Metodología inicial para el proceso TNA en adaptación

El desarrollo del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para adaptación al cambio climático, está basado en una guía actualizada propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, y la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (PNUD, 2010), la cual ha sido diseñada para ayudar a los países a adoptar decisiones correctas en sus elecciones de tecnología para adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

La guía propone de una manera sistemática y basándose en procesos y metodologías, la identificación de prioridades de desarrollo asumiendo un clima cambiante. La identificación de esta prioridad puede estar apoyada por planes de desarrollo nacionales, estrategias de reducción de la pobreza, políticas de un sector y comunicaciones nacionales, entre otras.

Los pasos propuestos por el manual para la selección del sector prioritario para mitigación y adaptación al cambio climático se describe a continuación:

Paso 1 En primer lugar, identificar los (sub)sectores

1. Para mitigación: (sub)sectores con alta importancia en materia de emisiones de GEI basándose en la clasificación de sector del IPCC.

2. Para adaptación: (sub)sectores que ofrecen las acciones más eficaces para adaptación basándose en las evaluaciones de vulnerabilidad existentes o en Programas Nacionales de Acción para la Adaptación

Paso 2 Describir los (sub)sectores en términos de prioridades de mitigación y adaptación sostenible

1. Para mitigación:

- a. Revisar el inventario nacional de GEI para identificar falta de datos, recopilar información sobre nuevas tecnologías, identificar los principales (sub)sectores que emiten GEI, y analizar sus interrelaciones
- b. Evaluar planes de desarrollo y sectoriales para comprender futuras tendencias
- c. Enumerar los (sub)sectores por su porcentaje de emisiones de GEI hasta que se alcance un porcentaje acumulado del 75% de la emisión general de GEI del país

2. Para adaptación:

- a. Evaluar y analizar la información disponible sobre impactos del cambio climático en el país con los grupos de partes interesadas.
- b. Definir los (sub)sectores, incluidas las tecnologías existentes empleadas y los impactos en el desarrollo sostenible del país

Paso 3 Finalizar una lista breve de (sub)sectores/áreas priorizados de acuerdo con sus máximos beneficios de mitigación y adaptación

1. Utilizar procedimientos de matriz de desempeño simple para establecer la prioridad de los (sub)sectores
2. Justificar la puntuación dada
3. Establecer prioridad de (sub)sectores en términos de beneficios de mitigación y adaptación

3.2 Metodología propuesta para el proceso del TNA en adaptación

Partiendo de la decisión tomada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y siguiendo el esquema metodológico del manual TNA, el equipo de trabajo propuso ajustar la metodología. A diferencia del proceso de evaluación de tecnologías que busca priorizar sectores de desarrollo o áreas vulnerables indistintamente, la metodología propuesta busca partir de una primera selección entre un enfoque de adaptación sectorial y uno territorial.

República de Colombia

El hecho de proponer una selección inicial entre un enfoque de adaptación territorial o sectorial permitió no sólo hacer un mejor mapeo de actores sino también realizar además, un mejor análisis de las barreras específicas que se generen a la hora de transferir, implementar y difundir la tecnología.

Al seleccionar el enfoque sectorial se trabaja de la mano con actores de orden nacional que representen a las principales entidades y gremios del sector durante el desarrollo del proyecto. Además, el enfoque sectorial trabaja siguiendo una metodología de planeación tipo top-down, debido a que los sectores productivos se rigen por las políticas y lineamientos trazados por sus líderes sectoriales de orden público y privado a nivel nacional.

Por otro lado, el enfoque territorial, permite trabajar bajo la combinación de las metodologías de planeación tipo top-down y bottom-up. Esto se debe a que las medidas de adaptación en los territorios son implementadas por actores de orden local que a pesar de seguir directrices de los entes del orden nacional, conservan cierta autonomía en la toma de decisiones, sobretodo, de inversión.

La priorización de áreas afectadas se realizó con base en la vulnerabilidad, teniendo en cuenta que las zonas más vulnerables se encuentran en su mayoría en el litoral.

Por este motivo, a pesar de que la metodología propuesta en el Manual para Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Cambio Climático (PNUD, 2010) está enfocada en la priorización de sectores y subsectores de desarrollo del país, se decidió trabajar bajo un enfoque de adaptación territorial para el caso del TNA para adaptación al cambio climático en Colombia, habiendo previamente sido priorizado el “sector” zonas marino-costeras. En consecuencia, para el equipo fue más coherente priorizar (en lugar de subsectores) las áreas del país ubicadas en zonas marino-costeras que no sólo son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático sino que también tienen gran importancia a nivel social, económico y ambiental para el país. Después de realizar este trabajo, se realizó la selección de las tecnologías de adaptación aplicable para cada una de las áreas vulnerables seleccionadas. La priorización de tecnologías se realizó de forma independiente para cada una de las zonas debido a las diferencias entre el contexto local, las prioridades de desarrollo y las necesidades observadas en cada una de ellas, lo que podía generar que las tecnologías priorizadas para cada zona fueran diferentes.

Todo este trabajo se logró gracias al esfuerzo conjunto entre el Gobierno y la Academia, en el que se aprovechó la experiencia del equipo multidisciplinario del grupo OCEÁNICOS de la Universidad Nacional de Medellín, quienes generaron aportes significativos a la dinámica del proceso TNA.

A continuación se presentan las principales diferencias observadas entre la metodología propuesta en el Manual TNA y la metodología que se llevó a cabo en el proceso TNA de adaptación al cambio climático en Colombia, en la cual se resaltan los aportes del equipo colombiano al proceso:

Tabla 3 - Comparación entre metodología del manual TNA y metodología propuesta por TNA-Colombia

METODOLOGÍA GUIA TNA		METODOLOGÍA TNA COLOMBIA
PASO 1	Priorización de sectores para el desarrollo del proyecto TNA	Primera selección entre el enfoque de adaptación sectorial y el enfoque de adaptación territorial. Por decisión del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se seleccionó las zonas marino-costeras de Colombia. Se continuó con un enfoque de adaptación territorial, que consiste en identificar las zonas más vulnerables del país según los documentos e instrumentos técnicos y de política y priorizar aquella en la que se encuentren mayores vacíos de información y de conocimiento de los impactos a nivel local generados por el cambio climático. Para este proyecto en particular el Gobierno Colombiano decidió trabajar usando el enfoque de adaptación territorial (zonas marino-costeras).

PASO 2	<p>Identificar los (sub)sectores que ofrecen las acciones más eficaces para adaptación basándose en las evaluaciones de vulnerabilidad existentes o en Programas Nacionales de Acción para la Adaptación.</p>	<p>Revisión de documentos, planes y políticas nacionales sobre vulnerabilidad y cambio climático.</p> <p>Identificación de áreas costeras más vulnerables al cambio climático y enfoques tecnológicos a considerar en la evaluación.</p>
PASO 3	<p>Describir los (sub)sectores en términos de prioridades de adaptación sostenible:</p> <p>a. Evaluar y analizar la información disponible sobre impactos del cambio climático en el país con los grupos de partes interesadas.</p> <p>b. Definir los (sub)sectores, incluidas las tecnologías existentes empleadas y los impactos en el desarrollo sostenible del país.</p>	<p>Priorización de áreas según criterios sociales, ambientales y económicos. Selección de dos zonas prioritarias.</p> <p>Selección de los dos enfoques tecnológicos más adecuados, según su facilidad de implementación y replicabilidad en diferentes áreas.</p> <p>Identificación de tecnologías de adaptación según enfoques tecnológicos seleccionados.</p>
PASO 4	<p>Finalizar una lista breve de (sub)sectores priorizados de acuerdo con sus máximos beneficios de adaptación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar procedimientos de matriz de desempeño simple para establecer la prioridad de los (sub)sectores. 2. Justificar la puntuación dada. 3. Establecer prioridad de (sub)sectores en términos de beneficios de mitigación y adaptación. 	<p>Priorización de tecnologías aplicables en las zonas seleccionadas a través de una metodología de análisis multicriterio AHP (Proceso Analítico Jerárquico), tomando en cuenta criterios técnicos, ambientales, económicos y sociales. Selección de dos tecnologías prioritarias en cada área.</p> <p>Identificación de barreras en la difusión y adopción de cada tecnología seleccionada. Debe resaltarse que para esta actividad solo se ha realizado, en este punto, una primera aproximación, ya que corresponde a la segunda fase del proyecto TNA, tal como fue descrito anteriormente en el resumen ejecutivo.</p>

3.3 Metodología de análisis multicriterio seleccionada para la priorización de tecnologías

Con el fin de realizar una adecuada priorización de tecnologías para la adaptación en zonas marino-costeras para el cambio climático y después de hacer una revisión bibliográfica de diferentes metodologías de este tipo que se podían utilizar en el proyecto, se seleccionó una metodología de análisis multicriterio..

Como resultado de esa revisión, se seleccionó el método de evaluación y decisión multicriterio AHP (Proceso Analítico Jerárquico). El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio de forma visual, por medio de la construcción de un modelo jerárquico, descomponiendo una situación compleja y, evaluándola. Como resultado final se obtiene un orden de las alternativas de solución desde la mejor hasta la peor.

Algunos de estos componentes pueden ser medidos fácilmente porque se refieren a aspectos cuantitativos. La ventaja del AHP consiste en que adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse por fuera de los análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes para algunos actores involucrados en la toma de decisión, como es el caso de riesgo, incertidumbre, equidad, participación, entre otros (Avila, 2000).

El AHP ordena esos elementos en un Modelo Jerárquico, realiza comparaciones binarias (de a pares) y atribuye valores numéricos a los juicios (preferencias) realizados por las personas (respecto de la importancia relativa de cada elemento) y los sintetiza, agregando las soluciones parciales en una sola solución. Adicionalmente, permite realizar el análisis de sensibilidad para observar y estudiar otras posibles soluciones al hacer cambios en la importancia de los elementos que conforman el Modelo (Melgarejo & Moreno, 2007).

El AHP es una herramienta metodológica que ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión.

República de Colombia

Dentro de las posibilidades de aplicaciones de la herramienta están entre otras, la formulación de políticas, Priorización Cartera de Proyectos, Gestión Ambiental, Análisis costo beneficio y Formulación de Estrategias de Mercado.

Algunas de las ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio son:

- Presenta un sustento matemático
- Permite desglosar y analizar un problema por partes
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común
- Incluye la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso
- Permite verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones, si es del caso
- Genera una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad
- Es de fácil uso y permite que la solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización (Avila, 2000).

Capítulo 4. Priorización de áreas vulnerables y enfoques tecnológicos dentro del sector Zonas Marino Costeras

4.1 Las Zonas marino costeras de Colombia

Las áreas marinas de Colombia, representan casi el 50% del territorio nacional y son una fuente incalculable de recursos que presumiblemente han de constituirse en pilares básicos para el progreso del país (INVEMAR, 2010). Colombia cuenta con una extensión de 3.882 Km de litorales en los dos océanos y en sus sistemas insulares (INVEMAR, 2001), y presenta todos los tipos de ecosistemas marino-costeros existentes en las zonas tropicales. Muchas de las actividades económicas se sostienen y crecen constantemente gracias a la existencia de estas zonas costeras, además se convierten en centros de desarrollo de tradiciones culturales de las comunidades que habitan en ellas.

Es por esto que desde hace varios años el Gobierno ha llevado a cabo innumerables esfuerzos por promover el cuidado y la conservación de los ecosistemas costeros a través de diferentes políticas y planes de desarrollo.

La Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia –PNAOCI- del 2000, definió la Zona Costera colombiana como sigue:

“La zona costera colombiana es un espacio del territorio nacional definido con características naturales, demográficas, sociales, económicas y culturales propias y específicas. Está formada por una franja de anchura variable de tierra firme y espacio marítimo en donde se presentan procesos de interacción entre el mar y la tierra; contiene ecosistemas muy ricos, diversos y productivos dotados de gran capacidad para proveer bienes y servicios que sostienen actividades como la pesca, el turismo, la navegación, el desarrollo portuario, la explotación minera y donde se dan asentamientos urbanos e industriales. Es un recurso natural único, frágil y limitado del país que exige un manejo adecuado para asegurar su conservación, su desarrollo sostenible y la preservación de los valores culturales de las comunidades tradicionalmente allí asentadas” (MMA 2000).

En esta misma, se discriminan dos tipos de zona costera en el país: La Zona Costera Continental y la Zona Costera Insular. La Zona Costera Continental, está constituida por tres subzonas:

1. *Subzona Marítimo-Costera o Franja de Mar Afuera: Es la banda de ancho variable comprendida entre la Línea de Marea Baja Promedio (LMBP) y el margen externo de la plataforma continental, correspondiendo este margen al borde continental donde la pendiente se acentúa hacia el talud y el fondo oceánico abisal.*

2. *Subzona de Bajamar o Franja de Transición: Es la banda comprendida entre la Línea de Marea Baja Promedio (LMBP) y la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP).*

3. *Subzona Terrestre-Costera o Franja de Tierra Adentro: Es la banda comprendida desde la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP), hasta una línea para-lela localizada a 2 km de distancia tierra adentro. Corresponde a la definición jurídica vigente de “Costa Nacional” (Artículo 1º del decreto 389 de 1931 y ratificado en los decretos No. 2324 de 1984 y No. 2663 de 1994).*

Cuatro criterios deberán siempre cumplirse para delimitar geográficamente el área terrestre de la Zona Costera colombiana:

a.) *Deberá incluirse en esta subzona, el 100% de la cobertura espacial de los bosques de manglar y de los bosques de transición localizados inmediatamente después (natal y pangal para el caso de la Región Pacífica colombiana y llanura aluvial del río Atrato). Así entonces la banda de los 2 km deberá fijarse a partir del borde externo del bosque de manglar en el Caribe y del bosque de transición en el Pacífico.*

b.) *El límite externo de esta banda deberá localizarse para el caso de lagunas costeras sin bosques de manglar asociados, a 2 km a partir de la línea de cota máxima de nivel en el orilla exterior del sistema lagunar. El límite interno corresponde igualmente a la LMAP.*

c.) *Deberán siempre incluirse dentro de esta subzona los terrenos emergidos de todas las áreas declaradas como Unidades de Reserva (marino-costeras) pertenecientes a las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y su correspondiente zona amortiguadora (se exceptúa el Parque Nacional Natural de la Sierra Nevada de Santa Marta).*

República de Colombia

d.) Todos los centros urbanos costeros que se extienden más allá de 2.0 km desde la LMAP, deberán estar incluidos en toda su extensión en esta subzona. En este caso, el límite terrestre de esta subzona se fijará a 2.0 km desde el borde más externo del perímetro urbano.

La Zona Costera Insular está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, siendo el territorio insular oceánico más septentrional del Mar Caribe Colombiano y la Isla de Malpelo y sus diez islotes, como la posición territorial más occidental sobre el Océano Pacífico (MMA 2001).

4.2 Descripción del problema y las tendencias futuras climáticas en diferentes áreas vulnerables de las zonas marino-costeras del país

En materia de adaptación hay dos factores importantes a analizar en el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas: la vulnerabilidad de las zonas costeras del país ante los efectos del cambio climático y los tipos de tecnologías que pueden ser adoptados en dichas zonas. A continuación se realiza una revisión general de estos dos aspectos. A partir de esta información se realizó una priorización de áreas y selección de enfoques tecnológicos a considerar en el actual estudio.

Colombia tiene el privilegio de tener territorios costeros en el Océano Pacífico y en el mar Caribe; dos ambientes completamente diferentes que proporcionan una biodiversidad que aún está en descubrimiento. Según estudios científicos existen probabilidades de que en el Pacífico Colombiano puedan ocurrir eventos extremos que den lugar a situaciones de emergencia como tsunamis. Mientras que en el Mar Caribe pueden perderse cantidades considerables de tierra debido al inminente ascenso del nivel del mar a causa de los efectos del cambio climático, entre otros.

A partir de la información obtenida de la revisión documental (expuesta en capítulos anteriores), y las diferentes reuniones realizadas de manera conjunta con expertos y profesionales de varias instituciones, surge como propuesta analizar cinco (5) posibles zonas costeras del país para aplicar la metodología propuesta en el presente trabajo. Dichas regiones costeras son consideradas de alta relevancia nacional por representar puntos estratégicos para la economía, el turismo, el transporte del país o por factores ambientales, biológicos y sociales.

A pesar de que la metodología propuesta por el manual TNA se enfoca en la priorización de sectores de desarrollo, el país propuso una metodología diferente al ubicar las zonas costeras vulnerables en función de los estudios de vulnerabilidad y riesgo realizados por instituciones reconocidas como el INVEMAR, el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (IDEAM & MAVDT, 2010). De esta forma, las zonas identificadas como más vulnerables son: El Golfo de Urabá, Cartagena y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en la región Caribe Colombiana; y San Andrés de Tumaco y Buenaventura en la región Pacífica.

A continuación se presenta una descripción general de dichas zonas, se exponen los motivos por los cuales son consideradas zonas vulnerables ante los efectos del cambio climático, para después dar paso a la priorización según criterios definidos en un consenso de expertos.

4.2.1 Región Caribe Colombiano

Ubicación y características geográficas:

El Caribe Colombiano está localizado en el extremo noroeste de Suramérica y constituye el área continental y marítima más septentrional del país. Debe su nombre al mar Caribe, con el cual limita al norte. Está compuesta por una llanura continental denominada Costa Caribe, conocida también como Costa Atlántica, las aguas y territorios insulares colombianos en el mar Caribe. Tiene una longitud de línea de Costa de 1.760 Km y un área de zona costera de 35.207 km² (INVEMAR, 2001). En su porción terrestre, la región está conformada en gran medida por tierras bajas y planas, delimitadas hacia el interior por las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central. La planicie del territorio se ve alterada por la Sierra Nevada de Santa Marta que se levanta como un macizo aislado con alturas que llegan a los 5.770 metros, por lo cual se constituye en la montaña costera más alta del planeta, con un área de influencia que abarca una gran variedad de ecosistemas que van desde el desierto hasta las nieves perpetuas. Políticamente está conformada por ocho (8) departamentos distribuidos de norte a sur de la siguiente manera: La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó, y la Isla de San Andrés y Providencia. Los departamentos continentales ocupan un área de 132.244 Km² que equivale al 11.6% de la superficie del país.

República de Colombia

La región está dominada por el delta del río Magdalena y posee un litoral no muy accidentado desde el golfo de Urabá en dirección Suroccidente - Nororiente hasta el golfo de Coquivacoa, en los límites con Venezuela. La Región Caribe de Colombia comprende extensas aguas territoriales en el mar Caribe, y posee zonas insulares como el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, además de varios cayos (Roncador, Quitasueño, Serrana, Serranilla, Bajo Nuevo, Albuquerque y del Sureste, entre otros).

Algunas ciudades importantes del país, como Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Riohacha, se levantan en este entorno que ofrece multiplicidad de recursos marinos y costeros representados en ambientes ricos y productivos, pero a la vez frágiles y sensibles como los manglares, las lagunas costeras, los arrecifes coralinos y las playas de anidación de tortugas (Posada & Henao, 2008).

La región se identifica también por la explotación de los recursos naturales que posee. La vocación de sus excelentes suelos para la actividad agropecuaria, favorecida por la abundancia del recurso agua, su ubicación privilegiada respecto al gran Caribe, el sur y este de los Estados Unidos y Europa y la disponibilidad de importantes recursos minero-energéticos, hacen de ella una región promesa dentro del contexto nacional.

Desde el punto de vista de la actividad económica territorial, ésta se distribuye geográficamente en dos grandes componentes: por un lado las actividades industriales, comerciales y de servicios que se concentran en las dos principales ciudades de la región (Barranquilla y Cartagena), mientras las agropecuarias y piscícolas que predominan en las grandes extensiones del interior de la región. La utilización de tierras para la agricultura se estima en 635.000 ha, mientras se destinan unos 4 millones de hectáreas para pastos de apoyo a la ganadería. Se destaca igualmente la actividad turística a todo lo largo de la costa sobre el Mar Caribe, pero con particular intensidad en el eje Cartagena – Santa Marta.

Demografía de la región:

Según datos proyectados del DANE con base en el Censo de 2005, el total poblacional de la región a junio de 2008 asciende a 9.479.102 de habitantes, que representan el 21,3% de la población de Colombia, una cifra bastante importante si se compara con la extensión de la región, ya que implica una densidad poblacional de 72 habitantes por Km², mientras que la de Colombia es de 39 habitantes por Km². El crecimiento promedio anual de la población de la región entre los años 1985 y 2008 ha sido de 1,74%; cifra superior al promedio nacional que ha sido de 1,61%.

La esperanza de vida de los habitantes de la región es de 74 años, siendo los departamentos de Atlántico (75 años) y César (73 años) los de mayor y menor esperanza de vida, respectivamente.

Del total de habitantes de la región, el 72,7% reside en las cabeceras municipales y el 27,3% habita en áreas rurales. Por género, la distribución de la población es equilibrada, las mujeres representan el 50,1% de la población, mientras que los hombres el 49,9% (Quintero et al, 2009).

Clima y oceanografía

El clima de la región Caribe es en términos generales, tropical semiárido y presenta dos periodos climáticos principales, llamados época seca (verano) y época húmeda (invierno), y una época de transición conocida como veranillo de San Juan que se siente localmente hacia el sur de Barranquilla. El clima en general se encuentra bajo la influencia de los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y del movimiento meridional del sistema de monzones americanos (Posada & Henao, 2008). Lo anterior, se manifiesta en la presencia de zonas desérticas en el norte del departamento de La Guajira y zonas más húmedas hacia el sur, hasta llegar a la selva húmeda tropical en el Golfo de Urabá. El clima húmedo tropical es también característico del interior de la llanura costera, en donde los grandes ríos provenientes de los valles interandinos, conforman amplios planos de inundación (INVEMAR, 1998).

El fenómeno conocido como “Mar de Leva” es típico de la época seca de vientos (Diciembre-Abril), aunque las estadísticas muestran que casi siempre se presenta entre Enero-Febrero y en algunas ocasiones se extiende hasta marzo. Su duración es de aproximadamente 48 horas, pero su fuerza se ve reforzada por la acción de los vientos alisios que por la época soplan del este-noreste y son más intensos en horas de la tarde (Morales, Cañón, & Gonzales, 2001).

Las corrientes superficiales que dominan la circulación en el Caribe colombiano son la corriente del Caribe, que avanza casi todo el año en sentido Este-Oeste, y la contracorriente del Darién, o de Colombia, que recorre desde Panamá hasta la altura de Isla Fuerte en la época de los vientos alisios fuertes y alcanza la Guajira cuando disminuye la intensidad de los mismos. La marea del Caribe es semi-diurna y presenta una irregularidad que genera que su amplitud generalmente inferior a los 0.5 m, no sea uniforme las dos veces durante el día. Se caracteriza por lo tanto como una micro-marea en la que predomina la componente armónica diurna (Posada & Henao, 2008).

República de Colombia

En cuanto al cambio relativo del nivel del mar, estudios regionales a largo plazo han encontrado que el mar Intraamericano (Mar Caribe, Golfo de México y Estrecho de Florida) ha presentado en los últimos 30 años un alza en su nivel a un promedio de 0.35 cm/año (+0.25cm/año) debido a la complicada actividad, la subsidencia y la extracción masiva de petróleo (Gallegos et al, 1993).

Amenazas de carácter natural para la región Caribe

Se consideran amenazas de tipo natural aquellas que tienen su origen en eventos o fenómenos naturales y que pueden poner en riesgo una determinada zona o área litoral (Universidad Nacional de Colombia, U.de.A, IDEA, & OCEANICOS, 2009):

- Oleaje fuerte: Los oleajes fuertes pueden generar destrucción parcial o total de obras, destrucción de equipos, pérdida de materiales e implementos, parálisis parcial o total de las actividades en los sitios afectados, cierres de playas y puertos, heridos, muertes, etc.
- Nivel del mar: Un aumento extraordinario en el nivel del mar puede tener asociado un riesgo importante de inundación y, por ende, de pérdidas humanas y materiales. Este tipo de aumentos extraordinarios se deben a cualquiera de las siguientes dos causas o a ambas: 1) Mareas meteorológicas (ondas en el mar de largo período generadas por perturbaciones atmosféricas de viento y presión), 2) Aumento del nivel medio del mar, que a su vez puede estar relacionado con fenómenos de subsidencia o con un proceso de calentamiento global.
- Huracanes: El paso de huracanes por la costa Caribe colombiana genera un aumento de la energía asociada con las variables oceanográficas y meteorológicas. En particular, se incrementa la altura de ola, se generan mareas meteorológicas y se incrementa la velocidad del viento. Un aumento, por tanto, en la frecuencia y magnitud de huracanes en el Mar Caribe colombiano puede ser una amenaza importante para la región.

Vulnerabilidad de la región Caribe

Considerando un potencial ascenso de un metro del nivel medio del mar para el año 2100, el IDEAM estimó los potenciales impactos de inundación del litoral colombiano (IDEAM, 2001). De acuerdo con esta estimación, en las costas colombianas es posible la inundación permanente de 4.900 km² de costas baja y el anegamiento de 5.100 km². La población localizada en la zona de estudio en el litoral Caribe es de 2.103.787 habitantes para el año 2000, de los cuales aproximadamente 55% estarán expuestos a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales. Los centros urbanos que más población presentan en las zonas de amenaza corresponden a Cartagena, San Juan de Urabá, Turbo, Ponedera y Puerto Colombia, al igual que el área rural de Cartagena (IDEAM & MAVDT, 2010). La descripción general de las áreas vulnerables en la región Caribe se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4 - Descripción general de áreas vulnerables en la región Caribe

CIUDAD	ARCHIPIELAGO DE SAN		
	CARTAGENA DE INDIAS	ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	GOLFO DE URABÁ
POBLACIÓN (hab.)	944.250	73.224	277.259
ÁREA TOTAL (km ²)	709	44	8260
NBI	26%	75,05%	69,8%,
ECONOMÍA:	Industrias (refinación de petróleo, elaboración de productos químicos, alimentos y productos de	Turismo y comercio, (puerto libre). Actividades propias de subsistencia como la agricultura y la pesca	Agricultura (producción de banano de exportación). El turismo (Ecoturismo). Actividad portuaria.

República de Colombia

	caucho y plástico). Actividad portuaria, y turismo.	(insuficientes para el abastecimiento local) (MAVDT, 2004)	
ECOSISTEMAS VULNERABLES	Sistemas de coral de las Islas del rosario, Manglares de la ciénaga de la virgen	Formaciones coralinas de Providencia y Santa Catalina que cubren una extensión de 255 km ² .	Formaciones coralinas y praderas de pastos marinos, además importante extensión de mangle que se localiza en la desembocadura del Atrato, (Ulloa et al., 2004)
TASAS DE AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR	De 2 a 5 mm/año. Aumento entre 80 cm y 1 m. para el 2100. (INVERMAR et. Al, 2012)	3,6 mm/año (IDEAM, 2007)	2,3 mm/año (IDEAM, 2007)
TASAS DE RETROCESO LÍNEA DE COSTA	Entre 1.6 m/año y 6.4 m/año (INVERMAR et. Al, 2012)	---	---
PORCENTAJE DEL TERRITORIO EN RIESGO DE INUNDACIÓN (%)	Entre el 15 y el 30% según escenario (INVERMAR et. Al, 2012)	Entre el 17% y 30%	23%
VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	Inundaciones, pérdidas de playas y erosión costera, pérdida de patrimonio ecológico, disminución de la pesca, aumento de enfermedades transmitidas por mosquitos	Pérdidas de cultivos por inundación.	Anegación de cultivos por inundación, erosión costera, pérdida de playas.

Para el caso del sector agropecuario, se encontró que 23% del área total cultivada en los departamentos considerados, está expuesta a los procesos de inundación. En el sector industrial, el análisis de vulnerabilidad mostró que 75,3% (475 ha) del área ocupada por los establecimientos manufactureros en Barranquilla y 99,7% (877 ha) en Cartagena son altamente vulnerables a la inundación por el ascenso del nivel del mar. En cuanto a la infraestructura de vías, se encuentra que el 44,8% de la infraestructura vial terrestre presenta alta vulnerabilidad (IDEAM & MAVDT, 2010).

4.2.2 Región Pacífico Colombiano

Ubicación y características geográficas

La región Pacífica se ubica al occidente del país, dentro del área geográfica conocida como el Pacífico Oriental Tropical y comprende los departamentos de Chocó, Valle del Cauca (incluida la isla de Malpelo), Cauca (incluidas las islas de Gorgona y Gorgonilla) y Nariño. Cuenta con un área terrestre de 131.246 km² y una zona económica de 367.823 km². Está localizado en una zona de colisión de placas tectónicas, lo cual lo hace propenso a terremotos y maremotos. Dentro del área de estudio estos departamentos ocupan un área aproximada de 23.505 km².

Sus características físicas permiten distinguir dos regiones claramente diferenciadas: la zona norte entre la frontera con Panamá y Cabo Corrientes, que se caracteriza por costas altas muy accidentadas, formada por las estribaciones de la serranía del Baudó y la zona sur que se extiende hasta el límite con Ecuador y presenta una costa poco accidentada, cruzada por una amplia red fluvial con planos inundables cubiertos por manglares. En cuanto a su hidrología, en la zona

República de Colombia

norte, si bien se presentan abundantes precipitaciones, la presencia de la serranía del Baudó no permite que se formen extensas corrientes. En contraste, la zona sur presenta varios ríos caudalosos entre los cuales sobresalen el San Juan y el Patía.

En esta región confluyen una gran cantidad de ecosistemas marinos y terrestres, con características excepcionales en cuanto a abundancia y diversidad de especies sobre los cuales todavía se tiene un conocimiento fragmentario. La variedad de la vegetación y fauna la han perfilado como una de las zonas de mayor biodiversidad del planeta, con un significativo número de especies endémicas (Gentry, 1993). En particular, esta área ha sido identificada como “la de más alta concentración” de especies.

El Pacífico insular está conformado por las islas oceánicas de Gorgona y Malpelo, las cuales se encuentran en jurisdicción de los departamentos de Cauca y Valle del Cauca, respectivamente. La isla de Malpelo, conocida también como la “roca viviente” juega un importante papel biogeográfico en el Pacífico al incluir una serie de ambientes litorales que son los únicos en varios miles de kilómetros alrededor, constituyéndose en una especie de trampolín para la dispersión de la fauna entre el Pacífico Oriental y el Indo Pacífico (INVEMAR, 2011a) Presidencia de la República *et. al.* 1998; INVEMAR, 2001).

Demografía de la región

Los 25 municipios que se ubican en el litoral albergan un total de 721.583 habitantes lo que representa el 17.1% de la población de la zona costera y el 1.8% de la población nacional. La población blanca constituye una minoría étnica al representar tan solo el 3% de la población. La población de afro-descendientes corresponde al 77% y los grupos indígenas constituyen un 20%. El indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas-NBI para la región se ha estimado en 75.3%, cifra muy superior al promedio nacional de 37.2%. Del total de municipios pertenecientes al área sólo Buenaventura (NBI de 36%) está por debajo del promedio nacional mientras que algunos municipios superan el 80%.

Clima y oceanografía

La zona de estudio está caracterizada por un clima tropical húmedo, con temperaturas y humedad alta, lluvias abundantes y gran nubosidad, influenciada por la zona de convergencia inter-tropical ZCIT, la cercanía a masas oceánicas y eventos climáticos como el fenómeno de El Niño. En su desplazamiento anual de sur a norte, la ZCIT determina el régimen de lluvias en la región, generando dos períodos de altas precipitaciones (abril-mayo y junio-septiembre, y octubre-noviembre), alternados por dos períodos secos (enero-marzo y julio-agosto).

En esta zona los vientos alisios del sudeste se recurvan y se convierten en vientos ecuatoriales del oeste, transportando una gran cantidad de humedad desde el Océano Pacífico hacia la región occidental de Colombia, lo que conlleva a la ocurrencia de fuertes precipitaciones a lo largo del año superiores a los 8000 mm/año.

Amenazas de carácter natural para la región pacífica

- Oleaje fuerte
- Aumento en el nivel
- Tsunamis y terremotos
- Eventos extremos asociados a variabilidad climática (Fenómeno del Niño).

Vulnerabilidad de la región pacífica

La vulnerabilidad a los impactos del cambio climático fue determinada por el IDEAM como crítica para Buenaventura en la Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Según el documento, la tendencia del incremento anual del nivel del mar en Buenaventura es de 2,2 mm. El Plan de Ordenamiento Territorial -POT de Buenaventura indica que el municipio se encuentra expuesto a tsunamis y terremotos. Asimismo, hace referencia a que los asentamientos se encuentran en riesgo de inundaciones por las mareas equinocciales, oleajes fuertes, marejadas y el Fenómeno de El Niño. Igualmente, la Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático, identifica Tumaco con una vulnerabilidad crítica al cambio climático. Esta determinación se basó en consideraciones como población, infraestructura, área de manejo e información biótica, socio-económica y de gobernabilidad. La descripción general de las áreas vulnerables en la Región Pacífico se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5 - Descripción general de las áreas vulnerables en la región Pacífica

CIUDAD	DISTRITO ESPECIAL DE	SAN ANDRES DE TUMACO
--------	----------------------	----------------------

BUENAVENTURA		
POBLACIÓN (hab.)	362.625	179.005
ÁREA TOTAL (km ²):	6.297	3.700
NBI	35,85%	48,70%
ECONOMÍA:	Actividades portuarias, comercio exterior, agropecuarias, pesquería, agroforestales, comerciales, servicios y turismo	Explotación forestal, pesquera, agrícola y ganadera. Cultivos de palma africana, infraestructura portuaria y petrolera
ECOSISTEMAS VULNERABLES	Ecosistemas de manglar	Accidentes costeros como el cabo manglares, la ensenada de Tumaco, las Islas del Gallo, la Barra y el Morro. Los manglares son ecosistemas de valor ambiental para el municipio.
TASAS DE AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR	2,2 mm/año	2,2 mm/año
VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	Los asentamientos se encuentran en riesgo de inundaciones por las mareas equinociales, oleajes fuertes, marejadas y el Fenómeno de El Niño.	De acuerdo con la Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático, el municipio de Tumaco presenta una vulnerabilidad crítica, considerando la población infraestructura, área de manejo e información biótica, socio-económica y de gobernabilidad.

4.3 Enfoques tecnológicos para adaptación al cambio climático en zonas marino-costeras

Las zonas marino-costeras de Colombia son especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático, entre ellos a las inundaciones, las marejadas, la erosión y otras amenazas costeras asociadas al aumento en el nivel del mar y a los eventos extremos. Los problemas antes mencionados son comunes en las zonas marino-costeras de Colombia, y aunque no todos obedecen a efectos del cambio climático pueden aumentar significativamente su ocurrencia por derivaciones de los efectos principales (aumento del nivel del mar, cambio en la dirección del oleaje y las corrientes, entre otros). Se establecieron tres enfoques tecnológicos que pueden ser aplicados a estas zonas para facilitar la adaptación al cambio climático:

4.3.1 Tecnologías Duras

En algunas ocasiones el hombre modifica las condiciones naturales con intervenciones y estructuras de tipo muros verticales, rompeolas, columnas o cuerpos sumergidos, diseñadas en la mayoría de los casos para proteger zonas del poder de las olas y los efectos marinos porque representan algún tipo de interés social o ambiental e incluso económico (UNAM, 2005). Las estructuras se construyen a lo largo de la costa para una variedad de propósitos; constituyen un componente importante de cualquier sistema de protección de la zona litoral, algunas siendo diseñadas para actuar directamente y ejercer un control de la acción de las olas y mareas en los temporales o para generar una estabilización de playa, que a su vez, proporciona protección a la costa (Sorensen, 2006).

Como todas las obras marítimas exteriores, la principal solicitud de cálculo es el oleaje. En la mayoría de las ocasiones, estas obras están asociadas a playas, por lo que su diseño funcional es dependiente de los efectos que estas estructuras provocan sobre la forma en planta y perfil de las mismas (GIOC, 2000). Las playas de arena, además de proveer un sistema efectivo de protección costera, tienen un valor adicional que puede ser recreativo o ecológico. Existe en algunas zonas costeras una cantidad limitada de arena disponible, la cual suele moverse a lo largo y ancho de la costa, por esta razón se hace necesaria la utilización de las estructuras para controlar la permanencia de la arena y para proteger la playa de las pérdidas causadas por las olas y las mareas en épocas de temporales (Sorensen, 2006).

GIOC (2000) realiza una clasificación de las obras de defensa de costas que se resume de la siguiente manera:

- **Efecto de la estructura en el oleaje**, Clasificación energético-funcional: Estas se dividen en reflejantes (muros, pantallas, revestimientos, diques verticales o en talud), disipativas (playas disipativas), transmisoras (diques en pie de playa y espigones sumergidos), y mixtas (combinación de las anteriores).
- **Deformabilidad de la estructura de protección**. Se dividen en flexibles (diques y muros con piezas sueltas) y rígidas (admiten deformaciones mínimas).
- **Posición de la estructura con respecto a la línea de Costa**. Se dividen en las que forman la línea de costa (diques de contención), las que facilitan discontinuidades en la línea de costa (espigones) y las que modifican la línea de costa (diques conectados y diques exentos).

Un resumen de las tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de “Tecnologías Duras” se presenta a continuación (Tabla 6):

Tabla 6 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Tecnologías Duras

TECNOLOGÍA	IMPACTO DERIVADO DEL CAMBIO	
	CLIMÁTICO A HACER FRENTE CON LA TECNOLOGÍA	BREVE DESCRIPCIÓN
Espigones, Diques o Escolleras	El objetivo de los espigones es proteger la línea de costa o alguna playa de la erosión, aunque algunas veces se utiliza para crear playas en lugares donde antes no existían.	Un espigón, dique o escollera es una estructura no lineal construida con bloques de roca de dimensiones considerables, o de elementos prefabricados en concreto
Muros	El objetivo de los muros es proteger zonas ya urbanizadas contra la erosión o las inundaciones.	Los muros son construcciones realizadas normalmente en mampostería estructural, hormigón o roca. Presentan múltiples aplicaciones, pueden ser construidos en la base de los acantilados.
Malecones	El objetivo de los malecones es proteger zonas ya urbanizadas contra la erosión o las inundaciones.	Los malecones son estructuras que se construyen paralelas a la línea de la costa, con el objetivo de delimitar una zona terrestre de una fluvial o marítima. Sirven para contener el

		relleno que se encuentra en su parte posterior, sirviendo como paseo y ocasionalmente como atracadero y amarre de embarcaciones.
Pilotes Marinos	Estructuras de contención del terreno para la conservación de los perfiles de playa y la construcción de infraestructura.	Se denomina pilote a un elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando éste se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas.

4.3.2 Tecnologías Blandas

Son tecnologías poco agresivas que buscan la restauración ecológica de los diferentes sistemas costeros mediante la identificación y anulación de las alteraciones al sistema natural. Una vez eliminadas las alteraciones, estos ecosistemas dinámicos, poseen una gran capacidad para regenerarse geomorfológica y biológicamente. A continuación se presentan los principales enfoques tecnológicos blandos (Tabla 7):

Tabla 7 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Tecnologías blandas

TECNOLOGÍA	IMPACTO DERIVADO DEL CAMBIO	
	CLIMÁTICO A HACER FRENTE CON LA TECNOLOGÍA	BREVE DESCRIPCIÓN
Sustento Periódico de Playas	Controla la erosión y la pérdida de playa.	Reposición periódica de los sedimentos en una playa mediante la alimentación arena de condiciones similares a la arena nativa del lugar
Relleno de playa	Controla la erosión y la pérdida de playa.	Relleno de la playa utilizando arena de condiciones similares a la arena nativa del lugar. Implica la utilización de maquinaria pesada y la construcción de estructuras de contención.
Regeneración y construcción de Dunas	Controla la erosión, la pérdida de playa, inundaciones, y el efecto de eventos meteorológicos extremos.	Reconstrucción montículos de arena mediante el uso de vegetación y pequeñas estructuras de madera.
Restauración de humedales	Estabilización de la línea de costa y protección contra las tormentas. Prevención contra la penetración de agua salada. Protege la diversidad Biológica. Zona de amortiguamiento para inundaciones.	Reforestación y/o restauración hidrológica de los sistemas de humedales.

4.3.3 Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa

Los sistemas de monitoreo costero juegan un papel importante en la generación de información primaria, a través de diferentes técnicas, para facilitar a los gestores del recurso y a las autoridades controladoras, la toma de decisiones con criterios técnicos e ingenieriles para enfrentar los posibles problemas que se generen en determinada zona. Estas herramientas de monitoreo son la base fundamental para un buen Manejo Integrado de las Zonas Costeras (MIZC) (Lozano, López, & Sierra, 2011). La Tabla 8 presenta un resumen de (Cinco) 5 sistemas de Monitoreo, representados con las siglas de SM0 a SM5, donde el SM0 está compuesto básicamente de datos obtenidos de bases de datos internacionales, mientras que el SM5 es el más completo de todos y cuenta con un subsistema de monitoreo avanzado, modelación numérica y comunicaciones.

Tabla 8 - Tecnologías asociadas al enfoque tecnológico de Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A INCREMENTAR CON LA TECNOLOGÍA	BREVE DESCRIPCIÓN
Sistemas de monitoreo SM0	<p>Generar capacidades y conocimientos suficientes del entorno para mejorar la respuesta ante eventos extremos.</p> <p>Optimizar el diseño y planificación de intervenciones.</p> <p>Las informaciones recolectadas servirán base para un plan de manejo integrado Costero.</p>	Sistema de monitoreo diseñado para la Adquisición y Análisis de Datos Externos
Sistemas de monitoreo SM1	<p>Generar capacidades y conocimientos suficientes del entorno para mejorar la respuesta ante eventos extremos.</p> <p>Optimizar el diseño y planificación de intervenciones.</p> <p>Las informaciones recolectadas servirán base para un plan de manejo integrado Costero.</p>	<p>Sistema de monitoreo compuesto por los siguientes elementos:</p> <p>Subsistema de Adquisición y Análisis de Datos Externos.</p> <p>Subsistema de Monitoreo básico.</p> <p>Subsistema de Comunicaciones.</p>
Sistemas de monitoreo SM2	<p>Generar capacidades y conocimientos suficientes del entorno para mejorar la respuesta ante eventos extremos.</p> <p>Optimizar el diseño y planificación de intervenciones.</p> <p>Las informaciones recolectadas servirán base para un plan de manejo integrado Costero.</p>	<p>Sistema de monitoreo compuesto por los siguientes elementos:</p> <p>Subsistema de Adquisición y Análisis de Datos Externos.</p> <p>Subsistema de Monitoreo básico.</p> <p>Subsistema de Modelación</p> <p>Subsistema de Comunicaciones.</p>
Sistemas de monitoreo SM3	<p>Generar capacidades y conocimientos suficientes del entorno para mejorar la respuesta</p>	<p>Sistema de monitoreo compuesto por los siguientes elementos:</p> <p>Subsistema de Adquisición y Análisis</p>

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A INCREMENTAR CON LA TECNOLOGÍA	BREVE DESCRIPCIÓN
	ante eventos extremos. Optimizar el diseño y planificación de intervenciones. Las informaciones recolectadas servirán base para un plan de manejo integrado Costero.	de Datos Externos. Subsistema de Monitoreo intermedio. Subsistema de Modelación Subsistema de Comunicaciones.
Sistemas de monitoreo SM4	Generar capacidades y conocimientos suficientes del entorno para mejorar la respuesta ante eventos extremos. Optimizar el diseño y planificación de intervenciones. Las informaciones recolectadas servirán base para un plan de manejo integrado Costero.	Sistema de monitoreo compuesto por los siguientes elementos: Subsistema de Adquisición y Análisis de Datos Externos. Subsistema de Monitoreo Avanzado. Subsistema de Modelación Subsistema de Comunicaciones.

Teniendo en cuenta las amenazas y la vulnerabilidad, la Tabla 9 presenta un resumen de los beneficios que puede traer cada tecnología.

Tabla 9 - Beneficios de cada tecnología ante amenaza y vulnerabilidad

TECNOLOGÍA	AMENAZAS	VULNERABILIDAD		
		Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
Rellenos de playa	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de alturas de ola por variabilidad climática, aumento de frecuencia de eventos de temporal, ascenso del nivel medio del mar, cambio en la dirección del oleaje. - Inundaciones por marea, fuerte oleaje, lluvias torrenciales. - Erosión por mareas, oleaje, corrientes. 	Reduce exposición de la población, de la infraestructura y de ecosistemas ante amenazas de ascenso del nivel del mar, cambios en la dirección del oleaje, inundaciones, erosión por eventos de mareas y fuerte oleaje	Reduce la erosión de la playa	
Sustento periódico de playas	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de alturas de ola por variabilidad climática, aumento de frecuencia de eventos de temporal, ascenso del nivel medio del mar, cambio en la dirección del oleaje - Inundaciones por marea, fuerte oleaje, lluvias torrenciales 	Reduce exposición de la población, de la infraestructura y de ecosistemas ante amenazas de ascenso del nivel del mar, cambios en la dirección del oleaje, inundaciones, erosión por eventos de mareas y fuerte oleaje		

Regeneración- Construcción de Dunas	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de alturas de ola por variabilidad climática, aumento de frecuencia de eventos de temporal, ascenso del nivel medio del mar - Inundaciones por marea, fuerte oleaje, 	Reduce exposición de la población, de la infraestructura y de ecosistemas	Aumenta almacenamiento de arena para épocas de temporales fuertes
Restauración de Humedales	<ul style="list-style-type: none"> - Inundaciones por marea, fuerte oleaje, lluvias torrenciales. - Pérdida de tierra, perdida de ecosistema 	Reduce exposición de la población, de la infraestructura, de ecosistemas ante aumento del nivel del mar y oleajes fuertes	Reduce la sensibilidad de los ecosistemas Controla la Inundación
Sistemas de monitoreo		Reduce la exposición con aumento de capacidades	Mayor posibilidad de predicción. Aumentan las capacidades de respuesta a largo plazo y genera conocimiento para planificación y adaptación

4.4 Metodología aplicada para la selección de áreas vulnerables y enfoques tecnológicos

4.4.1 Pasos para la selección áreas vulnerables y enfoques tecnológicos

Con base en la metodología inicial propuesta en el Manual TNA (UNDP, 2010), que propone realizar una matriz para priorizar sectores de desarrollo, se siguió un procedimiento similar para priorizar zonas costeras vulnerables a los efectos del cambio climático. Con la nueva metodología propuesta se buscó evaluar cómo favorece un tipo de tecnología a un área vulnerable específica, y elegir así las áreas y enfoques tecnológicos prioritarios a partir de la información suministrada por diferentes actores involucrados, siguiendo los pasos que se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10 - Pasos para la selección áreas vulnerables y enfoques tecnológicos

Pasos de la priorización	Descripción de la metodología utilizada/criterios de la priorización	Resultado obtenido	Limitaciones/supuestos
1) Selección del Sector	Partiendo de la decisión tomada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el esquema metodológico del manual TNA, se seleccionaron la zona marino-costera de Colombia como sector para la aplicación del TNA.	Zona marino-costeras	La zona marino-costera de Colombia está consagrada en la Política Nacional Ambiental como un área vulnerable y de gran importancia estratégica para el país.
2) Selección de las áreas	Estudios de vulnerabilidad y	Cartagena de Indias	Las áreas geográficas

República de Colombia

geográficas más vulnerables	riesgo realizados por instituciones reconocidas como el INVEMAR, el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (IDEAM & MAVDT, 2010).	Archipiélago de San Andrés, providencia y santa Catalina Golfo de Urabá Buenaventura Tumaco	seleccionadas son las más vulnerables al cambio climático en los litorales costeros de Colombia.
3) Selección de los enfoques tecnológicos a considerar en la evaluación	Los enfoques tecnológicos fueron seleccionados según las pautas propuestas en el manual de adaptación en zonas costeras y las sugerencias del equipo consultor según su facilidad de implementación y replicabilidad en diferentes áreas.	Tres enfoques tecnológicos a aplicar: 1) Tecnologías blandas 2) Tecnologías Duras 3) Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa	
4) Priorización más fina de las áreas en las que aplicar la metodología	A partir de la información suministrada por los diferentes actores involucrados se elaboró un análisis multicriterio mediante la aplicación de una matriz que abarca aspectos ambientales, sociales, económicos y transversales.	Dos áreas geográficas seleccionadas: 1) Cartagena de Indias 2) Archipiélago de San Andrés, providencia y santa Catalina	
5) Priorización de los enfoques tecnológicos	A partir de la información suministrada por los diferentes actores involucrados se elaboró un análisis multicriterio mediante la aplicación de una matriz que abarca aspectos ambientales, sociales, económicos y transversales.	Dos enfoques tecnológicos seleccionados : 1) Tecnologías blandas 2) Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa	
6) Identificación de las tecnologías por cada enfoque seleccionado	Las tecnologías relacionadas con los enfoques tecnológicos seleccionados fueron identificadas según las pautas propuestas en manual de adaptación en zonas costeras y las sugerencias del equipo consultor dada su facilidad de implementación y replicabilidad en diferentes áreas.	1) Tecnologías Blandas: - Regeneración de playas - Sustento periódico de playas - Restauración de humedales - Regeneración-construcción de dunas 2) Sistemas de apoyo a la gestión de la Costa - 5 Sistemas de monitoreo con diferentes niveles de complejidad	

En el Anexo I. Factsheets de Tecnologías, se puede hallar más información acerca de las funciones de las tecnologías mencionadas en las tablas anteriores.

4.4.2 Análisis multicriterio para la selección áreas vulnerables y enfoques tecnológicos

Como se mencionó anteriormente, una vez establecido el sector de zonas costeras como enfoque general del proyecto, se procedió a la selección de las áreas específicas más vulnerables dentro de las zonas costeras del país, utilizando análisis multicriterio y teniendo en cuenta aspectos generales sobre la viabilidad de un proyecto en cada zona. Para ello, el equipo consultor, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, definió 13 criterios agrupados en ambientales, económicos, sociales y transversales que se describen en detalle a continuación.

Criterios Ambientales:

A1: ¿Qué tanto favorece el tipo de tecnología a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del área?

Este criterio tiene en cuenta si la tecnología ocasiona una intrusión que pueda afectar el ambiente ecosistémico, por ejemplo, las tecnologías duras generan un alto impacto en la etapa de construcción, al igual que algunas tecnologías blandas como la regeneración de playas. Adicionalmente, el criterio da un valor agregado a aquellas tecnologías que apoyan el mantenimiento y conservación de alguna determinada zona vulnerable.

A2: ¿Qué tanto afecta el tipo de tecnología al paisaje de la zona?

Es importante evaluar la visibilidad del paisaje, puesto que la construcción de estructuras de protección o contención puede modificar seriamente el estado natural del área, poniendo objetos de grandes dimensiones en medio de árboles, manglares, lagunas, etc.

A3: ¿Qué tanto afecta el tipo de tecnología a la interacción entre aguas continentales y aguas marinas (salinización, cambio de pH, etc.)?

Estos impactos deben ser considerados, puesto que algunas intervenciones pueden interrumpir por completo el intercambio entre agua salada y dulce, o por el contrario acelerarlo, generando cambios irreversibles en el funcionamiento natural del sistema.

Criterios Económicos:

E1: ¿Cuál es el nivel de capacidad económica de la zona para adoptar o implementar el tipo de tecnología?

Es importante considerar si la zona en estudio está en capacidad de suplir los costos de inversión y operación de determinada tecnología.

E2: ¿Qué nivel de inversión requiere la implementación del tipo de tecnología en la zona?

Este criterio pretende identificar el costo que puede implicar la aplicación de una determinada tecnología en la zona a causa de la infraestructura existente, nivel de desarrollo en telecomunicaciones, comercio, etc.

E3: ¿Qué tanto aporta el tipo de tecnología al desarrollo económico de la zona?

Este criterio considera el aporte que puede dar una determinada tecnología al desarrollo de mercados, inversiones públicas y privadas, o cualquier evento que sea un motor económico para la zona.

Criterios Sociales:

S1: ¿Cuál es el nivel de capacidad técnica de la zona para adoptar o implementar el tipo de tecnología?

Es importante considerar si la zona cuenta con la formación académica requerida para la implementación de una determinada tecnología, puesto que la falta de estas capacidades puede implicar un aumento en costos o conllevar al mal funcionamiento de la tecnología.

S2: ¿La situación social de la zona afecta la implementación del tipo de tecnología? (Entiéndase por “situación social”: conflicto armado, intereses privados, normatividad, etc.)

Algunas zonas del país presentan conflictos internos que pueden impedir el ingreso de personal ajeno a la región para la ejecución de trabajos. Además, la falta de educación social puede dificultar las labores de implementación.

República de Colombia

S3: ¿Qué tanto favorece la implementación del tipo de tecnología a las comunidades de la zona?

Es importante que la tecnología a aplicar no interfiera con el desarrollo cultural, actividades cotidianas y bienestar social de la comunidad, si no que por el contrario las apoye, las incentive y las mejore.

S4: ¿Qué nivel de empleo generaría el tipo de tecnología en la zona?

Es evidente que la generación de empleo trae consigo desarrollo económico y bienestar social para la región, por lo que se debe considerar esta variable en el estudio.

Aspectos Transversales:

T1: ¿Se tiene información sobre tecnologías y/o medidas para adaptación en la zona?

T2: ¿El tipo de tecnología es replicable en otras zonas?

T3: ¿Qué cantidad de sectores económicos y de desarrollo se beneficiarían del tipo de tecnología?

El puntaje asignado a cada criterio se realiza según cada escala de medida definida en la tercera columna de la Tabla 13. La calificación final que permitirá priorizar las áreas y enfoques tecnológicos se calcula así:

- *Calificación del enfoque tecnológico en el área (D_i, B_i, M_i):*
Sumatoria de la fila correspondiente a un enfoque tecnológico en un área, en la cual D_i , Representa el valor asignado en cada criterio a las tecnologías del enfoque obras “Duras”, B_i representa el valor asignado en cada criterio a las obras “Blandas” y finalmente M_i representa el valor asignado en cada criterio a los sistemas de “Monitoreo”
- *Calificación global por área ($Z_i = D_i + B_i + M_i$):*
Sumatoria del puntaje obtenido por cada enfoque tecnológico en el área, en la cual Z_i representa la suma de los puntajes de las tecnologías “Duras” (D_i) “Blandas” (B_i) y “Monitoreo” M_i .
- *Calificación enfoque tecnológico en general ($\sum D_j, \sum B_j, \sum M_j$):*
Sumatoria de los puntajes obtenidos por dicho enfoque
Todos los criterios considerados tienen igual importancia, por
Como se mencionó en la sección anterior, la construcción de la

4.4.3 Resultados del análisis multicriterio

Se obtuvieron respuestas individuales por parte de cinco
A partir de los resultados de dicha selección se concluye
1. Cartagena de Indias con un puntaje de 82,8
2. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
3. Distrito especial de Buenaventura con un puntaje de 72,2
4. San Andrés de Tumaco con un puntaje de 69,2
5. Golfo de Urabá con un puntaje de 65,4
Así, las áreas seleccionadas para realizar los estudios

Capítulo 5. Priorización de

En el presente capítulo se presenta la selección de

5.1 Revisión general de posibles

Como parte del proceso de priorización de opciones tecnológicas es necesario definir las tecnologías viables en la región y analizar algunas ventajas y desventajas de éstas frente a la adaptación al cambio climático, la Tabla 11 y la Tabla 12 presentan tal análisis.

Tabla 11 - Ventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en Cartagena

Relleno de	Sustento	Regeneración	Restauración	Sistemas de
VENTAJAS				
Defensa para	Ayuda a la	Conservación	Conservación	Creación de
Ayuda a la	No requiere	Protección de	Oxigenación	Generación de
Promueve el	No requiere	Protección	Revegetalización	Base
Facilita la	Promueve el		Promoción de	Insumos
Protección	Ayuda a			Facilita
	Poco impacto			Capacitación y

Tabla 12 - Desventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en Cartagena

Relleno de	Sustento	Regeneración	Restauración de	Sistemas de
DESVENTAJAS				
Alteración	Estudio de	Espacio	Uso	Costos de
Falta de	Requiere	Amenaza por	Vertimiento de	Resultados a
Reubicación				Poca
				Falta de

5.2 Proceso de priorización de

Existen muchos métodos de análisis para la toma de decisiones que involucran múltiples criterios y múltiples decisores. El método AHP ofrece facilidad de ejecución en el momento de involucrar los actores, permite diferenciar entre niveles de criterios (árbol de decisión) y es posible incluir criterios tanto cuantitativos como cualitativos. El fundamento de selección del método se describe en detalle en el Anexo VI. Base matemática del AHP Selección de método de análisis multicriterio.

La construcción del árbol de decisión (Figura 3) se realizó a partir de una revisión bibliográfica de diferentes autores que han aplicado el método AHP para otros estudios TNA en Europa, problemas de asignación de recursos así como al análisis de problemas ambientales y energéticos. Muchos de los criterios presentados en dichos trabajos no son aplicables a éste caso o no realizan un aporte

República de Colombia

representativo a la decisión final. En la Tabla 13 se explica la escala de valoración utilizada para los criterios y los trabajos en que fueron propuestos. Algunos criterios fueron propuestos por el equipo consultor.

Cabe resaltar que aunque la metodología utilizada
Los criterios fueron propuestos por el equipo

Tabla 13 - Criterios a evaluar en la priorización de tecnologías.

CRITERIO	SUB-	ESCALA DE MEDIDA	FUENTES	SUPUESTOS Y
Financieros	Valor	USD/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - (Georgopoulou & Lalas, 1997) - (Georgopoulou, Sarafidis, Mirasgedis, Zaimi, & Lalas, 2003) - (<i>Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático</i>, 2012) - (Würtenberger et al., 2010) 	Dividido por un área
	Valor	USD/m ²	<ul style="list-style-type: none"> - (Georgopoulou & Lalas, 1997) - (Georgopoulou et al., 2003) - (<i>Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático</i>, 2012) - (Würtenberger et al., 2010) 	
Económicos	Efecto en la	Valor entre 0 y 10. 0 : Perjudica altamente el 3: Perjudica parcialmente el 5: No tiene ningún efecto en el 8: Favorece parcialmente el 10: Favorece altamente el	<ul style="list-style-type: none"> - (<i>Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático</i>, 2012) - Equipo Consultor 	Divididos cada uno en dos
	Efectos en			

	Cobertura	Cobertura	Valor entre 0 y 10		La cobertura de
		Protección	Valor entre 0 y 10. Escalar	- Equipo Consultor	Igual para todas las
Técnicos	Madurez tecnológica	Capacidades	Valor entre 0 y 10: Marque 0: No existen en el país 2: Existen menos de tres 5: Existen cerca de cinco 7: Existen menos de dos 10: Existen 5 o más instituciones	- (Beccali, Cellura, & Ardente, 1998) - (Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático, 2012)	---
		Capacidades	Valor entre 0 y 10: Marque 0: No existen en el país 2: Existen menos de tres 5: Existen cerca de cinco 7: Existen menos de dos 10: Existen 5 o más instituciones	- (Würtenberger et al., 2010) - Equipo Consultor	

República de Colombia

Reducción al grado de	Inundaciones			
	Aumento del			
	Huracanes	Valor entre 0 y 10		
	Fuerte	0: No reduce el grado de	- Equipo Consultor	
	Erosión	5: Disminuye en un 50% el		
	Cambios en	10: Disminuye el grado de		
Cambios en				
Sociales	Aceptabilidad	Valor entre 0 y 10	- Equipo Consultor	Diferente al criterio social
	Afectaci	Valor entre 0 y 10 0: Favorece altamente la 5: No tiene ningún impacto en la 10: Evita en gran medida la	- (Mirasgedis, 1997) - (Würtenberger et al., 2010) - Equipo Consultor	Se criterio se incluyó
	Barreras	Valor entre 0 y 10 0: 10 o más instituciones se 2: Cerca de 7 instituciones se 5: Cerca de 5 instituciones se 7: Cerca de 2 instituciones se 10: Ninguna institución se	- (Georgopoulou & Lalas, 1997) - (Beccali et al., 1998) - (Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático, 2012)	

Ambientales

Afectación a

Valor entre 0 y 10.

- 0: Perjudica altamente la flora - (Henao, Cherni, Jaramillo, & Dyner, 2012)
- 3: Perjudica parcialmente la flora
- 5: No tiene ningún efecto en la
- 8: Favorece parcialmente la flora - (Georgopoulou & Lalas, 1997)
- 10: Favorece altamente la flora y

Potencial

Valor entre 0 y 10

- 0: Los derechos no se pueden
- 3: Los desechos requieren - (Mirasgedis, 1997)
- 7: Los desechos se pueden
- 10: No genera desechos.

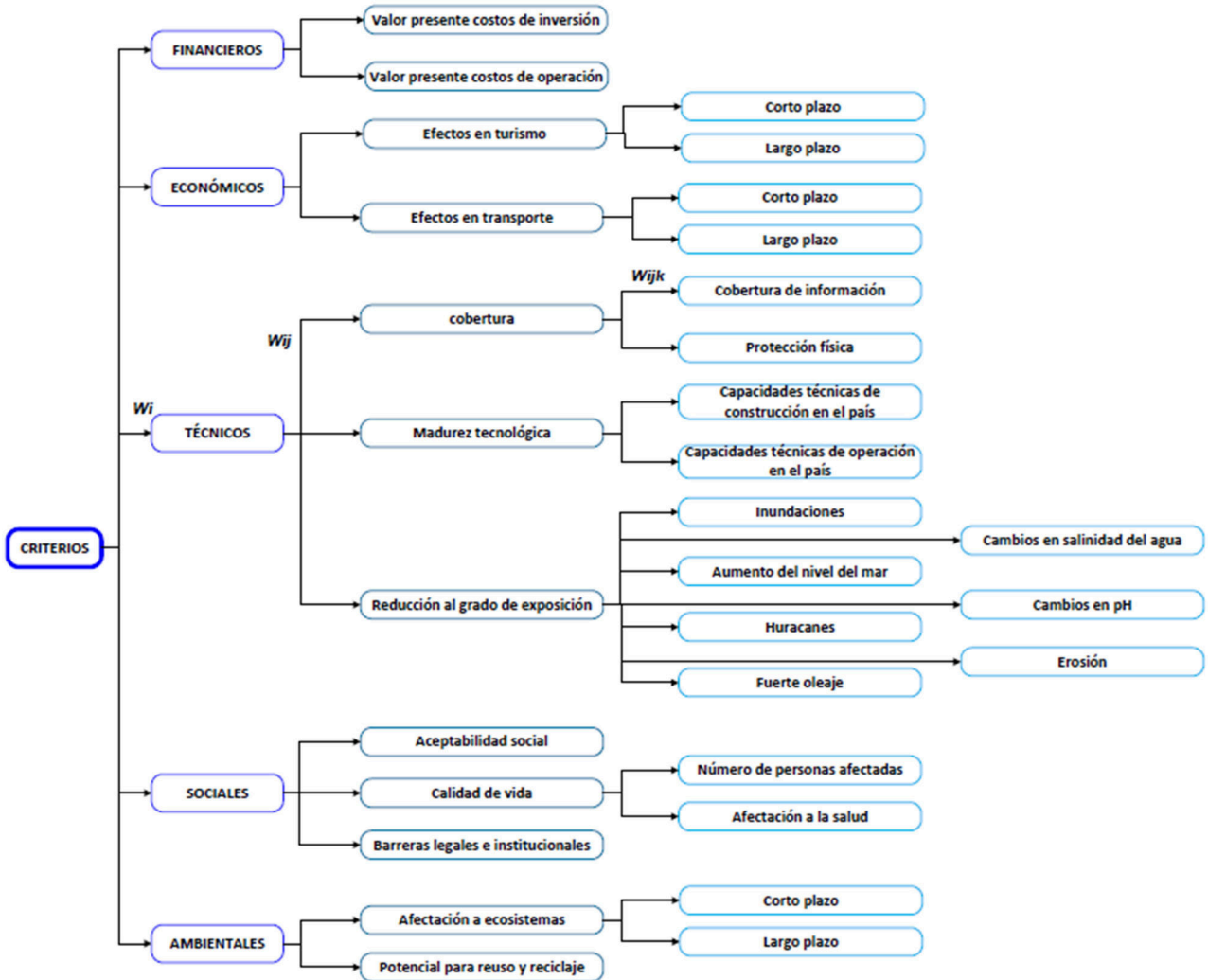


Figura 3 - Árbol de decisión para priorización de tecnologías

Como se explica en el Anexo 5, el cálculo del puntaje total de una alternativa tecnológica se calcula como una multiplicación entre la ponderación o peso de importancia asignado a cada criterio, y la valoración o calificación que

$$P_i = w_i * w_{ij} * P_{ij} \quad P_{ij} = w_{ijk} * P_{ijk} \quad (1)$$

$$P_i = w_i * \sum w_{ij} * P_{ij} \quad P_{ij} = \sum w_{ijk} * P_{ijk} \quad (1)$$

En donde P_i y P_{ij} es el puntaje obtenido en los criterios de primer y segundo nivel respectivamente, P_{ijk} es la valoración asignada por expertos normalizada entre 0 y 1, y w_i , w_{ij} y w_{ijk} son los pesos de importancia de primer, segundo y tercer nivel respectivamente. Finalmente, el puntaje final obtenido por una tecnología se calcula como $\sum P_i$.

Mientras los pesos de importancia son asignados por los actores estratégicos participantes del proceso, la valoración es asignada por un experto en la tecnología, que conoce cuales son los beneficios y perjuicios que ésta trae consigo en diferentes aspectos. Así, el orden de prioridad se asigna con base en una ordenación de las tecnologías en orden descendente según puntajes obtenidos. El profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia Andrés Osorio Arias, Ingeniero Civil de la Universidad del Valle y Ph.D. en Ingeniería de Costas y Puertos de la Universidad de Cantabria en España, fue el experto encargado de valorar las tecnologías de rellenos de playa; El profesor Carlos David Hoyos Ortiz, ingeniero Civil de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia y Ph.D. en Ciencias de la Tierra y la Atmosfera del Georgia Institute Of Technology en Estados Unidos, en conjunto con la profesora Verónica Botero Fernández, ingeniera civil de la universidad EAFIT de Medellín, Master y Ph.D. en Ciencias de la Utrecht University – ITC, en Holanda, fueron los expertos encargados de la valoración en la tecnología de sistemas de monitoreo.

República de Colombia

Dado lo anterior, se realizaron dos priorizaciones para la ciudad de Cartagena:

- a) Cálculo de puntajes a partir de la valoración realizada por expertos del equipo consultor para Cartagena de Indias, y pesos de importancia asignados por actores estratégicos nacionales.
- b) Cálculo de puntajes a partir de la valoración realizada por expertos del equipo consultor para Cartagena de Indias, y los pesos de importancia asignados por actores locales de la ciudad.

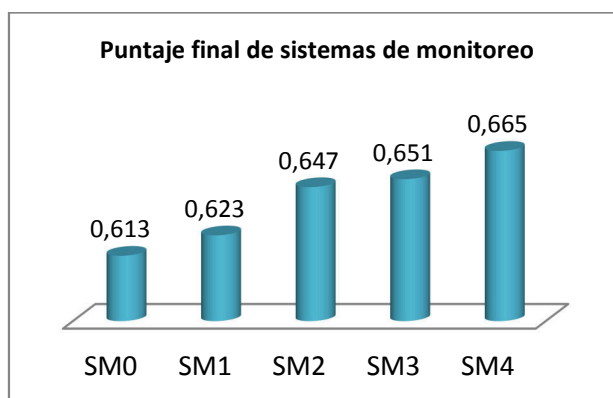
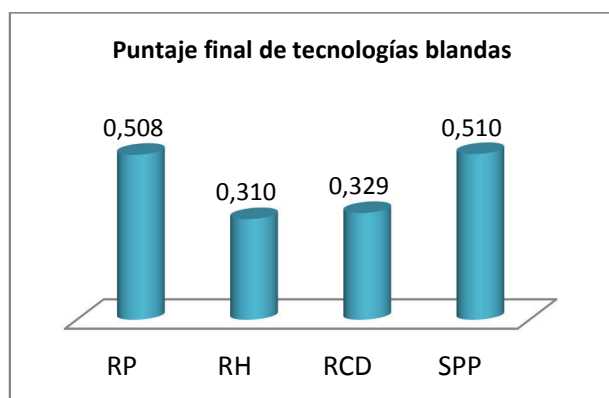
En ambos casos, la asignación de pesos de importancia se realizó por medio de talleres dinámicos en los que los diferentes actores invitados definieron los valores por **consenso**. El consenso permite una discusión amplia donde el grupo de trabajo se pone de acuerdo en un conjunto de pesos, lo cual es diferente a estimar el promedio; de esta manera se logra trabajar con un conjunto de pesos del grupo consistente con la diversidad de opiniones.

5.3 Resultados

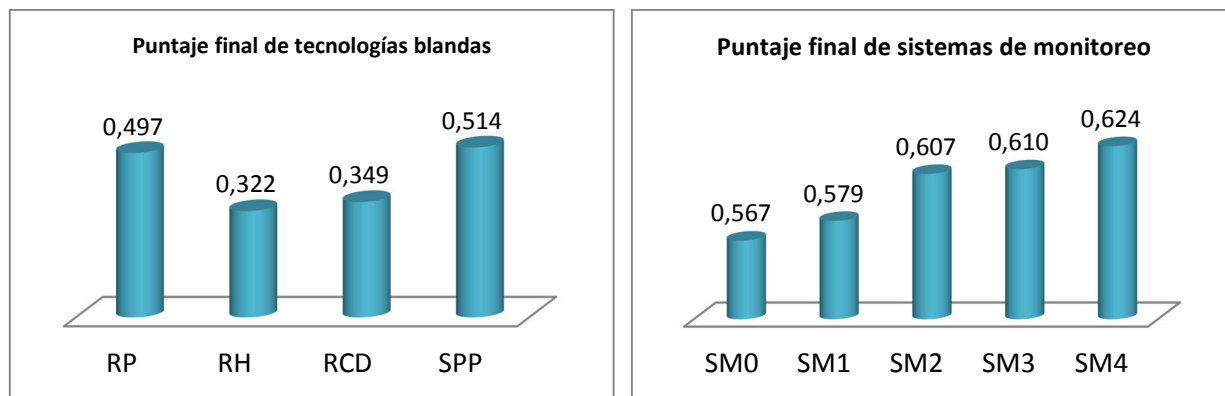
A partir de los talleres realizados se observó que tanto a nivel nacional como local, los criterios sociales, ambientales y técnicos priman sobre los económicos y financieros (Tabla 14). Los pesos asignados para los criterios de primer y segundo nivel se muestran en la Tabla 14. Los valores para el tercer nivel fueron definidos por el equipo consultor a partir de criterios de expertos en las tecnologías.

Tabla 14 – Pesos asignados por actores nacionales (Bogotá) y locales (Cartagena)

Criterio	NIVEL 1		Sub-criterio	NIVEL 2	
	Pesos Cartagena	Pesos Bogotá		Pesos Cartagena	Pesos Bogotá
Económico	20	18	Efectos en turismo	40	55
			Efectos en infraestructura de transporte	60	45
Financiero	12	14	Valor presente costos de inversión	35	50
			Valor presente costos de operación	65	50
Técnico	23	23	Cobertura	28	35
			Madurez tecnológica	32	35
			Reducción al grado de exposición	40	30
Social	24	23	Aceptabilidad social	30	35
			Calidad de vida	40	30
			Barreras legales e institucionales	30	35
Ambiental	22	23	Afectación a ecosistemas	75	70
			Potencial para reúso y reciclaje	25	30



(a) Resultados de priorización local (en Cartagena): RP: Rellenos de Playa, RH: Restauración de Humedales, RCD: Recuperación - Construcción de Dunas, SPP: Sustento periódico de playas, SM: Sistema de Monitoreo



(b) Resultados de priorización nacional (en Bogotá) RP: Rellenos de Playa, RH: Restauración de Humedales, RCD: Recuperación - Construcción de Dunas, SPP: Sustento periódico de playas, SM: Sistema de Monitoreo

Figura 4 – Distribución de calificación final de tecnologías para Cartagena.

En la Figura 4 se observa que el **Sistema de Monitoreo Avanzado (SM4)** obtiene mayor puntaje que los demás debido a que tiene mayor cobertura de información, a pesar de que es más costoso. Este resultado se debe a que se asignó más peso a los criterios técnicos (más específicamente a cobertura) que a los financieros. En criterios ambientales y económicos el sistema avanzado también tuvo ventaja debido a que la información se enriquece con el tiempo, y se asignó mayor peso a los efectos en largo plazo que a corto plazo; un sistema que brinda mayor información brinda un mayor beneficio.

El **Sustento Periódico de Playa (SPP)** prima sobre las demás tecnologías blandas porque ofrece un mayor beneficio social, ambiental, y técnico, y estos criterios son los que recibieron un mayor peso. Además, ofrece un alto beneficio económico principalmente por la creación o mantenimiento de zonas turísticas, como lo son las playas. Nuevamente, a pesar de ser una tecnología costosa, sobresale sobre las demás debido a que el criterio financiero es el de menor peso.

Tanto en la priorización de Bogotá, como en la de Cartagena, se observó la misma tendencia de puntajes (ver Figura 4), esto da muestra la importancia de la región para el país, puesto que los intereses nacionales coinciden con los intereses locales.

Por último, se realizó un taller de Validación de Tecnologías Priorizadas, realizado el 27 de julio de 2012 en Bogotá, en el que participaron los actores nacionales. Éstos estuvieron de acuerdo con todo el proceso seguido desde las metodologías hasta la selección de tecnologías prioritarias. Estos mismos resultados fueron presentados posteriormente a los actores locales de Cartagena de Indias y San Andres Isla al inicio del taller de identificación de barreras. Los actores estuvieron de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera parte.

Capítulo 6. Priorización de tecnologías para la Isla de San Andrés

En el presente capítulo se muestra la selección de tecnologías prioritarias para adaptación al cambio climático en la Isla de San Andrés. Al igual que en Cartagena, se utilizó la metodología de análisis multicriterio conocida como **Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)**. Este método requiere la construcción de un árbol de decisión que contenga los criterios a considerar en el estudio, la asignación de pesos de importancia a dichos criterios, y la valoración de la tecnología por parte de expertos. Se utilizó el mismo árbol de objetivos o criterios previamente descrito en el capítulo 5 (Figura 3). Como resultado del proceso de priorización con actores nacionales (Bogotá) se obtuvo que las tecnologías más adecuadas para la adaptación al cambio climático en la isla son **relleno de playa** y **sistema de monitoreo avanzado**, por su parte, el taller local arrojó **sustento periódico de playa** y **sistema de monitoreo avanzado**.

6.1 Revisión general de posibles opciones tecnológicas de adaptación en San Andrés y sus beneficios

Para avanzar en el proceso de priorización de opciones tecnológicas es necesario un análisis de las ventajas y desventajas de las de las opciones tecnológicas evaluadas en el taller para hacer frente al cambio climático. La Tabla 15 y la Tabla 16 presentan tal análisis.

Tabla 15 - Ventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en San Andrés

Relleno de playa	Sustento periódico	Regeneración y construcción de dunas de arena	Restauración de humedales	Sistemas de monitoreo
VENTAJAS				
Defensa para la línea de costa	Ayuda a la protección de la línea de costa contra la erosión	Conservación del ancho de playa	Conservación de zonas de amortiguamiento	Creación de bases de datos
Ayuda a la conservación del ancho de playa en zonas expuestas a la erosión	No requiere de obras duras	Protección de la línea de costa	Oxigenación de ciénagas	Generación de información para el entendimiento de los sistemas costeros.
Promueve el turismo	No requiere de maquinaria especializada	Generación de ambientes naturales no urbanizados.	Revegetalización de zonas erosionadas	Base fundamental para sistemas de alerta
Facilita la protección y el desarrollo de la infraestructura vial	Promueve el turismo	Protección contra el impacto de tormentas, huracanes y tsunamis	Promoción de pesca sostenible	Insumos necesarios para diseños y construcción de obras costeras.
	Ayuda a conservar el ancho de playa.			Facilita información para la generación de modelos numéricos y predicciones
	Poco impacto ambiental sobre los ecosistemas marino-costeros			Capacitación y aprendizaje de la población

Tabla 16 - Desventajas de las opciones tecnológicas para la adaptación en San Andrés

Relleno de playa	Sustento periódico	Restauración y construcción de	Restauración de humedales	Sistemas de monitoreo
------------------	--------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------

dunas de arena

DESVENTAJAS

Falta de fuentes de arena	Estudio de la hidrodinámica a largo plazo para la zona de aplicación	Espacio insuficiente para la generación de dunas	Estudio detallado de la flora nativa	Costos de operación y mantenimiento
Generación de turbidez que afecta el sistema coralino	Requiere material extra a largo plazo	Son frágiles ante la acción del viento		Resultados a largo plazo
Necesidad de construcción de obras de contención duras.		Implica la instalación de viveros		Poca visualización de los resultados por parte de la población
Cambio en el paisaje				Falta de capacidades especializadas
Alteración de los ecosistemas marino-costero				
Alto costo en el transporte de equipos hacia la isla				
Posibles cambios en la hidrodinámica				

6.2 Proceso de priorización de tecnologías

Para la selección de tecnologías prioritarias en San Andrés, se siguió el mismo procedimiento descrito en la sección 5.2 en la que se utilizó el método AHP, los criterios descritos en la Tabla 13 y el árbol de decisión (Figura 3). La diferencia en el proceso radica en que tanto la valoración de expertos como los pesos de importancia cambian de acuerdo a la zona y a los intereses de desarrollo de la región.

Se realizaron dos priorizaciones para la Isla de San Andrés.

- a) Cálculo de puntajes a partir de la valoración realizada por expertos del equipo consultor para la Isla de San Andrés, y pesos de importancia asignados por actores estratégicos nacionales.
- b) Cálculo de puntajes a partir de la valoración realizada por expertos del equipo consultor para la Isla de San Andrés, y los pesos de importancia asignados por actores locales de la isla.

Igual que para Cartagena, en ambos casos, la asignación de pesos de importancia se realizó por medio de talleres dinámicos en los que los diferentes actores invitados definieron los valores por **consenso**. El taller con actores nacionales fue el mismo realizado para Cartagena.

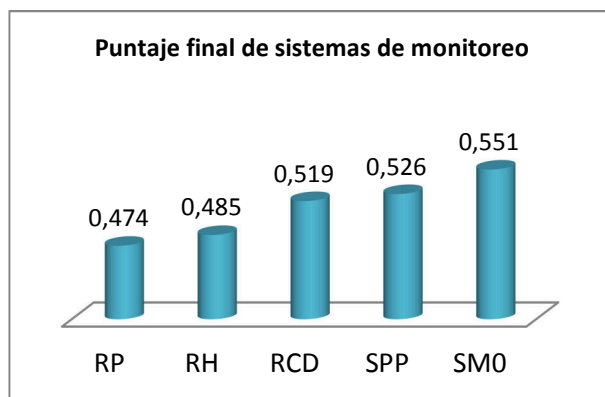
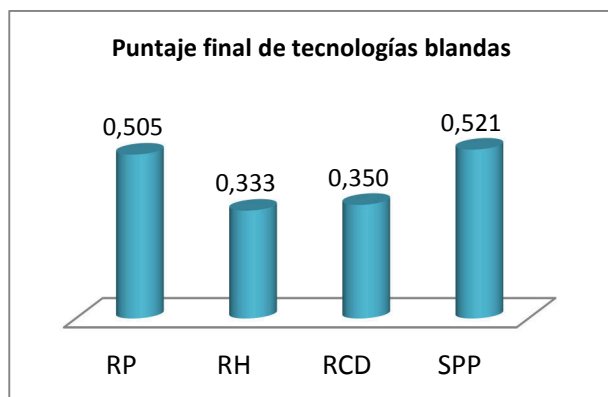
6.3 Resultados

Los actores locales de San Andrés mostraron perfiles de decisión diferente a lo observado en Bogotá y Cartagena. En particular, se da más importancia a los criterios ambientales como se observa en la Tabla 17. La argumentación planteada para tales decisiones se definió alrededor de la idea acerca de la gran biodiversidad y ecosistemas marinos de la región (ver Tabla 17). Sin embargo, se conservó la tendencia de asignar el menor valor a los criterios financieros, por lo que el **sistema de monitoreo avanzado** prima sobre los demás a pesar de ser el más costoso.

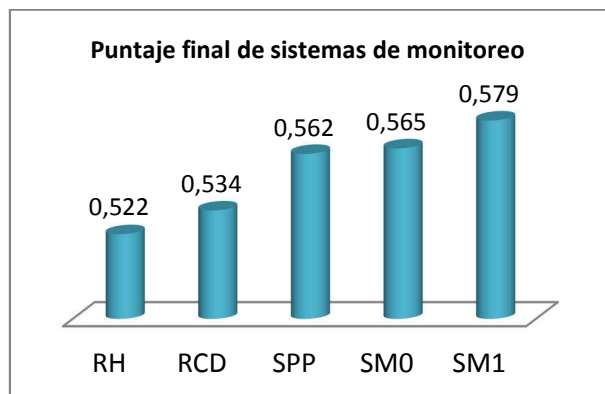
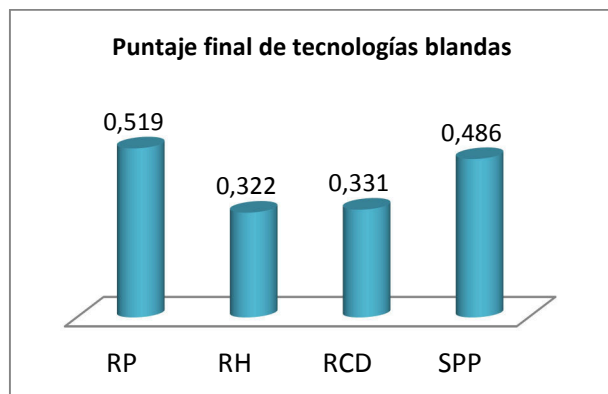
Tabla 17 – Pesos asignados por actores nacionales (Bogotá) y locales (San Andrés)

Criterio	NIVEL 1		Sub-criterio	NIVEL 2	
	Pesos San Andrés	Pesos Bogotá		Pesos San Andrés	Pesos Bogotá
Económico	15	18	Efectos en turismo	65	55
			Efectos en infraestructura de transporte	35	45
Financiero	10	14	Valor presente costos de inversión	40	50
			Valor presente costos de operación	60	50
Técnico	25	23	Cobertura	28	35
			Madurez tecnológica	35	35
			Reducción al grado de exposición	37	30
Social	20	23	Aceptabilidad social	30	35
			Calidad de vida	40	30
			Barreras legales e institucionales	30	35
Ambiental	30	23	Afectación a ecosistemas	60	70
			Potencial para reuso y reciclaje	40	30

La Figura 5 muestra los puntajes finales obtenidos para cada tecnología, tanto en la priorización local como en la nacional.



(a) Puntajes obtenidos en priorización local RP: Rellenos de Playa, RH: Restauración de Humedales, RCD: Recuperación - Construcción de Dunas, SPP: Sustento periódico de playas, SM: Sistema de Monitoreo



República de Colombia

(b) Puntajes obtenidos en priorización nacional RP: Rellenos de Playa, RH: Restauración de Humedales, RCD: Recuperación - Construcción de Dunas, SPP: Sustento periódico de playas, SM: Sistema de Monitoreo

Figura 5 – Distribución de calificación final de tecnologías para San Andrés

Al igual que para Cartagena, el **Sistema de Monitoreo Avanzado** obtiene un mayor puntaje debido a los beneficios ambientales y económicos de largo plazo, pues con el tiempo la información se hace más valiosa ya que a mayor información, mayor precisión en la predicción de eventos. Esto es consistente para los diferentes decisores y consistente con la intuición sobre este tipo de tecnología.

El **Sustento Periódico** y el **Relleno de Playa** resultaron con una calificación muy similar, a pesar de ser tecnologías costosas debido a los efectos en el largo plazo. Estas tecnologías obtienen un puntaje alto en los criterios técnicos debido a que las capacidades de construcción y operación en el país están más desarrolladas que para las demás tecnologías blandas. Durante el taller local, los actores expresaron la necesidad de implementar tecnologías que garanticen una continuidad en la solución, pues anteriormente se realizaron intervenciones costeras que, por mala implementación técnica o falta de mantenimiento, se deterioraron rápidamente. Esta misma situación demuestra la aceptación social.

Así mismo, en el taller nacional, la tecnología blanda priorizada fue el **Relleno de Playa**, pero de nuevo muy cercano al sustento periódico. A nivel nacional, el turismo tiene una gran importancia, y construir o regenerar totalmente una playa tiene un mayor efecto en éste sector económico. Sin embargo, debido a la erosión que presentan algunas playas de San Andrés y la experiencia con la falta de continuidad, las preferencias locales llevan a la selección del sustento periódico

Finalmente, se realizó una validación final de los resultados con los actores nacionales involucrados, quienes estuvieron de acuerdo con la metodología seguida y las tecnologías elegidas. La tecnología seleccionada de monitoreo fue el sistema de monitoreo avanzado; mientras que para las tecnologías blandas estaba entre el relleno de playa y el sustento periódico. La toma de decisión final sobre la tecnología blanda se analizó en función de aquella que presentó menores barreras a la difusión de las tecnologías. Estas conclusiones y validación se realizaron en conjunto con los resultados de Cartagena, en el Taller de Validación de Tecnologías Priorizadas, realizado el 27 de julio de 2012 en Bogotá y posteriormente, estos mismos resultados fueron presentados a los actores locales de Cartagena de Indias y San Andrés Isla al inicio del taller de identificación de barreras, en donde los actores estuvieron de acuerdo con los resultados.

Tabla 18 – Tecnologías seleccionadas en cada taller para cada región

Enfoque Tecnológico	Tecnología	Taller nacional Bogotá para Cartagena	Taller nacional Bogotá para San Andrés	Taller regional Cartagena	Taller regional San Andrés	Decisión final Cartagena	Decisión final San Andrés
Enfoque tecnológico de obras blandas	Relleno de playa (RP)	0.50	0.52	0.51	0.51	Relleno de playa	Relleno de playa
	Restauración de Humedales (RH)	0.32	0.32	0.31	0.33		
	Recuperación- Construcción de Dunas (RCD)	0.35	0.33	0.33	0.35		
	Sustento periódico de Playa (SPP)	0.51	0.49	0.51	0.52		
Enfoque tecnológico en sistemas de apoyo para la gestión de	Sistema de monitoreo Básico	0.57	0.52	0.61	0.47	Sistema Monitoreo Avanzado	Sistema Monitoreo Avanzado
	Sistema de monitoreo 1	0.58	0.53	0.62	0.48		
	Sistema de	0.61	0.56	0.65	0.52		

República de Colombia

la Costa	monitoreo 2				
	Sistema de monitoreo 3	0.61	0.57	0.65	0.53
	Sistema de monitoreo Avanzado	0.62	0.58	0.67	0.55

Capítulo 7. Conclusiones

El proceso de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas permite concluir que en el estudio se deben considerar los enfoques tecnológicos que permitan contrarrestar los efectos negativos del cambio climático en Colombia, lo que hace necesario conocer las amenazas reales a las que se enfrenta el país. Dado que no existe un estudio de amenaza a escala de detalle para la zona costera de Colombia, se sugiere construir uno con la mayor información disponible para evaluar y aclarar cuáles son las amenazas para Colombia en sus zonas costeras, tanto para la región Caribe como para la región Pacífico.

A pesar de que la metodología propuesta en el Manual para Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Cambio Climático (UNDP, 2010) está enfocado en la priorización de sectores y subsectores productivos del país, se observó en las discusiones realizadas en los diferentes talleres y en otros espacios externos, que para el caso de adaptación al cambio climático en Colombia la afectación de sectores está definida por la localización geográfica, pues algunas regiones de la costa son más vulnerables que otras, y por consiguiente, una determinada tecnología de adaptación tiene un impacto positivo o presenta con-beneficios diferentes según la zona donde esta se implemente. A raíz de esto se propuso entonces enfocar el estudio hacia la priorización de las áreas costeras más vulnerables.

Las 5 regiones mencionadas en el Capítulo 4 (Cartagena de Indias, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Golfo de Urabá, San Andrés de Tumaco y Distrito Especial de Buenaventura) fueron seleccionadas como las zonas costeras más vulnerables al cambio climático teniendo en cuenta diferentes factores:

- Las actividades económicas principales de cada área son de gran importancia en los diferentes planes de desarrollos nacionales y regionales. Las actividades portuarias, el turismo, la conservación de ecosistemas y biodiversidad son prioridades de desarrollo del país.
- Son presentadas en la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático como zonas de alta vulnerabilidad ante situaciones como aumento del nivel del mar.
- Cartagena se ve principalmente afectada por la erosión, puesto que el retroceso de la línea de playa está afectando la economía de la ciudad.
- El principal problema que se presenta en San Andrés es la afectación de los ecosistemas; especies amenazadas y los corales se han deteriorado en los últimos años.
- En el Golfo de Urabá la principal amenaza está relacionada con las inundaciones debido al aumento del nivel del mar y los riesgos que esto implica para la agricultura, siendo la principal actividad económica de la región.
- Las regiones de Buenaventura y Tumaco se ven amenazadas por el aumento del nivel del mar, además de estar en riesgo por otras amenazas no hidrometeorológicas como tsunamis y terremotos.

De los tres enfoques tecnológicos que se presentaron en el proyecto, las obras duras y las obras blandas, corresponden a tecnologías propuestas desde el manual TNA para la adaptación al cambio climático, y de las cuales la mayoría se utilizan en las zonas costeras del país aunque en algunos casos de una manera técnicamente errada. El tercer enfoque; sistemas para apoyo en la gestión de la costa en el cual se incluyen los sistemas de monitoreo, corresponde a una propuesta del equipo consultor del proyecto que busca satisfacer las necesidades de información en las zonas costeras del país para poder facilitar las propuestas de solución a los problemas que se puedan presentar en las zonas costeras.

Los resultados obtenidos, indican que las dos zonas costeras con mayor prioridad de implementar medidas de adaptación al cambio climático en el país son **Cartagena de Indias** y el **Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina**, teniendo en cuenta la afectación de factores económicos, sociales, ambientales y transversales. Igualmente, el enfoque tecnológico de adaptación que podría implementarse para contrarrestar efectos del cambio climático, pero sin afectar negativamente los factores mencionados. Se obtuvo como los más apropiados las **tecnologías blandas** y los **sistemas de monitoreo**.

Para **Cartagena de Indias** se obtuvo como tecnologías prioritarias el **Sustento Periódico de Playas** y el **Sistema de Monitoreo Avanzado (SM4)**, tanto en la priorización realizada con actores locales, como en la priorización realizada con actores nacionales. Esto evidencia que los intereses locales y nacionales en cuanto a desarrollo están acordes.

Igualmente, para la **Isla de San Andrés**, resultaron el **Sustento Periódico de Playa** y el **Sistema de Monitoreo Avanzado (SM4)** como las tecnologías seleccionadas en la priorización local, mientras que en la priorización con actores

República de Colombia

nacionales se obtuvo el **Relleno de Playa** en lugar del sustento periódico. Esta diferencia radica principalmente en qué los actores locales expresaron la importancia de plantear soluciones amigables con el ambiente en el largo plazo (decadal).

Sin embargo, es necesario aclarar que la diferencia fundamental entre la tecnología denominada **rellenos de playa** y la tecnología **sustento periódico de playa** es que en la primera se hace necesaria la construcción de obras de contención, mientras que la segunda no contempla este tipo de obras, por lo que los rellenos se deben hacer frecuentemente, es decir la diferencia radica en la vida útil y los costos, pero la tecnología consiste en las mismas actividades. Por tal razón se hablará en este documento de **rellenos de playa** que comprende las dos tecnologías.

La mayor satisfacción del grupo de trabajo ha sido la interacción con los diferentes actores involucrados en el proceso y poder construir espacios de discusión para tomar decisiones fundamentadas a partir de la enseñanza y el aprendizaje mutuo y de compartir experiencias particulares.

Parte II

Planes de Acción de las Tecnologías

Resumen ejecutivo

La ejecución de la segunda parte del proyecto de TNA corresponde al análisis de barreras en la transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas. El Centro UNEP RISOE de Energía, Clima y Desarrollo Sostenible ha dispuesto una guía metodológica para la identificación de barreras y medidas en los proyectos tecnológicos para el cambio climático, la cual se desarrolla sistemáticamente con la participación de las partes involucradas en el proceso. Partiendo de ésta guía, el equipo TNA desarrolló una metodología para la identificación de barreras y medidas que hace especial énfasis en el análisis de actores para cada una de las fases de desarrollo de la tecnología, definidas como: **concepción (C), diseño (D), implementación (I), y operación (O)**, las cuales fueron adaptadas del enfoque CDIO para el desarrollo de sistemas y productos en la ingeniería (Crawley, Malmqvist, Lucas, & Brodeur, 2011). En adelante serán nombradas como **fases CDIO**. La metodología empleada se fundamenta en tres partes principales:

- Identificación de actores involucrados en cada una de las fases de la tecnología;
- Identificación de barreras que obstaculizan la puesta en marcha de la tecnología y definición de medidas que se pueden tomar para sobrepasarlas;
- Elaboración del árbol de problemas para establecer relaciones de causalidad entre las barreras.

El análisis de actores involucrados en las fases CDIO de las dos tecnologías se logró a partir de dos talleres realizados el 24 y 27 de septiembre de 2012 con algunos actores de las ciudades de Cartagena y San Andrés respectivamente. Previamente, las mismas actividades desarrolladas en estos talleres fueron realizadas con actores a nivel nacional el 27 de Julio en la ciudad de Bogotá.

Debido a que los recursos contemplados para el proyecto global TNA eran limitados y no permitían realizar un acercamiento detallado a las zonas seleccionadas en la segunda fase, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible siendo consciente de la importancia del proyecto, adicionó recursos para proponer Planes de Acción de las Tecnologías en estos lugares (en zonas de detalle) y surgió como resultado el desarrollo del convenio interinstitucional celebrado con la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, titulado: *Propuesta de Planes de Acción de Tecnologías para dos zonas de detalle en Cartagena y San Andrés*. Cabe anotar que al estar en relación directa con las zonas de detalles, los Planes de Acción fueron desarrollados tal que se insertaran directamente dentro de los planes de desarrollo tanto de Cartagena como de San Andrés.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este documento es presentar los resultados de la ampliación en detalle de los esfuerzos realizados en el proyecto TNA que fue patrocinado por UNEP. Sin dichos recursos adicionales no se habrían logrado los talleres y las visitas técnicas llevadas a cabo con los principales actores involucrados en la toma de decisiones y en la cadena de mercado de las tecnologías seleccionadas.

Durante el taller, se pidió listar los posibles actores que tendrían presencia en alguna de las fases CDIO, teniendo en cuenta el nivel de influencia (alta, media, baja) y el de interés (a favor, indiferente o indeciso y en contra). Con el propósito de ser objetivos en la identificación del nivel de influencia de cada uno de los actores listados, los participantes en este ejercicio debían tener conocimiento de las funciones que cumplía cada actor involucrado en las diferentes fases de las tecnologías, y de acuerdo al poder de cada uno en la toma de decisiones relevantes o en la regulación de actividades para cada tecnología se definía su nivel de influencia.

Las barreras identificadas en cada fase se caracterizaron dentro de grupos de barreras, denominados como barreras económicas y financieras, técnicas, políticas, institucionales y sociales. Con estas barreras se propusieron dos árboles con la identificación de los problemas que se enfrentarán en cada uno de las tecnologías en el momento de su implementación.

Finalmente, se proponen los Planes de Acción Tecnológicos (TAP por sus siglas en inglés) para facilitar la difusión de las tecnologías dentro del país. Éste consta de tres líneas estratégicas para la implementación de las tecnologías de Rellenos de Playa y Sistemas de Monitoreo Avanzado en San Andrés Isla y Cartagena de Indias.

La primera línea se enmarca en la necesidad de realizar en el país, particularmente en Cartagena y San Andrés, estudios de amenaza y vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático a una escala local de detalle. La propuesta se basa en objetivos planteados en las políticas ya desarrolladas de carácter nacional y de carácter local (Cartagena y San Andrés), las cuales se presentan en el texto en forma de tablas, indicando objetivos y resultados esperados.

República de Colombia

La segunda línea busca generar un mecanismo de articulación entre políticas nacionales y locales y una sinergia entre instituciones de carácter nacional y regional con miras a facilitar el desarrollo de proyectos en las áreas priorizadas. En el caso de san Andrés se busca aplicar los requerimientos correctos en cuanto a estudios ambientales para un relleno de playa en la isla.

La tercera línea estratégica busca la generación de capacidades técnicas locales para ambas tecnologías, por medio de las políticas ya planteadas en Cartagena y San Andrés, las cuales van en miras de formación de masa crítica, desarrollo económico sostenible e innovación tecnológica de la región.

El MADS decidió llevar a un mayor detalle la evaluación de necesidades tecnológicas en busca de facilitar la implementación de proyectos en zonas específicas para ambas ciudades. Para lograrlo, con los recursos adicionales suministrados por el MADS se realizaron los talleres y visitas técnicas a algunas entidades gubernamentales en San Andrés y Cartagena en busca de información primaria, además de reuniones bilaterales que permitieron identificar zonas prioritarias para realizar las intervenciones en cada zona (Cartagena y Sn Andrés).

Finalmente, se proponen dos lugares de detalle para la implementación de la tecnología de rellenos de playa. Para San Andrés se busca viabilizar los esfuerzos realizados por la gobernación con estudios y diseños ya avanzados para realizar rellenos de playa en el norte de la isla, específicamente en Spratt Bight y en las playas del sector San Luis, mientras que para Cartagena se busca apoyar los estudios ya realizados por la alcaldía para un sector de la isla de Tierra Bomba.

Planes de Acción de las Tecnologías

INTRODUCCIÓN

La segunda parte del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para adaptación al cambio climático está orientada a la construcción del Plan de Acción de las Tecnologías seleccionadas (TAP por sus siglas en inglés), en las zonas de intervención definidas: Cartagena y San Andrés. Para tal propósito se deben identificar las barreras o dificultades que habría en el proceso de implementación de las tecnologías y las medidas a tomar para superarlas.

El Centro UNEP RISOE de Energía, Clima y Desarrollo Sostenible ha dispuesto una guía metodológica para la identificación de barreras y medidas en los proyectos tecnológicos para el cambio climático, la cual se desarrolla sistemáticamente con la participación de las partes involucradas en el proceso. Partiendo de ésta guía, el equipo TNA desarrolló una metodología para la identificación de barreras y medidas que hace especial énfasis en el análisis de actores para cada una de las fases de desarrollo de la tecnología, definidas como: **concepción (C), diseño (D), implementación (I), y operación (O)**, las cuales fueron adaptadas del enfoque CDIO para el desarrollo de sistemas y productos en la ingeniería (Crawley et al., 2011), en adelante serán nombradas como **fases CDIO**. La metodología empleada se fundamenta en tres partes principales:

- Identificación de actores involucrados en cada una de las fases de la tecnología;
- Identificación de barreras que obstaculizan la puesta en marcha de la tecnología y definición de medidas que se pueden tomar para sobrepasarlas;
- Elaboración del árbol de problemas para establecer relaciones de causalidad entre las barreras.

El documento está constituido por tres (3) capítulos, los cuales en conjunto corresponden al análisis de barreras en la transferencia y difusión de tecnologías priorizadas en la primera fase del proyecto TNA.

En el capítulo 1 se presentan la identificación de actores y decisores involucrados en cada una de las fases de desarrollo de las tecnologías, como resultado de talleres realizados en dos áreas priorizadas en Colombia (Cartagena de Indias y San Andrés Isla).

El capítulo 2 presenta una descripción generalizada de las tecnologías priorizadas (Rellenos de playa y Sistemas de monitoreo), seguido de un análisis amplio de las barreras para la transferencia y difusión de dichas tecnologías en Cartagena de Indias, cuya información está fundamentada en los resultados obtenidos de diferentes talleres realizados con actores y decisores locales de la zona antes mencionada e información secundaria consultada. Esta información se presenta de manera diferenciada para ambas tecnologías (Rellenos de playa y sistemas de monitoreo). En las secciones siguientes del capítulo 2 se presenta un análisis de los vínculos hallados entre las barreras identificadas, con las cuales se construyen los arboles problema para las tecnologías de rellenos de playa y sistemas de monitoreo en Cartagena. A partir de esta información se construye la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cual presenta el panorama del marco habilitante para superar cada una de las barreras.

Finalmente, el capítulo 3 presenta la misma estructura del capítulo 2 pero construido para la Isla de San Andrés, en el cual se presentan los objetivos preliminares de las tecnologías para la Isla, un análisis amplio de las barreras halladas en la transferencia y difusión de las tecnologías con las cuales se construye el árbol de problemas y finalmente una descripción del marco habilitante.

En el Anexo I. Factsheets de Tecnologías) y en el Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas) del presente documento se puede hallar las hojas técnicas de las tecnologías blandas y una descripción de las características de las tecnologías priorizadas en la primera parte del proyecto TNA, iniciando con los rellenos de playa y continuando con los sistemas de monitoreo, en el cual se describen sus componentes con un alto contenido técnico y científico. El Anexo III. Mapa de Mercado de las Tecnologías) presenta una descripción del mapa de mercado y la

República de Colombia

interacción de actores en cada una de las fases del proceso CDIO. El Anexo IV. Involucramiento de actores estratégicos) resume los talleres realizados durante el proceso. Finalmente, en el Anexo V. Lista de actores involucrados y contactos) se presenta una tabla que resume la información de los asistentes a dichos talleres.

Capítulo 1. Análisis de actores involucrados en Cartagena y San Andrés

El análisis de actores involucrados en las fases CDIO de las dos tecnologías se logró a partir de dos talleres realizados el 24 y 27 de septiembre de 2012 con algunos actores de las ciudades de Cartagena y San Andrés, respectivamente. El listado de asistentes se refiere en el Anexo V. Lista de actores involucrados y contactos. Debido a que los recursos contemplados para el proyecto global TNA no alcanzarían a cubrir el desarrollo de talleres adicionales en las localidades seleccionadas, durante el proceso de la segunda fase, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible siendo consciente de la importancia del proyecto, adicionó recursos para proponer Planes de Acción de las Tecnologías en Cartagena y San Andrés, por medio del convenio interinstitucional celebrado con la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, titulado: *Propuesta de Planes de Acción de Tecnologías para dos zonas de detalle en Cartagena y San Andrés*. Por tal motivo, los Planes de Acción fueron desarrollados de tal forma que se insertaran directamente dentro de los planes de desarrollo tanto de Cartagena como de San Andrés.

Cabe aclarar que sin dichos recursos adicionales no se habrían logrado los talleres y las visitas técnicas llevadas a cabo con los principales actores involucrados en la toma de decisiones y en la cadena de mercado de las tecnologías seleccionadas. Estos talleres se realizaron con el fin de obtener información de primera mano sobre los proyectos que se han desarrollado, las necesidades existentes y las posibles dificultades que podrían presentarse durante la puesta en marcha de las tecnologías en las zonas mencionadas.

Los talleres realizados localmente en Cartagena y San Andrés se hicieron teniendo como información base los resultados preliminares del taller de expertos del 24 de agosto en la ciudad de Medellín. Para su realización, se pidió listar los posibles actores que tendrían presencia en alguna de las fases CDIO, teniendo en cuenta el nivel de influencia (alta, media, baja) y el de interés (a favor, indiferente o indeciso y en contra). Con el propósito de ser objetivos en la identificación del nivel de influencia de cada uno de los actores listados, los participantes en este ejercicio debían tener conocimiento de las funciones que cumplía cada actor involucrado en las diferentes fases de las tecnologías, y de acuerdo al poder de cada uno en la toma de decisiones relevantes o en la regulación de actividades para cada tecnología se definía su nivel de influencia. Así por ejemplo en el caso de Cartagena, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo está a favor de las tecnologías de rellenos de playa y aparece con una influencia alta en las fases de concepción, diseño e implementación, debido a que puede demostrar la necesidad de la tecnología, proponer proyectos para promoverla y buscar recursos para implementarla, sin embargo, no tiene un alto poder de decisión en el momento de la operación y mantenimiento de la misma. De igual forma, se haría para cada uno de los actores identificados. Los resultados obtenidos se recopilan en la Tabla 19 y Tabla 20.

Tabla 19. Actores involucrados en las fases CDIO de las tecnologías en Cartagena

		Nivel de interés					
		A favor		Indiferente/indeciso		En contra	
		Actor	Fase	Actor	Fase	Actor	Fase
Nivel de influencia	Alta	MADS	C, D, I, O	DIAN (SM4)*	I	Veeduría ciudadana	I
		DIMAR	C, I	Ministerio de Hacienda	I		
		Entidades técnicas nacionales (INVEMAR, IDEAM, IGAC, Alexander von Humboldt)	C, D, O	Grupos sociales, comunidad	C, D, I		
		Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo y Desastres	C, D, O	Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	D		
		Agencias de Cooperación Internacional	C, D, I, O	DIMAR	D		
		Gobierno local	C, I, O	CAR	D, I		
		DNP	C, D, I, O	Parques Nacionales Naturales	D		
		Ministerio de Industria, Comercio y Turismo	C, D, I	Gobierno regional	C, I, O		
		Fondo Nacional de Adaptación	C, D, I, O	Ministerio de Cultura	C, D, I, O		
		Sector hotelero y turismo	C, I, O	Ministerio de Transporte y Agencia Nacional de Concesiones	D, I		
	Inversionistas nacionales	I	Secretaría de Planeación e Infraestructura	C, D, I, O			
	Empresas consultoras especializadas (SM4)**	C, D, I, O	Empresas de transporte marítimo (RP)	C, O			
	Banca mundial	I	Entes de control	I, O			
	Media	Desarrolladores, vendedores y operarios de tecnología	I, O	DIAN (RP)*	I	ONG's ambientales	C, I
		Instituciones educativas, científicas y de investigación	C, D	Sociedades portuarias	O		
		ONG's sociales	C, I	Agencia Nacional Minera (RP)*	I, O		
		Agencia Presidencial para la Cooperación Internacional (SM4)	I	ANDI	I, O		
		Cámara de comercio	I, O	Autoridades pesqueras	I, O		
		INCODER	C, I				
Baja	Empresas de transporte marítimo (SM4)**	C, O	Autoridad ambiental urbana-EPA (Establecimiento Público Ambiental)	C, D, I, O			
	Empresas de transporte terrestre (SM4)**	C, O					
	Ministerio de Industria, Comercio y Turismo	O					
	Ministerios	C					
	Colciencias	C					
Nodo de cambio climático	C, D, I, O						

*RP: Aplica específicamente en los rellenos de playa

**SM4: Aplica específicamente en los sistemas de monitoreo

Tabla 20. Actores involucrados en las fases CDIO de las tecnologías en San Andrés

		Nivel de interés					
Nivel de influencia		A favor		Indiferente/indeciso		En contra	
		Actor	Fase	Actor	Fase	Actor	Fase
		Alta	MADS	C, D, I, O	DIAN (RP)*	I	Minorías raizales
	DIMAR	C, I	Ministerio de hacienda	I			
	Entidades técnicas nacionales (INVEMAR, IDEAM, IGAC, Alexander von Humboldt)	C, D, O	Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	I			
	Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres	C, D, O	DIMAR	D			
	Agencias de Cooperación Internacional	C, D, I, O	CAR	D, I			
	Gobierno local	C, I, O	OCCRE	I, O			
	Fondo Nacional De Adaptación	C, D, I, O	Comunidades locales	C, I			
	Sector hotelero y turismo	C, I, O	Minorías raizales	C, I			
	Inversionistas nacionales	I	Asociación de ingenieros y arquitectos de San Andrés	D			
	INVIAS	C, I, O	MADS	I			
	Consultores del estado	C, O	DNP	I			
			Consultores del Estado	I			
Media	Desarrolladores, vendedores y operarios de tecnología	I, O	DIAN (SM4)	I	ONG's ambientales	C, I	
	Instituciones educativas, científicas y de investigación	C, D	Sociedades portuarias	O			
	ONG's sociales	C, I	Empresas de transporte marítimo (RP)*	C, O			
	Agencia Presidencial para la Cooperación (SM4)**	I	ONG's ambientales en San Andrés	I, O			
	Fuerza pública	I, O					
	Empresas consultoras especializadas (SM4)**	C, D, I, O					
Baja	Empresas de transporte terrestre (SM4)**	C, O	DIAN	I			
	Sociedad portuaria	O	Empresas de transporte marítimo (SM4)**	C, O			
	Cámara de comercio	I, O					
	Ministerios, excepto el de Hacienda	C					
	Colciencias	C					
	Nodo de cambio climático	C, D, I, O					

*RP: Aplica específicamente en los rellenos de playa

** SM4: Aplica específicamente en los sistemas de monitoreo

República de Colombia

Se esperaba que el proyecto TNA se llevara a cabo por medio de un proceso participativo y concertado entre las diferentes partes involucradas, por lo tanto, se buscó tener en cuenta entidades públicas y privadas y sectores poblacionales que tienen alguna injerencia en la problemática abordada para las zonas seleccionadas. A este proceso se le conoce como mapeo de actores.

El propósito que se persigue con el mapeo de actores es lograr acercar el mayor número posible de involucrados, establecer su papel en las fases de las tecnologías y posibilitar su participación activa en las etapas de identificación de barreras para la implementación de las tecnologías. A partir de esto se establecen medidas a tomar y se sugieren los responsables que podrían llevarlas a cabo.

Si bien existen algunos actores que fueron identificados como opositores a la implementación de las tecnologías en la ciudad de Cartagena, específicamente las ONG's ambientales y la veeduría ciudadana, existen otros actores que podrían en un momento determinado oponerse a la implementación y ejecución de las tecnologías priorizadas para el cambio climático, los cuales se encuentran ubicados en la posición *indiferente/indeciso*. En la mayoría de los casos dicha posición está relacionada directamente con los resultados que obtengan sobre las evaluaciones de impacto. En otros casos, su incidencia sobre las fases del ciclo de vida de las tecnologías está determinada por el entorno habilitante requerido para que éstas puedan ser implementadas y cumplan con los objetivos de adaptar las zonas seleccionadas para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático.

En términos generales, la respuesta de los actores relevantes en las diferentes fases de tránsito de las tecnologías priorizadas, es de apoyo en las decisiones necesarias para que el sistema pueda llegar a ejecutarse.

Talleres realizados dentro del proceso con los diferentes actores

Dentro del proceso de evaluación de necesidades tecnológicas se llevaron a cabo una serie de talleres que involucraron a actores de importantes entidades a nivel nacional y local. La Tabla 21 muestra un resumen generalizado con los objetivos y los resultados más relevantes obtenidos en los talleres realizados en esta segunda parte.

Tabla 21. Resumen de talleres realizados durante la segunda fase del TNA

Taller	Asistentes	Fecha y lugar	Objetivos	Resultados
Taller de validación de tecnologías priorizadas e identificación preliminar de barreras y análisis de cadena de mercado de las tecnologías	14	Julio 27 de 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados del Proyecto TNA a los actores nacionales. - Validar los resultados. - Realizar un primer acercamiento al análisis de barreras de las tecnologías priorizadas y su cadena de mercado. - Involucrar nuevos actores para la segunda etapa del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobación de resultados de la primera etapa del TNA por parte de actores nacionales. - Establecimiento de relaciones con nuevos actores. - Primer acercamiento a la identificación de barreras para las tecnologías de adaptación. - Listado preliminar de actores involucrados en la cadena de mercado de las tecnologías priorizadas.
Taller con expertos en las tecnologías priorizadas, para identificación de actores, barreras y medidas	8	Agosto 24 de 2012, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los actores involucrados en el ciclo de vida de las tecnologías priorizadas, así como sus niveles de influencia y su interés en los objetivos de implementación de las tecnologías seleccionadas. - Identificación preliminar de las barreras a la implementación de las tecnologías priorizadas. - Análisis de las relaciones de causalidad existentes entre las barreras: construcción preliminar de los árboles de problema para cada una de las tecnologías priorizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación preliminar de actores en matriz de análisis, de acuerdo a su nivel de influencia e interés en el objetivo para cada una de las fases por las cuales transitan las tecnologías priorizadas. - Listado preliminar de las barreras a la implementación para cada una de las tecnologías priorizadas. - Construcción preliminar de los árboles de problemas para cada una de las tecnologías priorizadas.
Taller local de identificación de actores, barreras y medidas (Cartagena)	13	Septiembre 24 de 2012, Hotel Bahía, Cartagena de Indias, Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados de la priorización de las tecnologías para adaptación al cambio climático. - Discutir y conciliar la matriz de actores previamente elaborada por expertos en las tecnologías priorizadas, elaborar versión final para Cartagena de la matriz de actores. - Identificación de las barreras presentes en el ciclo de vida 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de la versión final de la matriz de actores para Cartagena. - Listado general de barreras para cada una de las tecnologías priorizadas, en cada una de las fases del ciclo de vida de las tecnologías. - Listado de las medidas propuestas para superar las barreras identificadas para cada una de las fases de las tecnologías priorizadas, CDIO. Así mismo, de los

			<p>de las tecnologías, CDIO, para Cartagena.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de las medidas necesarias a implementar, para superar las barreras, así mismo de los actores involucrados directamente en el proceso de implementación de las medidas. 	<p>agentes que deben tomar el liderazgo para implementar las medidas.</p>
<p>Taller local de identificación de actores, barreras y medidas (San Andrés y Providencia)</p>	<p>15</p>	<p>Septiembre 27 de 2012, Universidad Nacional de Colombia-Sede Caribe, San Andrés, Colombia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados de la priorización de las tecnologías para adaptación al cambio climático. - Discutir y conciliar la matriz de actores previamente elaborada por expertos en las tecnologías priorizadas, elaborar versión final para San Andrés, de la matriz de actores. - Identificación de las barreras presentes en el ciclo de vida de las tecnologías, CDIO, para San Andrés. - Identificación de las medidas necesarias a implementar, para superar las barreras, así mismo de los actores involucrados directamente en el proceso de implementación de las medidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de la versión final de la matriz de actores para Cartagena. - Listado general de barreras para cada una de las tecnologías priorizadas, en cada una de las fases del ciclo de vida de las tecnologías. - Listado de las medidas propuestas para superar las barreras identificadas para cada una de las fases de las tecnologías priorizadas, CDIO. Así mismo, de los agentes que deben tomar el liderazgo para implementar las medidas.

Capítulo 2. Identificación de barreras y medidas para la puesta en marcha de las tecnologías en Cartagena

2.1 Objetivos preliminares para la transferencia y difusión de las tecnologías

En la Parte I del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para adaptación al cambio climático se mencionó que en materia de adaptación hay dos factores importantes a analizar: la vulnerabilidad de las zonas costeras del país ante los efectos del cambio climático y los tipos de tecnologías que pueden ser adoptados en dichas zonas.

De la misma forma, se mencionó que Colombia, al tener territorios costeros en el Océano Pacífico y en el Mar Caribe, presenta un alto nivel de exposición, vulnerabilidad y amenaza ante efectos de cambio climático y eventos extremos relacionados con la interacción atmósfera-océano-tierra. En cuanto a las amenazas del cambio climático, en Colombia no existe aún un estudio detallado y exhaustivo. Por su parte, los relacionados con el componente de vulnerabilidad alcanzan un nivel de detalle mayor al nivel presentado en los estudios de exposición. Siendo así, aún no es suficiente lograr determinar con certeza cuál es el grado de exposición de estas zonas a los efectos del cambio climático.

A pesar de lo anterior, se cuenta con información a escala mundial acerca de escenarios futuros previsibles a nivel general, los cuales hablan de *“cambios regionales y mundiales de la temperatura, de la precipitación y de otras variables climáticas, dando origen así a cambios en la humedad del suelo a escala mundial, a un aumento del nivel medio del mar, y a las perspectivas de unos valores más extremos de altas temperaturas, de crecidas y, en algunos lugares, de sequías. Basándose en las distintas sensibilidades del clima a los efectos del cambio climático, de las concentraciones de gases efecto invernadero y aerosoles. Las proyecciones de los modelos climáticos predicen un aumento de la temperatura media anual en la superficie del planeta de 1-3,5°C para el año 2100, un incremento medio mundial del nivel del mar de entre 15 y 95 cm, y un cambio en las pautas espacial y temporal de las precipitaciones”* (Watson, Zinyowera, Moss, & Dokken, 1997).

Adicionalmente y de forma específica, según estudios científicos preliminares, existen altas probabilidades de que en el Pacífico Colombiano ocurran eventos extremos que den lugar a situaciones de emergencia y se pierdan cantidades considerables de tierra debido al inminente ascenso del nivel del mar por causa de los efectos del cambio climático. En el estudio de *Dinámicas, tendencias y variabilidad climática* elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (2011), se muestra que Colombia presenta una tendencia acelerada en el aumento del nivel del mar y un ligero aumento en las alturas de ola que puede llegar en algunos puntos al orden de 0,5 cm/año, lo que sería trágico para las zonas costeras del país puesto que se encuentran en proceso de deterioro continuo.

Según el estudio recogido en el documento *Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias* (INVEMAR, MADS, Alcaldía de Medellín & CDKN, 2012), como primer insumo del Plan de Adaptación al Cambio Climático de Cartagena, actualmente en discusión y construcción, en términos poblacionales aproximadamente el 55% de personas ubicadas en el litoral Caribe estará expuesto a efectos directos de la inundación marina. Los impactos sobre Cartagena estimados por el IDEAM en el año 2012 y recogidos en el estudio anteriormente citado, indican que el ascenso del nivel del mar generará: erosión costera y retroceso de las playas, daños en la Vía al mar, afectaciones al Centro Histórico, cambios en la dinámica del sistema de humedales costeros e intrusión marina en el Canal del Dique.

República de Colombia

Las metodologías de priorización de tecnologías esbozadas en la primera parte del Informe de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la adaptación al aumento del nivel del mar, arrojaron como resultado que los rellenos de playa y los sistemas de monitoreo avanzado se perfilan como opciones para adaptarse a los impactos del cambio climático en las zonas costeras. El objetivo de estas tecnologías es reducir la vulnerabilidad y los efectos de las inundaciones que son ocasionados por oleaje, mareas y eventos asociados a huracanes y frentes fríos.

Con este panorama, la transferencia de tecnologías debe estar fundamentada en los siguientes objetivos:

- Generar capacidades internas en el país para un desarrollo completo de las tecnologías. Dichas capacidades deben implementarse a nivel institucional en orden nacional y local, donde se logre comprender la importancia de cada una de las tecnologías y su efectividad en el componente de adaptación.
- Aprender de las experiencias mundiales el uso de las tecnologías, lo que permitirá entender su funcionamiento y la mejor forma de adoptarlas en el país, partiendo de ejemplos exitosos.
- Evaluar el conocimiento científico local y utilizarlo como insumo principal para entender el entorno que será intervenido con las tecnologías.

2.2 Objetivos preliminares de las tecnologías

La preparación oportuna de las zonas costeras que están en un proceso erosivo de gran magnitud permitiría reducir el riesgo de sufrir inundaciones y pérdida de tierras. Es por esto que las tecnologías buscan proteger los recursos naturales y las vidas humanas reduciendo la vulnerabilidad de las zonas ante una amenaza inevitable como es el ascenso del nivel del mar o el aumento en la intensidad de oleajes extremos. La implementación de las tecnologías de relleno de playa y sistemas de monitoreo avanzado en las ciudades de Cartagena y San Andrés, apunta a los siguientes objetivos:

2.2.1 Rellenos de playa

En la primera parte del informe TNA, en donde se trabajaron las metodologías para priorizar las necesidades tecnológicas para adaptación al cambio climático en las zonas marino-costeras de Colombia (Ver Capítulo 3, sección 3.2 Parte I) se presentó un esquema general de la metodología para realizar la evaluación de dichas necesidades, la cual propuso priorizar las zonas según criterios de vulnerabilidad para aplicar las tecnologías de rellenos de playa como una medida de adaptación bajo un enfoque tecnológico de obras blandas. De la misma forma en el Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas) se presentó un resumen técnico generalizado de cómo realizar una regeneración de playa.

El objetivo principal de un relleno de playa es recomponer o recuperar las condiciones costeras morfológicas originales sin alterar la dinámica (olas y corrientes litorales) de la zona en la que se implementa, manteniendo el equilibrio entre dichas formas. En Estados Unidos de América, es el método preferido de protección de costas y recuperación de playas (Campbell & Benedet, 2006) y ha sido ampliamente utilizado en toda Europa (Hamm et al., 2002; Hanson et al., 2002). En la costa sur de Portugal, los rellenos de playa han demostrado ser mucho más efectivos para defender acantilados que la utilización de espolones y diques (Cruz de Oliveira, Catalão, Ferreira, & Alveirinho Dias, 2008).

Cabe aclarar que el éxito de la tecnología implica tener un entendimiento de los procesos costeros actuales y anteriores que ocasionaron la pérdida de las playas, lo cual está ligado a estudios rigurosos que involucran diseños ingenieriles y modelaciones numéricas en los puntos de aplicación.

2.2.2 Sistemas de monitoreo avanzado

En términos de cambio climático, la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos ante el cambio climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos

República de Colombia

extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, así como de su sensibilidad y capacidad adaptativa (Observatorio de Cambio Climático de Yucatán, 2012).

Estas condiciones de vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático se pueden reducir con el uso de sistemas de monitoreo, los cuales permiten conocer el comportamiento histórico de la atmósfera, del mar, de los ríos y de todos aquellos fenómenos naturales que pueden ejercer acciones sobre la población humana, la infraestructura y los ecosistemas, además de ser una fuente constante de información útil para la investigación, la innovación y el desarrollo.

Los sistemas de monitoreo apuntan a varios objetivos: en primer lugar permiten informar oportunamente a los entes encargados, la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo mediante monitoreo en tiempo real; un ejemplo de ello es el Sistema de Alerta Temprana de Medellín – SIATA (www.siata.gov.co). Éste es un proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Alcaldía de Medellín, en cabeza del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo –DAGRED-, Empresas Públicas de Medellín –EPM e ISAGEN, y se constituye como una de las principales estrategias de gestión de riesgo con las que cuenta el DAGRED y los Comités Locales de Atención y Prevención de Desastres –CLOPAD- de los diferentes municipios de la región, siendo parte importante de la estrategia de prevención del Sistema Municipal para la Prevención y Atención de Desastres –SIMPAD-.

En segundo lugar, estos sistemas apoyan la toma de decisiones en prevención y mitigación, y posibilitan la optimización de la inversión y del ordenamiento territorial de zonas de riesgos mitigables a partir de los datos recolectados a largo plazo por los equipos de monitoreo. En tercer lugar, permiten activar planes de contingencia en las ciudades, necesarios durante la materialización de la amenaza orientados a un plan de respaldo (antes), un plan de emergencia (durante) y un plan de recuperación (después) en la zona afectada.

De la misma forma que para los rellenos de playa, en la Parte I del informe TNA, en el Anexo I. Factsheets de Tecnologías), se presenta una tabla con la ficha técnica resumen del sistema de monitoreo avanzado. Así mismo, en el Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas) se presenta su descripción técnica y en el Anexo III. Mapa de Mercado de las Tecnologías) se presenta el mapa de mercado asociado a las tecnologías de sistemas de monitoreo con las relaciones entre los actores que pueden intervenir en el proceso de construcción de un sistema como éste.

2.3 Análisis de barreras para la difusión y transferencia de las tecnologías

Las barreras se definen como *“aquellas razones por las cuales un objetivo es afectado adversamente”* (Boldt, Nygaard, Hansen, & Trærup, 2012). Éstas hacen referencia a dificultades o impedimentos que se pueden presentar durante la puesta en marcha de la tecnología.

La característica esencial de éstas tecnologías es que se trata de bienes de provisión pública, definidos como *“categoría de tecnologías que se caracterizan por grandes inversiones, propiedad pública en general y producción de bienes y servicios (gratuitos y pagados) disponibles para el público o para un grupo amplio de personas”* (Boldt et al., 2012). A continuación se presentan las barreras para las tecnologías (Rellenos de playa y Sistemas de monitoreo avanzado) a implementar en la ciudad de Cartagena, obtenidas a partir del taller llevado a cabo en la misma ciudad el 24 de septiembre de 2012.

2.3.1 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los rellenos de playa

Tal como se ha plasmado en el documento sobre *Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias* (INVEMAR et al., 2012), *“la adaptación al cambio climático es una decisión política que requiere de estrategias de*

República de Colombia

articulación a nivel sectorial y en los ámbitos nacional y distrital, con el fin de generar una gestión compartida y coordinada, y la información pertinente y oportuna para una adecuada toma de decisiones que permita contrarrestar de manera efectiva y oportuna sus efectos". En este sentido, la tecnología de rellenos de playa ha sido priorizada en Cartagena como parte de las estrategias nacionales, regionales y locales para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático en las zonas marino-costeras. A nivel local, se tiene como primer insumo del plan de adaptación al cambio climático, actualmente en construcción, los *Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias* (INVEMAR et al., 2012). Este reporte indica que la vulnerabilidad de Cartagena ante el cambio climático está relacionada con los impactos que tendrá sobre la ciudad el *Aumento en el Nivel del Mar (ANM)*, *manifiestos en el riesgo mayor por inundaciones, incremento en la temperatura y mayor frecuencia de eventos extremos, con alta incidencia de huracanes y lluvias intensas.*

En este sentido y dada la priorización de la tecnología de rellenos de playas como parte de dicha estrategia, en la Tabla 22 se reportan las barreras económicas y financieras presentes en el ciclo de vida de la tecnología, identificadas por los actores asistentes a los talleres y, las cuales están relacionadas con problemas de oferta de suministros, maquinaria y con dificultades de tipo financiero por gestión y disponibilidad de recursos. Además de las doce barreras de corte económico y financiero, se identificaron barreras de carácter técnico, político y social.

Tabla 22. Barreras identificadas para difusión de los rellenos de playa en Cartagena

CARTAGENA			
Barreras Económicas y Financieras	Barreras Políticas	Barreras Técnicas	Barreras Sociales
B1. Acceso insuficiente a recursos financieros	B13. Marco normativo incipiente para la gestión de las zonas costeras	B15. Poca disponibilidad de espacio para las obras	B20. Complejidades en la inclusión de las comunidades
B2. Alta competencia por los recursos	B14. Inexistencia de la reglamentación de playas	B16. Débil capacidad de las instituciones ambientales para aprobación de licencias y permisos ambientales (procedimientos complejos)	B22. Posibles asentamientos poblacionales que se verán afectados en el momento de ejecución de la obra
B3. Poca inversión potencial para la financiación en las fases previas a la implementación	B24. Poca articulación institucional	B17. Falta de conocimiento o dificultades de acceso a datos para la evaluación de elementos de las tecnologías asociadas al clima (requerimientos de datos para la implementación)	B23. Posibles impactos negativos sobre el recurso pesquero y otros recursos naturales
B4. Falta de información de mercado o complicaciones para ser obtenida	B26. Falta de continuidad en las políticas	B18. Pocos consultores especializados en el diseño y operación de la tecnología	B25. Posibles dificultades en la aceptación social de tecnologías blandas
B5. Baja disponibilidad de la tecnología (maquinaria) en el mercado		B19. Cambios climáticos complejos que afecten la construcción de las obras	B27. Recurso humano poco calificado para la operación de las tecnologías
B6. Pocos oferentes de las materias primas necesarias para la ejecución de las obras (alto poder de mercado)		B21. Complejidades técnicas en el transporte de sedimentos	B28. Control y vigilancia incipientes
B7. Políticas arancelarias que podrían desestimular el ingreso de las tecnologías o elevar los costos			
B8. Afectación parcial del turismo, especialmente en la fase de construcción de la obra			
B9. Alto costo de la maquinaria			
B10. Altos costos de transporte de sedimentos y materia prima			
B11. Incremento en los costos de ejecución de la obra por comportamientos atípicos en el clima			
B12. Baja disponibilidad del recurso natural para el sustento de playas			

2.3.2 Vínculos entre las barreras identificadas

En la Figura 6j **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el árbol de problemas¹ de las barreras identificadas para la tecnología de rellenos de playa en Cartagena. En éste se muestran los vínculos que hay entre las barreras, los cuales han sido definidos a partir de relaciones de causalidad, así por ejemplo, la baja disponibilidad de la maquinaria en el mercado y las políticas arancelarias que impiden su ingreso pueden generar altos costos de la maquinaria.

Determinar las relaciones de causalidad permite identificar barreras raíces que originan otras, así, las medidas orientadas a solucionarlas permiten que otra serie de dificultades sean disminuidas. De otro lado, el árbol de problemas visibiliza las relaciones existentes entre las barreras que pertenecen a una determinada categoría. A continuación se amplían las relaciones de causalidad entre las barreras.

- **Barreras económicas:** baja disponibilidad en el mercado interno de maquinaria o equipos necesarios para la ejecución de las obras de relleno de playa y las políticas arancelarias que dificultan el ingreso de los equipos al país pueden generar sobrecostos en la inversión, barreras que se deben superar para cumplir con los objetivos de adaptación al cambio climático.
- **Barreras técnicas:** referentes a la obtención de la materia prima necesaria, generadas principalmente por la baja disponibilidad del recurso natural para el relleno de la playa debido a las dificultades que supone encontrar material de calidad (o sustitutos cercanos a éste) que no afecten el perfil del suelo de las playas ni el ecosistema marino relacionado. La baja disponibilidad del recurso natural provoca a su vez una barrera técnico-económica asociada al reducido número de oferentes de la materia prima, lo cual incide en el costo de los insumos e incrementa los costos del proyecto. Ahora bien, las complejidades técnicas en el transporte de esas materias primas o sedimentos que generan altos costos también son un factor adicional de posible incremento en el valor del proyecto. Todos estos elementos descritos configuran el grueso de las barreras técnico-económicas a las cuales puede enfrentarse el proyecto de rellenos de playa en Cartagena durante su ciclo de vida.
- **Barreras sociales:** relacionadas principalmente con los efectos sobre las comunidades aledañas al área de intervención de la obra, las cuales pueden verse afectadas por la ocupación del espacio público, la intervención de las playas y el impacto sobre el turismo y los ingresos esperados.
- **Barreras financieras:** las barreras contenidas en esta categoría conllevan a un acceso insuficiente de los recursos financieros requeridos para invertir en el proyecto de relleno de playa en Cartagena. Tal como se observa en la **Figura 66**, la poca inversión potencial para la realización de los estudios de factibilidad requeridos en la fase de concepción y para la definición del esquema básico del proyecto, así como la falta de recursos financieros para definir el alcance del mismo, unidos con elementos como la alta competencia por recursos en el país, la poca priorización que aún se tiene de la problemática del cambio climático y la alta concentración de recursos en el Gobierno Nacional (centralización), generan todos ellos en conjunto dificultades de acceso a recursos financieros.
- **Barreras capital humano:** las barreras que hacen parte de esta categoría están relacionadas con la poca experticia del recurso humano en el país para el diseño y la operación de algunos componentes necesarios dentro de estas fases en la tecnología de relleno de playa. Adicionalmente, la ausencia de alianzas estratégicas

¹ El árbol de problemas es una técnica que facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. Para efectos de este informe, sólo se consideran las causas que originan el problema.

República de Colombia

público-privadas con entidades nacionales e internacionales, que potencialicen la transferencia tecnológica y de conocimientos hacia el país en general y las regiones en particular.

- **Barreras institucionales:** la poca articulación institucional en el país es quizás la barrera más significativa que se presenta para la aplicación de esta tecnología en el país. La inexistencia de reglamentación de playas, las normas no actualizadas o descontextualizadas, la falta de continuidad en las políticas públicas por la temporalidad de los gobernantes, la poca coherencia entre los instrumentos de planificación y la débil capacidad de las instituciones ambientales para definir procesos sencillos para la aprobación de licencias y permisos, configuran los elementos institucionales que se interponen a la ejecución de la tecnología de rellenos de playa en el país.
- **Barreras de información y mercado:** relacionadas con las dificultades para identificar y entender la cadena de mercado asociada a la tecnología de rellenos de playa. Éste obstáculo es generado por la poca o deficiente gestión de la información en el país. No existe un ente que centralice datos e información en esta materia y que canalice las necesidades para la elaboración de políticas públicas en el país en materia de cambio climático. Las alianzas estratégicas para la difusión de la información si bien no son inexistentes sí son débiles, lo cual suma una presión de costo en el sistema.

Figura 6. Árbol de problemas para la tecnología de rellenos de playa en Cartagena



2.3.3 Soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los rellenos de playa en Cartagena

La Tabla 23 refiere las barreras a considerar en las fases CDIO de la tecnología y describe las medidas que se pueden llevar a cabo según lo sugerido por los actores que participaron en el taller del 24 de septiembre en Cartagena. Este taller fue posible llevarlo a cabo gracias a la inversión adicional del gobierno en el proyecto TNA, cuyo objetivo fue llevar a un nivel detallado la evaluación de necesidades para la formulación de planes de acción tecnológica dándole un valor agregado al trabajo realizado en Colombia.

Tabla 23. Medidas para superar las barreras de los rellenos de playa

Cartagena	
Barrera	Medida
B1. Acceso insuficiente a recursos financieros	Acciones a implementar lideradas por un ente nacional. Eliminación de trabas interpuestas por las entidades administradoras. Fondos y políticas gubernamentales para la adaptación al cambio climático
B2. Alta competencia por los recursos	Priorización de proyectos con evaluaciones exhaustivas
B3. Poca inversión potencial para la financiación en las fases previas a la implementación	Fondos de inversión enfocados en la fase de concepción Mecanismos de seguimiento para los fondos de inversión
B4. Falta de información de mercado o complicaciones para ser obtenida	Gestionar información a nivel nacional e internacional con bases de datos de proveedores y precios
B5. Baja disponibilidad de la tecnología (maquinaria) en el mercado	Disminución de barreras arancelarias por parte del gobierno nacional y apertura del mercado
B6. Pocos oferentes de las materias primas necesarias para la ejecución de las obras (alto poder de mercado)	Análisis exhaustivo de la cadena de mercado Análisis detallado de la calidad de la materia prima requerida
B7. Políticas arancelarias que podrían desestimular el ingreso de las tecnologías o elevar los costos	Disminución de aranceles para la maquinaria por parte del gobierno Política nacional clara para la transferencia de bienes de capital y tecnología para adaptación al cambio climático
B8. Afectación parcial del turismo, especialmente en la fase de construcción de la obra	Realización de un cronograma para ejecución de la obra en temporadas de turismo bajo
B9. Alto costo de la maquinaria	Análisis de la cadena de mercado e identificación de proveedores potenciales
B10. Altos costos de transporte de sedimentos y materia prima	Estudio de proveedores y evaluación de los menores costos
B11. Incremento en los costos de ejecución de la obra por comportamientos atípicos en el clima	Planificación del cronograma de actividades que considere la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y climáticos
B12. Baja disponibilidad del recurso natural para el sustento de playas	Estudio detallado de fuentes potenciales del material y sus proveedores
B13. Marco normativo incipiente para la gestión de las zonas costeras	Definir un marco normativo para estrategias de adaptación al cambio climático
B14. Inexistencia de la reglamentación de playas	Formular reglamentación para el manejo de playas en el país
B15. Poca disponibilidad de espacio para las obras	Mejorar la gestión del espacio público
B16. Débil capacidad de las instituciones ambientales para aprobación de licencias y permisos ambientales (procedimientos complejos)	Se sugiere que la autoridad ambiental evalúe los requisitos solicitados y elimine aquellos que pudieran ser innecesarios
B17. Falta de conocimiento o dificultades de acceso a datos para la evaluación de elementos de las tecnologías asociadas al clima (requerimientos de datos para la implementación)	Creación de una red entre las entidades que manejan la información

República de Colombia

B18. Pocos consultores especializados en el diseño y operación de la tecnología	Capacitación de profesionales a través de convenios con instituciones de educación superior
B19. Cambios climáticos complejos que afecten la construcción de las obras	Realizar cronogramas acordes con los pronósticos del tiempo
B20. Complejidades en la inclusión de las comunidades	Fomentar la participación activa de las comunidades e informarles sobre la importancia y los efectos de las obras
B21. Complejidades técnicas en el transporte de sedimentos	
B22. Posibles asentamientos poblacionales que se verán afectados en el momento de ejecución de la obra	Fomentar la participación activa de las comunidades e informarles sobre la importancia y los efectos de las obras
B23. Posibles impactos negativos sobre el recurso pesquero y otros recursos naturales	Reubicar los pescadores en zonas alternativas de pesca
B24. Poca articulación institucional	Establecer un arreglo institucional para coordinar las actividades de todo el ciclo de vida de la tecnología, especialmente la fase de operación
B25. Posibles dificultades en la aceptación social de tecnologías blandas	Fomentar la participación activa de las comunidades e informarles sobre la importancia y los efectos de las obras
B26. Falta de continuidad en las políticas	Crear una política encaminada a garantizar las actividades de gestión para adaptación al cambio climático
B27. Recurso humano poco calificado para la operación de las tecnologías	Capacitación de profesionales a través de convenios con instituciones de educación superior
B28. Control y vigilancia incipientes	Diseñar un esquema de fiscalización por parte de la autoridad ambiental

2.3.4 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo

La segunda tecnología priorizada para Cartagena es la de sistemas de monitoreo avanzado. De igual modo que para los rellenos de playa, se referencian en la Tabla 24 las barreras económicas y financieras, técnicas, institucionales y sociales.

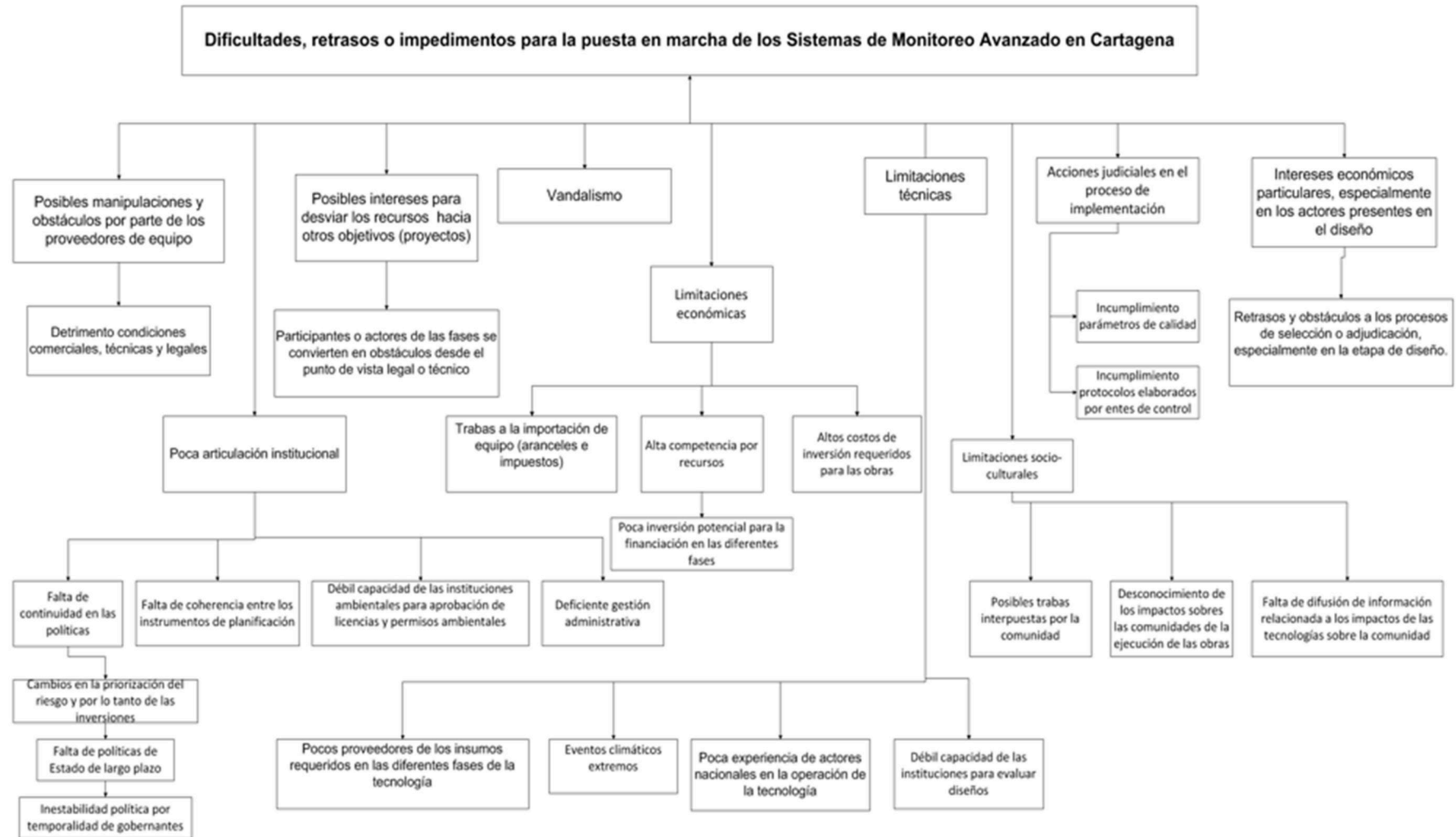
Respecto a la tecnología del sistema de monitoreo avanzado, en la Figura 7 se ilustra el árbol de problemas que recoge los vínculos causales entre las barreras identificadas como parte del análisis conjunto de los expertos en las tecnologías, y los actores invitados a los talleres. Las categorías que se perciben en el árbol de problemas son las siguientes:

- **Barreras técnicas:** las limitaciones técnicas que pueden presentarse en el país para la implementación de la tecnología de monitoreo avanzado como estrategia de política nacional para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático empiezan con los obstáculos para reunir información de series de datos necesarias para diseñar, implementar y operar el sistema, hasta la débil capacidad del capital humano para cumplir con esas labores. Estos obstáculos se unen con factores de índole económico que también afectan negativamente el objetivo de implementación, especialmente asociados a la poca cantidad de oferentes de los insumos requeridos (software, equipo, herramientas y demás necesarios), que genera alta concentración en el mercado de insumos y genera presiones para que los precios de estos bienes suban y puedan presentarse sobrecostos.
- **Barreras técnico-institucionales:** podrían presentarse debido a la lucha de poderes, la presencia de intereses particulares, un detrimento en las condiciones comerciales, técnicas y legales durante la implementación del sistema de monitoreo. Al ser pocos los proveedores de los equipos especializados requeridos en el sistema y descritos al inicio de este capítulo, nuevamente el poder de mercado que poseen éstos actores es elevado y en caso de no diseñarse estrategias precisas y efectivas para la interacción con éstos agentes, podría llegar a suponer altos costos de implementación.
- **Barreras económicas:** para la tecnología de monitoreo avanzado, la barrera principal está totalmente asociada a los altos costos de inversión requeridos para la puesta en marcha de los diseños, ejecución y operación de las obras requeridas. Adicionalmente, posibles dificultades para la adquisición de los recursos financieros necesarios para las inversiones, así como sobrecostos de importación de los equipos requeridos debido a la política arancelaria en el país, puesto que muchos de esos equipos no se encuentran en el mercado local. Este panorama general constituye el grueso de dificultades económicas para el proyecto del sistema de monitoreo avanzado.
- **Barreras institucionales:** la poca articulación institucional en el país es quizás la barrera más significativa que se presenta para la aplicación de la tecnología de sistemas de monitoreo avanzado, igual que sucede para rellenos de playa. Las normas no actualizadas o descontextualizadas de la dinámica de las regiones, así como la falta de continuidad en las políticas públicas por la temporalidad de los gobernantes y la falta de una visión de largo plazo del país, así como la poca coherencia entre los instrumentos de planificación y la débil capacidad de las instituciones ambientales para definir procesos sencillos para la aprobación de licencias y permisos, configuran los elementos institucionales que se interponen a la ejecución del proyecto. Es especialmente importante agregar que la poca confluencia de las acciones de los actores participantes en las distintas fases del ciclo de vida de la tecnología genera altas distorsiones para la operación de este tipo de tecnología.
- **Barreras socio-culturales:** es posible que se presenten oposiciones a la implementación de la tecnología en la región por parte de las comunidades por las implicaciones que podrían tener las obras sobre el turismo. De otro lado, las acciones de vandalismo contra los equipos o el software necesario para la ejecución y operación del sistema, pueden obedecer a actuaciones aisladas o concertadas entre grupos de individuos que se sientan afectados de alguna forma por la obra. A estos hechos podrían sumarse acciones judiciales en contra del proyecto y sus ejecutores en la fase de implementación.

Tabla 24. Barreras identificadas para difusión de los sistemas de Monitoreo Avanzado en Cartagena

CARTAGENA			
Barreras Económicas y Financieras	Barreras Políticas	Barreras Técnicas	Barreras Sociales
B1. Limitaciones económicas	B3. Inconvenientes entre los organismos que adoptan la tecnología y proveedores de equipos debido a procesos de importación e impuestos	B5. Limitaciones técnicas encontradas por las universidades y desarrolladores de equipos	B13. Vandalismo
B2. Intereses económicos, incluso egos técnicos institucionales, de los potenciales participantes en el diseño	B6. Falta de articulación entre instituciones; ausencia de una entidad líder	B16. Eventos climáticos extremos	B9. Limitaciones socio-culturales
B11. Deficiente gestión administrativa	B7. Falta de políticas de Estado a largo plazo	B4. Pocos proveedores de los insumos requeridos en las diferentes fases de la tecnología	B12. Acciones judiciales
	B8. Débil capacidad de las instituciones para evaluar diseños	B15. Poca experiencia de los actores nacionales en la operación de la tecnología	
	B10. Manipulación y entorpecimiento de procesos licitatorios por parte de proveedores de equipos para favorecer sus condiciones comerciales, técnicas y legales		
	B14. Modificaciones en la priorización de gestión del riesgo debido a cambios de administración de acuerdo con el régimen electoral (cada 4 años mínimo).		

Figura 7. Árbol de problemas para la tecnología de sistemas de monitoreo en Cartagena



2.3.5 Posibles soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo en Cartagena

En la Tabla 25 se refieren las medidas para las barreras en la puesta en marcha de los sistemas de monitoreo en Cartagena.

Tabla 25. Medidas para superar las barreras de los sistemas de monitoreo

Cartagena	
Barrera	Medida
B2. Intereses económicos, incluso egos técnicos institucionales, de los potenciales participantes en el diseño	Licitación pública con criterios de evaluación previamente definidos
B5. Limitaciones técnicas encontradas por las universidades y desarrolladores de equipos	Canalizar el flujo de información requerida para la operación del sistema
B13. Vandalismo	Incorporar mecanismos de vigilancia para los equipos ubicados en zonas de uso común
B16. Eventos climáticos extremos	Campaña de sensibilización y educación con la población
B1. Limitaciones económicas	Planificación adecuada del cronograma de actividades de acuerdo al comportamiento estimado del tiempo.
	Gestión de recursos con organizaciones internacionales o entidades locales.
	Estímulo de la inversión privada
	Integración del gobierno nacional, regional y local con organismos de la banca internacional para la obtención de recursos
	Alianzas entre instituciones internacionales y nacionales para el intercambio de productos y conocimientos, para minimizar costos de inversión en equipos, maquinaria, entre otros.
B3. Inconvenientes entre los organismos que adoptan la tecnología y proveedores de equipos debido a procesos de importación e impuestos	Disminución de aranceles e impuestos a la importación de equipos
	Diseño de una política nacional clara para la transferencia de bienes de capital y tecnologías
	Tratados de libre comercio
	Definir procedimientos, costos y responsabilidades con la DIAN
	Capacitación de profesionales para promover la producción y el desarrollo de las tecnologías en el mercado interno
B4. Pocos proveedores de los insumos requeridos en las diferentes fases de la tecnología	Identificar la cadena de mercado en las fases de concepción y diseño
	Desarrollar incentivos y capacidades para desarrollar los insumos en el país
	Optimizar los trámites necesarios para la importación de los insumos y disminuir los aranceles
B6. Falta de articulación entre instituciones; ausencia de una entidad líder	Concebir un arreglo institucional que coordine durante todo el ciclo de vida de la tecnología
B7. Falta de políticas de Estado a largo plazo	Establecer una política de adaptación al cambio climático que no dependa de la administración de turno.
B8. Débil capacidad de las instituciones para evaluar diseños	Capacitación de personal en el país para evaluar los diseños
B9. Limitaciones socio-culturales	Talleres con la comunidad para informar sobre los beneficios del sistema

República de Colombia

<p>B10. Manipulación y entorpecimiento de procesos licitatorios por parte de proveedores de equipos para favorecer sus condiciones comerciales, técnicas y legales</p>	<p>Conformación de una gerencia del proyecto con capacidad de atender los procesos licitatorios requeridos durante todo el ciclo de vida de las tecnologías Elaboración de pliegos detallados y claros Garantizar el cumplimiento de los procesos definidos en la Ley Solicitar acompañamiento de los entes de control y que tienen injerencia en el proyecto de implementación de la tecnología de sistema de monitoreo avanzado en el país.</p>
<p>B11. Deficiente gestión administrativa</p>	<p>Conformación de un ente administrador que opere en todas las fases, debe haber interventoría de entes de control</p>
<p>B12. Acciones judiciales</p>	<p>Cumplir con protocolos avalados por entes de control y veedurías ciudadanas. Las decisiones deben estar soportadas con estudios técnicos en cumplimiento de parámetros de calidad preestablecidos</p>
<p>B14. Modificaciones en la priorización de gestión del riesgo debido a cambios de administración de acuerdo con el régimen electoral (cada 4 años mínimo).</p>	<p>Coincide con la medida de B8.</p>
<p>B15. Poca experiencia de los actores nacionales en la operación de la tecnología</p>	<p>Estrategias para fomentar la producción en el país de los insumos requeridos y para capacitar al personal en la operación de la tecnología.</p>

Capítulo 3. Identificación de barreras y medidas para la puesta en marcha de las tecnologías en San Andrés

La segunda zona costera seleccionada para implementar tecnologías de adaptación a los efectos del cambio climático fue la Isla de San Andrés. Las dos tecnologías priorizadas en esta zona como resultado de los análisis realizados en la Parte I del proyecto TNA coinciden con las priorizadas en la ciudad de Cartagena, motivo por el cual no serán ampliados algunos ítems del presente capítulo.

3.1 Objetivos preliminares para la transferencia y difusión de las tecnologías

En la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se describen brevemente las tecnologías priorizadas: los rellenos de playa y los sistemas de monitoreo avanzado. Cabe aclarar que durante el proceso de priorización de tecnologías blandas hubo una estrecha competencia entre los rellenos de playa y el sustento periódico de playa. Sin embargo, por un análisis preliminar de barreras y de común acuerdo con el MADS y el equipo consultor, se eliminó el sustento periódico de playas debido a que esta tecnología está incluida dentro del relleno de playa. En segundo lugar, la tecnología requiere de una excelente planificación anual de las administraciones gubernamentales que no siempre es fácil realizar.

3.2 Análisis de barreras para la difusión y transferencia de las tecnologías

La identificación de barreras para la puesta en marcha de las tecnologías en San Andrés se logró con el taller realizado el 27 de septiembre de 2012 en la Sede Caribe de la Universidad Nacional de Colombia, producto del convenio realizado con el MADS. En este taller se contó con la participación de los asistentes referidos en el Anexo IV. Involucramiento de actores estratégicos. A continuación se exponen los resultados obtenidos.

3.2.1 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los rellenos de playa

Se presentan en la Tabla 26, las barreras identificadas para la tecnología de rellenos de playa por parte de los actores invitados al taller realizado el 27 de septiembre de 2012 en la Isla San Andrés. Se **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** consideran las barreras económicas y financieras y barreras del orden técnico y político.

- **Alta competencia por los recursos:** a diferencia de Cartagena y de otras ciudades turísticas del país, San Andrés Islas tiene como actividad principal el turismo, y como recursos más preciados su biodiversidad y playas. Por tal motivo, no existe en la isla un sector económico que pueda poner competencia a la adjudicación de recursos públicos para ejecución de las obras. Esto hace que no exista una competencia por recursos financieros y que esto no sea considerado como barrera en la isla de San Andrés.
- **Falta de información de mercado o complicaciones para ser obtenida:** Dentro de las reuniones con los actores principales identificados en la Isla de San Andrés, se llegó a la conclusión que el mercado principal de la

República de Colombia

Isla es el turismo y el comercio. Ambos sectores son bien conocidos y existe información suficiente para ser caracterizados. Ahora bien, el turismo depende de las playas en alta medida, y las playas están conformadas por arena, la cual está en constante pérdida, por lo que se hace necesario utilizar los rellenos de playa para solucionar el problema. Como esta información existe, en el taller del 27 de Septiembre de 2012-los actores llegaron a la conclusión de que esta no sería una barrera.

- **Políticas arancelarias que podrían desestimular el ingreso de las tecnologías o elevar los costos:** Los invitados al taller de San Andrés llegaron a la conclusión que esta barrera no aplica en las Islas, debido a que es puerto libre, y por el contrario, este hecho puede estimular y bajar los costos de los proyectos.

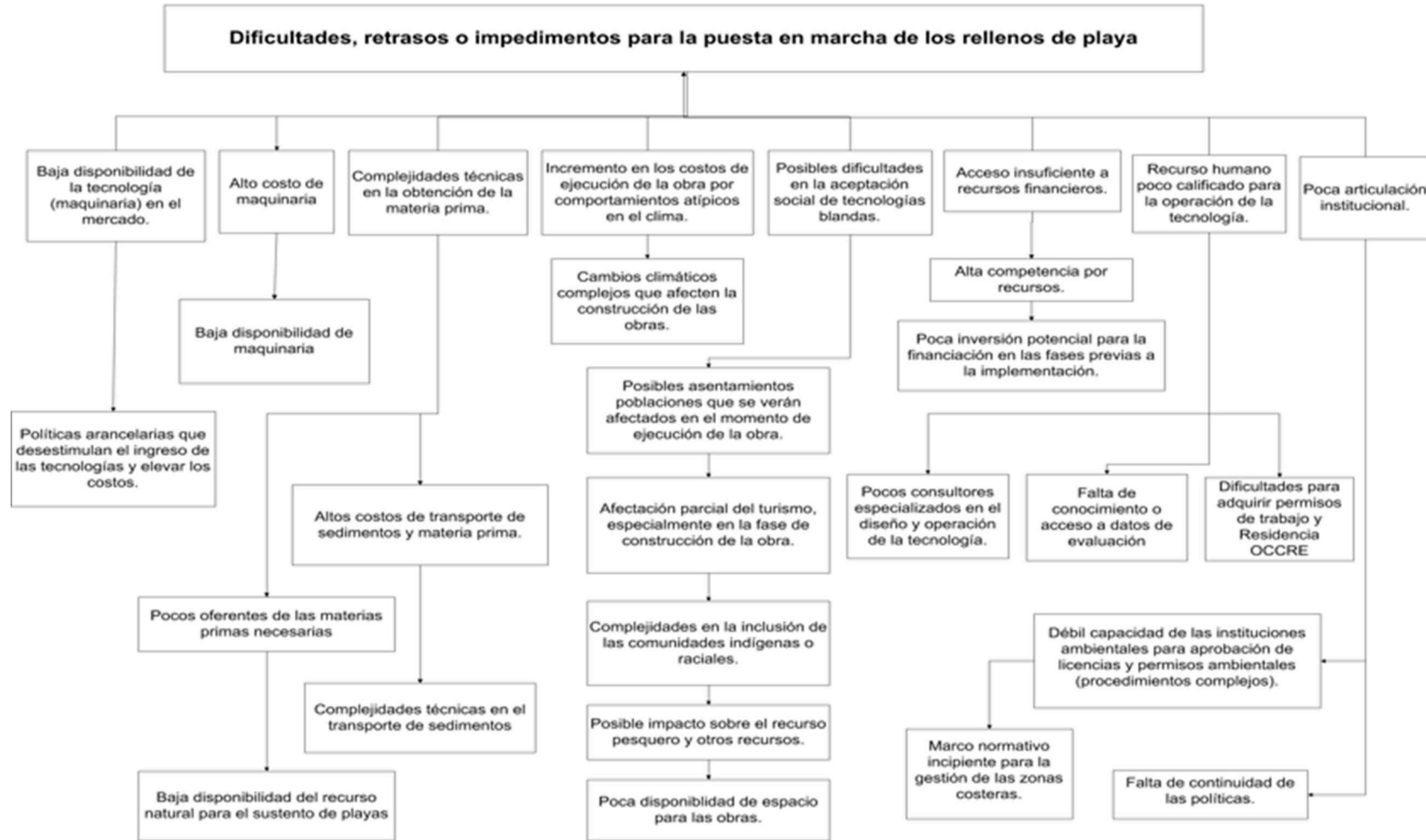
Tabla 26. Barreras identificadas para difusión de los Rellenos de playa en San Andrés

SAN ANDRÉS			
Barreras Económicas y Financieras	Barreras Políticas	Barreras Técnicas	Barreras Sociales
B1. Acceso insuficiente a recursos financieros	B12. Marco normativo incipiente para la gestión de las zonas costeras	B3. Baja disponibilidad de la tecnología (maquinaria) en el mercado	B13. Falta de inclusión de la comunidad raizal en los procesos participativos
B2. Poca inversión potencial para la financiación en las fases previas a la implementación	B22. Poca articulación institucional	B8. Baja disponibilidad del recurso natural para el sustento de playas	B21. Posibles asentamientos poblacionales que se verán afectados en el momento de ejecución de la obra
B4. Pocos oferentes de las materias primas necesarias para la ejecución de las obras (alto poder de mercado)	B24. Oficina de Circulación y Control de Residencia - O.C.C.R.E	B14. Poca disponibilidad de espacio para las obras	B10. Posibles impactos sobre el recurso pesquero y otros recursos
B5. Afectación parcial del turismo, especialmente en la fase de construcción de la obra	B25. Falta de continuidad de las políticas	B15. Débil capacidad de las instituciones ambientales para aprobación de licencias y permisos ambientales (procedimientos complejos)	B23. Posibles dificultades en la aceptación social de tecnologías blandas
B6. Alto costo de maquinaria		B16. Falta de conocimiento o dificultades de acceso a datos para la evaluación de elementos de las tecnologías asociadas al clima (requerimientos de datos para la implementación)	
B7. Altos costos de transporte de sedimentos y materia prima		B17. Pocos consultores especializados en el diseño y operación de la tecnología	
B9. Incremento en los costos de ejecución de la obra por comportamientos atípicos en el clima		B18. Variabilidad climática que afecte la construcción de las obras	
		B19. Complejidades técnicas en la obtención de la materia prima	
		B20. Complejidades técnicas en el transporte de sedimentos	
		B11. Recurso humano poco calificado para la operación de la tecnología	

3.2.2 Vínculos entre las barreras identificadas

En la Figura 8 se presenta el árbol de problemas de la tecnología de rellenos de playa en San Andrés, elaborado a partir de las relaciones de causalidad entre las barreras encontradas para la ejecución de la tecnología. El árbol permite encontrar barreras raíces (las más bajas) que originan otro tipo de barreras. De igual forma, visibilizan las relaciones en las categorías de barreras (económicas, técnicas, políticas y otras). Dado que el árbol de problemas de la tecnología es similar al resultante en Cartagena, la explicación de las relaciones causales y de las categorías se encuentra en la sección 2.3.2

Figura 8. Árbol de problemas para la tecnología de rellenos de playa en San Andrés



3.2.3 Soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los rellenos de playa en San Andrés.

Las medidas identificadas en el taller de actores de San Andrés realizado el 27 de septiembre de 2012, orientadas a solucionar o reducir las barreras económicas o financieras se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Comparación entre barreras y medidas para la puesta en marcha de los rellenos de playa

Barrera	San Andrés	
	Medida	
B1. Acceso insuficiente a recursos financieros	Enmarcar el proyecto dentro de la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático Gestionar los recursos con entidades nacionales e internacionales	
B2. Poca inversión potencial para la financiación en las fases previas a la implementación	Materializar las necesidades de adaptación al cambio climático en los Planes de Desarrollo Local y de Gestión del Riesgo, con fundamentación técnica que facilite la solicitud de recursos ante el Gobierno Nacional	
B3. Baja disponibilidad de la tecnología (maquinaria) en el mercado	Procesos licitatorios a nivel nacional e internacional	
B4. Pocos oferentes de las materias primas necesarias para la ejecución de las obras (alto poder de mercado)	Análisis exhaustivo de la cadena de mercado Fomento de la investigación y el desarrollo de los materiales necesarios en el país	
B5. Afectación parcial del turismo, especialmente en la fase de construcción de la obra	Planificación de las obras especialmente en temporadas bajas de turismo	
B6. Alto costo de maquinaria	Fomentar la competencia entre los proveedores de maquinaria y equipos requeridos para ejecutar las obras Liderar una estrategia para desarrollar los equipos en el país y promover la capacitación de recurso humano	
B7. Altos costos de transporte de sedimentos y materia prima	Considerar el costo de la materia prima en los pliegos de condiciones y en los presupuestos	
B9. Incremento en los costos de ejecución de la obra por comportamientos atípicos en el clima	Planificación del cronograma de actividades que considere la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y climáticos	
B8. Baja disponibilidad del recurso natural para el sustento de playas	Realizar estudios rigurosos de los fondos marinos (batimetrías, corrientes) con el objetivo de localizar las fuentes de sedimentos óptimas y abundantes para los rellenos de playa en la Isla de San Andrés.	
B12. Marco normativo incipiente para la gestión de las zonas costeras	Formulación de un proyecto local para ajustar la normatividad existente a nivel nacional e internacional para la adaptación al cambio climático	
B13. Falta de inclusión de la comunidad raizal en los procesos participativos	Fomentar espacios de discusión con la comunidad raizal	
B14. Poca disponibilidad de espacio para las obras	Gestión adecuada y planificada del espacio público y los bienes de uso común que se vean afectados directa o indirectamente en la fase de ejecución de las obras	
B15. Débil capacidad de las instituciones ambientales para aprobación de licencias y permisos ambientales (procedimientos complejos)	Definir previamente los requisitos de implementación del proyecto con la autoridad ambiental	
B16. Falta de conocimiento o dificultades de acceso a datos para la evaluación de elementos de las tecnologías asociadas al clima (requerimientos de datos para la implementación)	Hacer convenios con instituciones encargadas de administrar la información requerida en la obra para la creación de una red	
B17. Pocos consultores especializados en el diseño y operación de la tecnología	Fomentar la contratación de personal nacional e internacional de consultores que tengan experiencias similares y capacidades técnicas que puedan ser adaptadas a las necesidades del proyecto	
B18. Variabilidad climática que afecte la	Planificación de las obras considerando el	

construcción de las obras	comportamiento de las variables climáticas
B19. Complejidades técnicas en la obtención de la materia prima	Búsqueda exhaustiva de fuentes de obtención de materia prima en la fase de diseño Estudios técnicos para identificar fuentes alternativas y sustitutas de la materia prima
B20. Complejidades técnicas en el transporte de sedimentos	Estudios en las fases de concepción y diseño de la tecnología para determinar cuáles serán los equipos especializados a utilizar
B21. Posibles asentamientos poblacionales que se verán afectados en el momento de ejecución de la obra	Estructurar un plan de manejo social y ambiental en la fase de diseño En caso de ser necesario, buscar un reasentamiento para la población afectada
B10. Posibles impactos sobre el recurso pesquero y otros recursos	Hacer estudios sobre el impacto en el recursos pesquero y los recursos naturales, y tomar decisiones concertadas entre el gobierno local y los afectados
B22. Poca articulación institucional	Definir un arreglo institucional del proyecto para coordinar todas las fases de desarrollo de la tecnología Definir las responsabilidades e cada actor implicado en el proceso
B23. Posibles dificultades en la aceptación social de tecnologías blandas	Destinar recursos para la ejecución de campañas de divulgación de los beneficios de las tecnologías
B24. Oficina de Circulación y Control de Residencia - O.C.C.R.E	Informar a la OCCRE sobre la importancia del proyecto para la región y la necesidad de facilitar los trámites de residencia
B25. Falta de continuidad de las políticas	Promulgación de leyes para protección de los recursos asignados a los proyectos de adaptación al cambio climático
B11. Recurso humano poco calificado para la operación de la tecnología	Destinar un rubro para capacitación de personal requerido Promover una política de transferencia de conocimiento liderada por Colciencias para temas prioritarios en adaptación al cambio climático

3.2.4 Identificación y análisis de barreras para la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo

En la Tabla 28 se presentan las barreras de tipo económico y financiero, técnicas políticas y sociales previstas para la puesta en marcha de los sistemas de monitoreo en San Andrés.

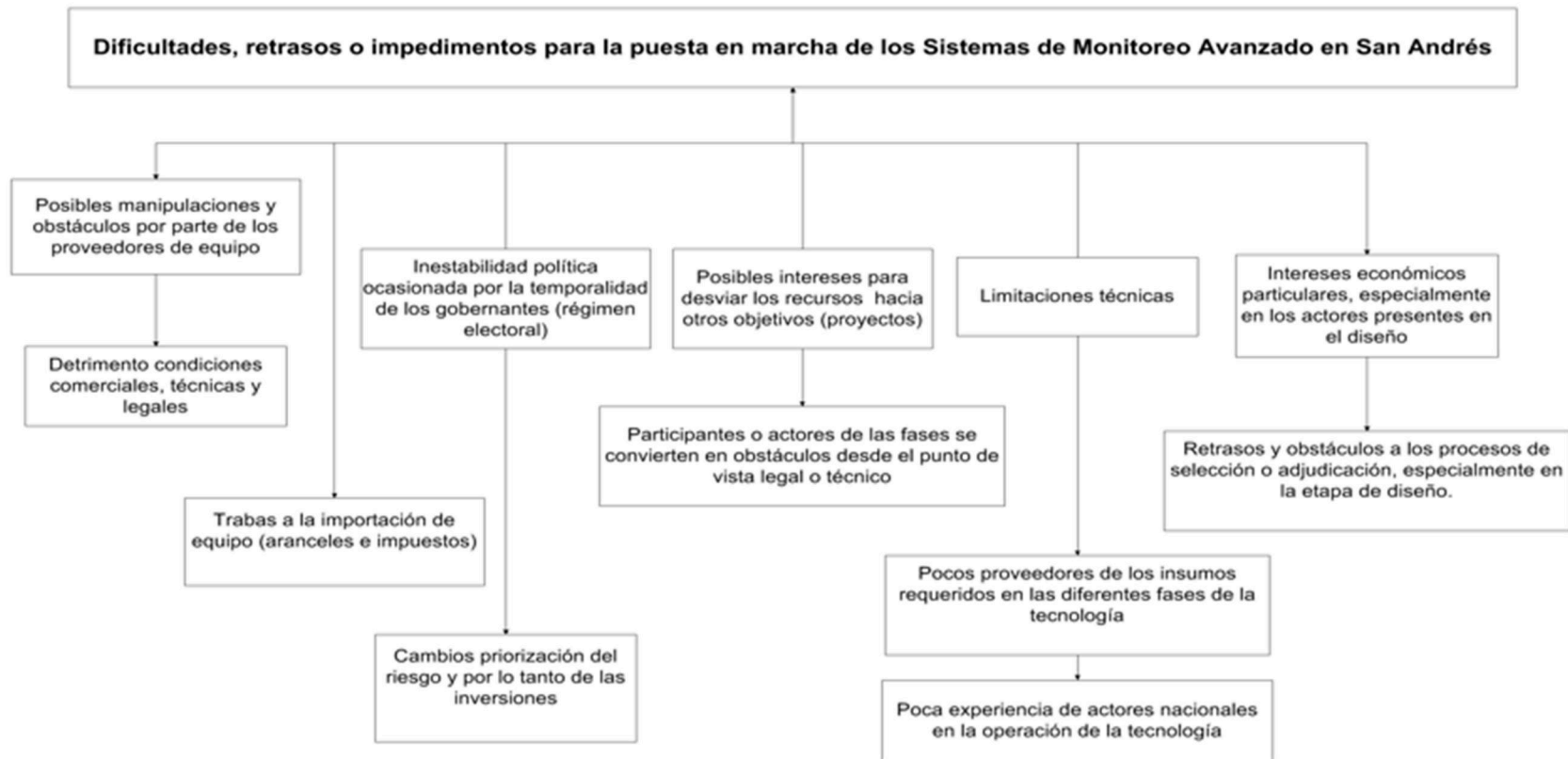
Tabla 28. Barreras identificadas para difusión de los Sistemas de Monitoreo en San Andrés

SAN ANDRÉS			
Barreras Económicas y Financieras	Barreras Políticas	Barreras Técnicas	Barreras Sociales
B1. Intereses económicos, incluso egos técnicos institucionales, de los potenciales participantes en el diseño	B8. Oficina de Circulación y Control de Residencia - OCCRE	B5. Limitaciones técnicas encontradas por las universidades y desarrolladores de equipos	B9. Vandalismo y falta de cultura ciudadana
B2. Transporte y costos asociados	B11. Cambios en la priorización de gestión del riesgo debidos a cambios políticos de acuerdo con el régimen electoral (cada 4 años mínimo)	B10. Variaciones climáticas, épocas de lluvia y época seca para la implementación de las obras	B7. Rechazo de la comunidad raizal ante personal capacitado externo
B3. Gastos no previstos		B6. Mala realización de estudios previos	
		B12. Equipos no aptos para las condiciones climáticas	
		B13. Caracterización de las capacidades de fenómenos atmosféricos que afectan la toma de predicciones locales. No existe un sistema de alerta temprana	

3.2.5 Vínculos entre las barreras identificadas

De igual modo se presenta en la Figura 9 el árbol de problemas para la tecnología de sistemas de monitoreo, cuyas categorías de barreras y relaciones de causalidad presentes se expusieron en la sección antes mencionada.

Figura 9. Árbol de problemas para la tecnología de sistemas de monitoreo en San Andrés



3.2.6 Posibles soluciones para superar las barreras en la transferencia y difusión de los sistemas de monitoreo en San Andrés

Las medidas para superar las dificultades presentes en la tecnología del sistema de monitoreo también han sido sugeridas y se presentan en las Tabla 299.

Tabla 29. Medidas para superar las barreras de los sistemas de monitoreo en San Andrés

San Andrés	
Barrera	Medida
B1. Intereses económicos, incluso egos técnicos institucionales, de los potenciales participantes en el diseño	Licitación pública con criterios de evaluación previamente definidos
B5. Limitaciones técnicas encontradas por las universidades y desarrolladores de equipos	Invertir en capacitación de profesionales que depuren e interpreten el flujo de información que se genera y que operen los equipos en cuestión Destinación de recursos por parte de Colciencias para el desarrollo de tecnologías de adaptación al cambio climático en las universidades del país
B9. Vandalismo y falta de cultura ciudadana	Programas de concientización y divulgación en instituciones educativas y con la comunidad en general
B10. Variaciones climáticas, épocas de lluvia y época seca para la implementación de las obras	Planificación adecuada del cronograma de actividades de acuerdo al comportamiento estimado del tiempo.
B2. Transporte y costos asociados	Considerar sobrecostos en los proyectos en el presupuesto debido a las posibles dificultades que se pueden originar por la ubicación de la isla Se sugiere que la Sociedad Portuaria, la DIAN y el Ministerio de Transporte hagan una revisión de los impuestos y aranceles que pueden obstaculizar el ingreso de la tecnología
B3. Gastos no previstos	Tener en cuenta un factor de seguridad en el presupuesto del proyecto que pueda generar recursos adicionales para invertir en este tipo de gastos
B6. Mala realización de estudios previos	Capacitar a los profesionales en torno a las dinámicas del entorno local, de manera que se hagan los diseños más adecuados para la zona
B7. Rechazo de la comunidad raizal ante personal capacitado externo	Informar a la comunidad raizal acerca de la necesidad e importancia de las obras
B8. Oficina de Circulación y Control de Residencia - OCCRE	Informar y capacitar a la OCCRE sobre la conciencia de implementar las tecnologías en la isla
B11. Cambios en la priorización de gestión del riesgo debidos a cambios políticos de acuerdo con el régimen electoral (cada 4 años mínimo)	Crear un mecanismo que permita que la política de adaptación al cambio climático no dependa de los gobernantes de turno sino que perdure a través de los años
B12. Equipos no aptos para las condiciones climáticas	Realizar un estudio previo riguroso para la compra de los equipos
B13. Caracterización de las capacidades de fenómenos atmosféricos que afectan la toma de predicciones locales. No existe el sistema de alerta temprana	Se propone buscar convenios con instituciones para que brinden capacitación técnica sobre la toma correcta de los datos y el funcionamiento de los equipos

Capítulo 4. Planes de Acción de las Tecnologías para Cartagena y San Andrés

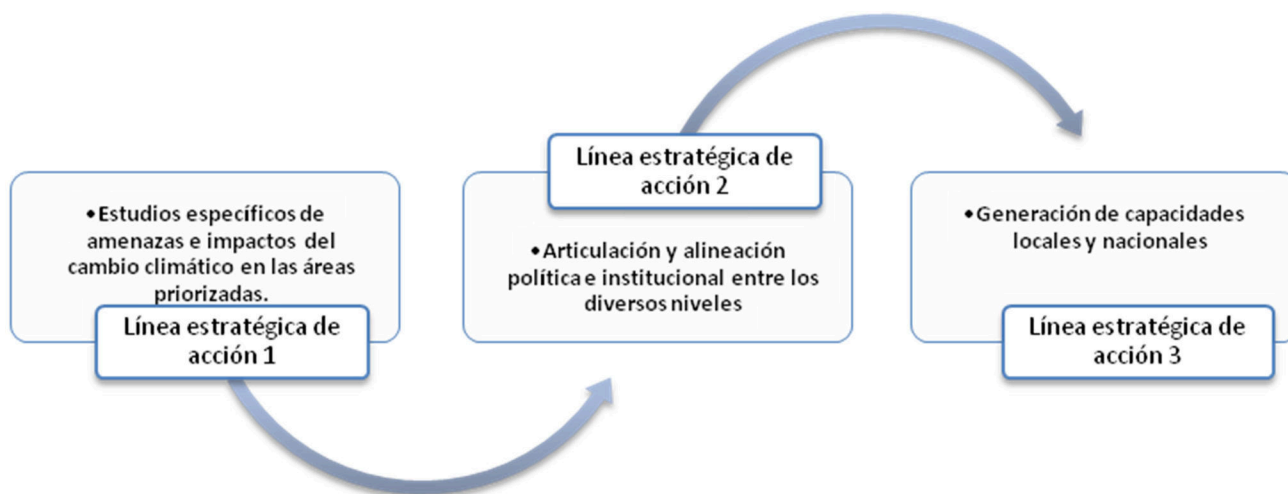
Teniendo como base las barreras y medidas para la puesta en marcha de las tecnologías presentadas en la sección anterior, se presentan a continuación los Planes de Acción de las Tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés. Debido a que en ambas zonas se priorizaron las mismas tecnologías: relleno de playa y sistema de monitoreo avanzado, el equipo de trabajo TNA Colombia propuso un plan de acción para cada tecnología, integrando las zonas y sin desconocer las particularidades específicas.

Según lo han manifestado por los diversos actores implicados a lo largo del proceso TNA, hay una necesidad de esbozar una estrategia de escala nacional que propenda por la sinergia en las acciones de los diferentes niveles de gobierno. El presente capítulo busca proponer los elementos y componentes básicos de líneas estratégicas de acción que, de acuerdo con las conclusiones obtenidas a lo largo del proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas en Colombia, deberán ser objeto de un análisis exhaustivo por parte de los formuladores de la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Las premisas que orientan las acciones y las líneas estratégicas son las siguientes:

- Ajuste de la formulación de las líneas estratégicas de acción a las condiciones dinámicas y particulares de las regiones seleccionadas.
- Aprovechamiento de las sinergias entre los planes y proyectos existentes, en los diferentes niveles de Gobierno.

Para lo anterior, el equipo TNA en Colombia propuso tres líneas estratégicas de acción para las tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés, orientadas a la realización de estudios en las zonas específicas, la articulación entre las instituciones y la generación de capacidades locales; las cuales se presentan en la Figura 10.

Figura 10. Líneas estratégicas de acción para las tecnologías priorizadas



Fuente: elaboración propia

A continuación se describe técnicamente la cadena de mercado para cada una de las tecnologías priorizadas y en segundo lugar, las líneas estratégicas de acción propuestas para las tecnologías en Cartagena y San Andrés.

4.1. Plan de Acción de la tecnología rellenos de playa

4.1.2 Líneas estratégicas de acción para la tecnología rellenos de playa en Cartagena y San Andrés

4.1.2.1 Línea estratégica de acción 1: estudios específicos de amenazas e impactos asociados al cambio climático en Cartagena y San Andrés: tecnología rellenos de playa

En el país no se cuenta con estudios detallados y específicos de amenaza para la zona costera de Cartagena y San Andrés. Sólo existen acercamientos parciales de estudios enfocados a determinar la vulnerabilidad del país ante los efectos inminentes del cambio climático. Por lo tanto, como primera línea estratégica de acción y punto de partida para hacer operativa la tecnología de rellenos de playa en las ciudades de Cartagena y San Andrés se sugiere la realización de estudios detallados de amenazas en los cuales se determine puntualmente la intensidad, magnitud, duración y área total de incidencia de las amenazas identificadas por los efectos del cambio climático; estudios que deberán integrarse y articularse con las políticas locales y nacionales.

Una vez identificadas las amenazas y sus componentes, deberán priorizarse las áreas que deberían ser intervenidas teniendo en cuenta el grado de impacto sobre la población, la salud pública, la infraestructura, los ecosistemas marino-costeros, las actividades económicas y demás. De otro lado, debe buscarse la unión entre los estudios de amenazas con el entendimiento y conocimiento previo que se tiene de los procesos morfodinámicos del sistema costero que se está interviniendo, con el fin de predecir relaciones entre el comportamiento de la costa y el sistema en general.

Los estudios de amenaza se conciben como insumos para la formulación y ejecución de acciones públicas circunscritas a los Planes de Desarrollo en materia de adaptación al cambio climático. De ahí la necesidad e importancia de realizar estudios de calidad que permitan acceder a recursos públicos de forma eficiente y eficaz. En este sentido, se pretende que la primera línea de acción se integre con las estrategias plasmadas en la política nacional descritas en el capítulo 1 de la parte I (informe TNA) de este proyecto, y con los planes locales ya existentes. Cabe anotar que las áreas seleccionadas tienen avances en lineamientos para la adaptación al cambio climático reflejados en algunas líneas de los planes de desarrollo local.

4.1.2.2 Objetivos de la Línea estratégica de acción 1: estudios específicos de amenazas e impactos asociados al cambio climático en Cartagena y San Andrés: tecnología rellenos de playa

- **Objetivo General:** Realizar en el término del corto plazo (2 años) un estudio de amenazas a escala local asociadas al cambio climático en las zonas costeras de alguna de las áreas priorizadas (Cartagena o San Andrés), con el fin de caracterizar zonas vulnerables y riesgos.
- **Objetivos Específicos:**
 - Proponer la conformación de un grupo multidisciplinario de expertos que dirijan los estudios de amenazas y que estén constantemente apoyados por los institutos de investigación nacionales
 - Generar alternativas de asignación de recursos para dichos estudios por parte de los gobiernos locales
 - Generar un proyecto piloto basado en las fases CDIO, en las áreas vulnerables identificadas en la zona, en la cual pueda aplicarse la tecnología de rellenos de playa y que se constituya como un ejemplo de replicabilidad de la actividad para la región costera del país.

La Tabla 30 resume las políticas, planes, objetivos e ideas concretas a desarrollar en la línea estratégica 1, tanto a nivel nacional como a nivel local en Cartagena y San Andrés.

Tabla 30. Planes y actividades relacionados en la línea estratégica 1.

Línea Estratégica 1: Estudios específicos de amenazas e impactos del cambio climático en las áreas priorizadas			
Instrumento Legal / Plan de desarrollo /Política	Objetivo / Actividad	Meta / Tiempo de Alcance	Aportes Esperados
A Nivel Nacional			

República de Colombia

<p><i>Lineamientos de política de cambio climático</i> (MADS & DNP, 2002)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático. Promover dentro del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres el conocimiento de los impactos del cambio climático (MADS & DNP, 2002). 	<p>No Determinado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Planes locales de adaptación al cambio climático. Disponibilidad de recursos para estudios y obras puntuales.
<p>Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”</p>	<ul style="list-style-type: none"> Implementar una Política Nacional del Cambio Climático; la identificación y priorización de medidas de adaptación, en el marco del Plan Nacional de Adaptación. Diseñar e implementar instrumentos metodológicos para la zonificación de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo en el ámbito municipal, con el fin de generar técnicas idóneas de evaluación y análisis del riesgo, a cargo de la Dirección de Gestión del Riesgo-Ministerio del Interior y de Justicia y en coordinación con el MAVDT (ahora MADS), IDEAM e Ingeominas. 	<p>4 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de medidas de adaptación puntuales. Metodologías para identificación de zonas vulnerables.
<p>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, (DNP, IDEAM, MADS, UNGRD 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Generar información y conocimiento para medir el riesgo climático. Reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados a la variabilidad y cambio climático en Colombia. 	<p>No Determinado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de sistemas de medición y monitorización de variables meteorológicas. Asignación de recursos para estudios de amenaza y vulnerabilidad. Asignación de recursos para obras que vayan en miras a la adaptación al cambio climático como los rellenos de playa.
A nivel local en Cartagena			
<p>Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 de Cartagena “Campo para tod@s”. Programa “Cartagena polo de Desarrollo industrial y exportador”</p>	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar el plan de adaptabilidad de la ciudad al cambio climático² (intrusión de la marea). Gestionar soluciones integrales a las problemáticas que hoy aquejan al sector como la crisis de servicios públicos, sedimentación del canal del Dique y la vulnerabilidad frente a factores ambientales como las inundaciones y el cambio climático. Realizar un estudio técnico para evaluar los riesgos naturales, tecnológicos y antrópicos que afectan el Distrito de Cartagena. Realizar un estudio de amenaza e impactos del cambio climático sobre la zona costera. 	<p>3 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo del plan de adaptabilidad de la ciudad al cambio climático. Contribuir a la sostenibilidad del desarrollo a través de la reducción del impacto del cambio climático en la población”. Preparación de la ciudad de Cartagena contra la erosión de las costas por el accionar de la intrusión de la marea
A nivel Local en San Andrés			

² Debe puntualizarse que Cartagena ya ha iniciado el proceso de construcción del plan de adaptación de la ciudad al cambio climático; el documento *Lineamientos de adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias* (INVEMAR et al., 2012) recoge en alguna medida los avances, que en términos de planificación para la ciudad representan un gran salto hacia la construcción de esta política. Sin embargo, a pesar de los avances en la ciudad en dicho plan no ha sido incluido el estudio de detalle de amenaza. Por lo tanto, el Grupo TNA Colombia, sugiere que se articule la línea estratégica de acción 1 “estudios específicos de amenaza e impactos” del TNA, con el plan de adaptabilidad de la ciudad al cambio climático que actualmente está elaborando la Secretaría de Planeación de Cartagena e INVEMAR.

República de Colombia

Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 denominado “Para tejer un mundo más humano y seguro”	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar y actualizar el conocimiento del riesgo y el cambio climático. • Fortalecer las Capacidades Locales para la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático. • Elaborar un estudio técnico en el Departamento sobre amenazas. • Realizar un estudio de amenaza e impactos del cambio climático sobre la zona insular. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de capacidades locales para la gestión del riesgo. • Identificación de zonas vulnerables y caracterización de las amenazas relacionadas con el cambio climático.
Periodo	Meta para relleno de playa en la línea estratégica 1		
2013	Propuesta de agenda de trabajo con las distintas estancias, que vayan guiadas a la ejecución de los proyectos piloto en ambas ciudades		
2014	Proyecto formulado con la participación de las entidades locales en ambas ciudades y nacionales como el IDEAM, INVEMAR, DIMAR etc. para el estudio de amenazas asociadas al cambio climático en las zonas costeras a una esca local y la identificación de zonas vulnerables que sean viables a la implementación de los rellenos de playa.		
2015	Incluir las líneas estratégicas dentro de los planes de gobierno de Cartagena y San Andrés para dar continuidad al Plan de Acción propuesto.		

Conclusiones

Puede concluirse sobre la primera línea estratégica de acción propuesta por el grupo TNA para la tecnología rellenos de playa en Cartagena y San Andrés, que en las agendas locales está integrada la intención de realizar análisis de amenazas y riesgos específicos para lograr un entendimiento del fenómeno a escala local, que sirvan como insumo para la priorización de estrategias. En este sentido, hay convergencia de intereses en ambas regiones en cuanto al cambio climático.

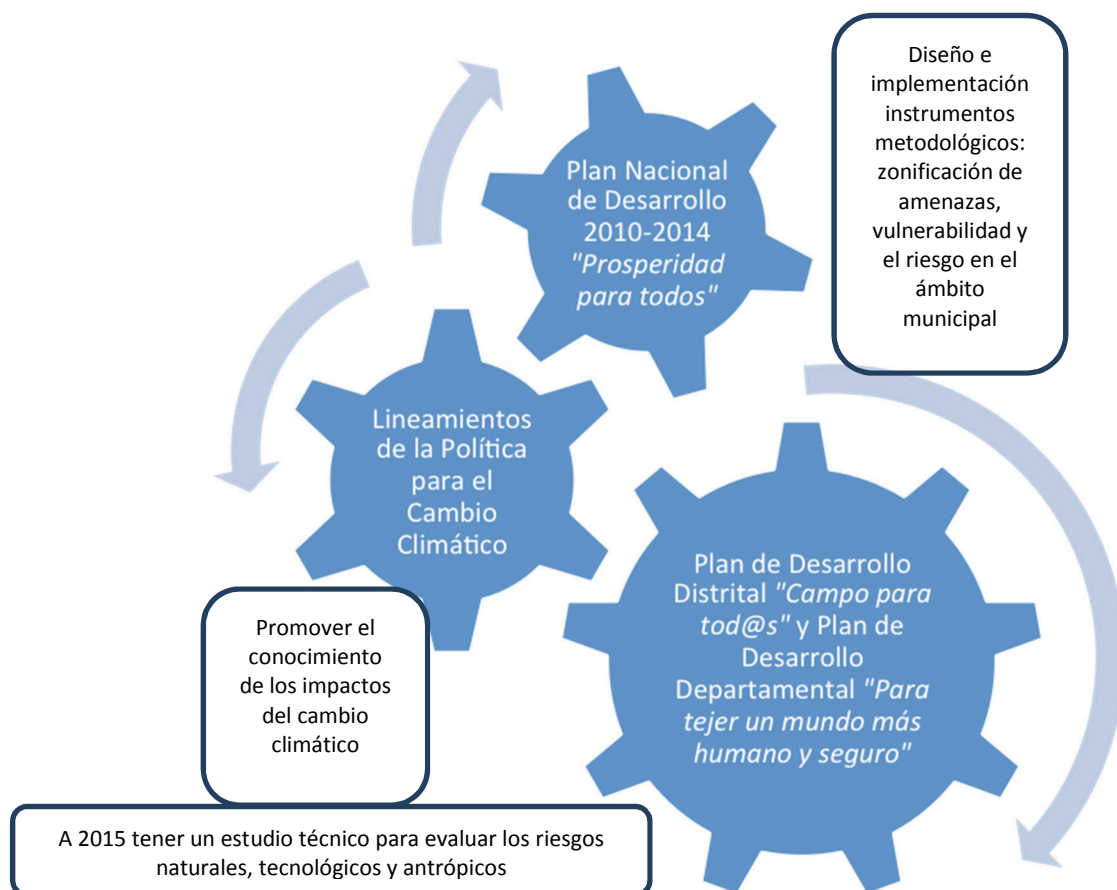
A nivel nacional, en el documento *Lineamientos de política de cambio climático* (MADS & DNP, 2002), se afirma que “la respuesta más contundente que hasta el momento se ha tenido en el país para mejorar el conocimiento sobre la amenaza que representa el cambio climático en el territorio, así como la capacidad de adaptación de los distintos elementos a este fenómeno, es la Primera y Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.[...]Igualmente, el reciente análisis realizado por el INVEMAR sobre la Definición de la Vulnerabilidad de los Sistemas Biogeofísicos y Socioeconómicos debido a un cambio en el Nivel del Mar en la Zona Costera Colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y Medidas de Adaptación”. Así, a nivel del Gobierno Nacional, se reconoce que aún faltan esfuerzos en esta materia y por ello la propuesta contenida en la estrategia denominada “Mejorar la capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático” de los *Lineamientos de política de cambio climático*, versa sobre el siguiente punto clave: “promover dentro del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres el conocimiento de los impactos del cambio climático” (MADS & DNP, 2002), lo cual necesariamente debe redundar en un estudio previo de amenazas específicas en el país generadas por el cambio climático.

Además de esto, es posible integrar la línea estratégica de acción 1 para la implementación de la tecnología rellenos de playa en Cartagena y San Andrés en todos los niveles de gobierno. Esta línea estratégica está inmersa de múltiples formas en las agendas gubernamentales. Por lo tanto es de esperarse que su ejecución sea aceptada y promovida como estrategia para hacer frente a los efectos del cambio climático o como política para la gestión del riesgo de desastres, dada la necesidad de contar con insumos para la planificación, como lo es el estudio exhaustivo de amenazas que se propone como primera acción. Los lineamientos en políticas expuestos anteriormente se sintetizan en la Figura 11, donde se muestra cómo puede darse una integración desde los elementos ya existentes en el orden local y nacional, para fomentar la planificación y ejecución de un estudio de amenazas específicos en las zonas costeras de Cartagena y San Andrés, que permita conocer las particularidades de la exposición a eventos extremos de orden climatológico, que incidan sobre las posteriores planificaciones y orientación de recursos de acuerdo a los resultados hallados en los estudios de amenaza particulares. Asimismo, la figura apoya la siguiente línea estratégica propuesta por el Grupo TNA

República de Colombia

Colombia, esto es, una integración, articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles de Gobierno, en el caso de la línea estratégica de acción 1 en el marco del TNA, para conocer las amenazas particulares a las cuales se encuentran expuestas las zonas marino-costeras en Cartagena y San Andrés.

Figura 11. Línea estratégica de acción 1 – Niveles de política Nacional y locales que potencializan el estudio de amenazas



Fuente: elaboración propia

4.1.2.3 Línea estratégica de acción 2: articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles

El segundo paso para lograr la ejecución exitosa del proyecto de rellenos de playa en Cartagena y San Andrés consiste en la superación del grupo de barreras que dificultan la puesta en marcha de las tecnologías y que fueron enunciadas en los Capítulos 2 y 3. En este sentido, el Grupo de trabajo del TNA en Colombia ha propuesto como segunda línea estratégica de acción, la articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles de gobierno para lograr el objetivo de política en materia de adaptación al cambio climático y con ello establecer un precedente en el país en la ejecución de estas estrategias en las zonas marino-costeras como una acción conjunta entre las diferentes instancias involucradas.

La línea estratégica de acción 2 busca la convergencia entre las políticas y las instituciones de orden local y nacional, en pro de tener mayor eficacia y eficiencia en cuanto a lineamientos sobre la adaptación al cambio climático y la distribución de los recursos públicos. La eficacia y eficiencia en las medidas debe partir del reconocimiento de proyectos, programas, metas y acciones existentes y/o en proceso de formulación en los niveles locales y nacionales, que son complementarios y pueden ser articulados y alineados en pro de un objetivo común: adaptarse a los efectos

República de Colombia

adversos del cambio climático, con el fin de que los formuladores de planes de inversión y específicamente la Dirección de Cambio Climático del MADS, los tenga en cuenta en el momento de llevar a la ejecución el proyecto TNA.

4.1.2.4 Objetivos de la Línea estratégica de acción 2: articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles.

- **Objetivo General:** Incluir en el medio plazo (6 años) las líneas estratégicas aquí planteadas dentro de los planes de desarrollo de las áreas priorizadas (Cartagena o San Andres), para garantizar la implementación exitosa de los rellenos de playa en los lugares planteados a partir del cumplimiento de los objetivos de la línea estratégica 1.
- **Objetivos Específicos:**
 - Plantear las condiciones políticas e institucionales para lograr desarrollar los proyectos piloto de rellenos de playa en la ciudad de Cartagena y San Andrés, buscando una concepción constante de proyectos
 - Garantizar las condiciones de implementación y replicabilidad de los rellenos de playa a partir de la investigación rigurosa y el apoyo científico de las instituciones asesoras del gobierno
 - Buscar la asignación de recursos para promover los proyectos piloto con miras a que se conviertan en el modelo a seguir por las demás regiones del país.

A continuación se expondrá la última línea estratégica de acción sugerida en relación al proyecto de rellenos de playa para Cartagena y San Andrés.

La Tabla 31 resume las políticas y objetivos que van en miras a la articulación de propuestas nacionales con las locales.

Tabla 31. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 2.

Línea Estratégica 2: Articulación y Alineación política e institucional entre los diversos niveles			
Instrumento Legal / Plan de desarrollo /Política	Objetivo / Actividad	Meta / Tiempo de Alcance	Aportes Esperados
A Nivel Nacional			
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para todos"	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y priorización de medidas de adaptación, en el marco del Plan Nacional de Adaptación. 	4 años	<ul style="list-style-type: none"> • Estimular los planes de desarrollo locales y articularlos al Plan Nacional como objetivos puntuales.
Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los temas o asuntos claves de manejo y ordenamiento ambiental de los espacios oceánicos y las zonas costeras. 	No Determinado	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitación de estudios ambientales para rellenos de playa en San Andrés y Cartagena. • Cambios en los requerimientos aplicados a obras acorde a la zona de implementación (Interior del país- zonas costeras)
Política Nacional del Océano y del Espacio Costero-PNOEC	<ul style="list-style-type: none"> • Articular las acciones del Ministerio del Interior y Justicia y la DPAD, el MAVDT (actualmente MADS), la DIMAR, las Corporaciones Autónomas Regionales - CARs costeras, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" - INVEMAR y demás entidades del orden nacional que se requieran, para desarrollar e implementar las herramientas que reduzcan la vulnerabilidad del océano y los espacios costeros ante los efectos del 	No Determinado	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo conjunto de las instituciones para unir esfuerzos en proyectos de adaptación. • Identificación de funciones de cada entidad para evitar solapamiento de competencias.

República de Colombia

	cambio climático global, especialmente los relacionados con el aumento del nivel medio del mar y sus efectos.		
Documento Conpes 3700 de 2011	<ul style="list-style-type: none"> Dar viabilidad técnica y financiera a proyectos relacionados con el cambio climático para la mitigación y la adaptación. 	No Determinado	<ul style="list-style-type: none"> Facilitar los proyectos ya avanzados en cuanto a sus estudios ambientales y licencias, específicamente los rellenos de playa en San Andrés.

A nivel local en Cartagena

Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 de Cartagena “ <i>Campo para tod@s</i> ”. Programa “ <i>Cartagena polo de Desarrollo industrial y exportador</i> ”	<ul style="list-style-type: none"> Proponer estrategias de articulación a nivel sectorial y en los ámbitos nacional y distrital, con el fin de generar una gestión compartida y coordinada, y la información pertinente y oportuna para una adecuada toma de decisiones que permita contrarrestar de manera efectiva y oportuna los efectos de cambio climático. (INVEMAR et al., 2012) Conseguir a través del dragado del canal del Dique su recuperación de navegabilidad como arteria fluvial para la competitividad. Buscar la recuperación de playas por medio de rellenos de arena para adaptación al cambio climático, protección de infraestructura y apoyo al turismo en la ciudad. Propiciar un nuevo POT más realista, estratégico y prospectivo, que tenga en cuenta las nuevas dinámicas urbanas, económicas, políticas y administrativas de la ciudad y el Distrito, así como los fenómenos naturales que inciden en el territorio, como la variabilidad y el cambio climático. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> Considerar las variables climáticas no sólo en el Plan de Desarrollo Distrital, sino también en el Plan de Ordenamiento Territorial. Aprovechamiento del material extraído en el canal del dique para las obras iniciales del relleno de playa en Cartagena, previo estudio de la composición de las arenas extraídas.
---	---	--------	---

A nivel Local en San Andrés

Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 denominado “ <i>Para tejer un mundo más humano y seguro</i> ”	<ul style="list-style-type: none"> Dado que el Archipiélago hace parte de un sistema nacional e internacional de múltiples interrelaciones, el Plan debe guardar coherencia, por un lado, especialmente con el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 “Prosperidad para todos” Asumir directrices emanadas por DNP, de los diferentes ministerios, documentos CONPES, Visión Colombia 2019, planes decenales nacionales sectoriales, entre otros. “A 2015 haber mejorado (dragado) la infraestructura del canal de acceso a los muelles del Departamento (1 en San Andrés y 1 en Providencia)”. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> Generación de capacidades locales para la gestión del riesgo. Utilizar la arena obtenida de estas obras como material de insumo para el relleno de playa a realizar en la región, con el fin de lograr sinergias entre los diferentes proyectos y acciones a ejecutar.
--	---	--------	---

Periodo

Meta para relleno de playa en la línea estratégica 2

2013	Propuesta de agenda de trabajo con las distintas estancias, que vayan guiadas a la ejecución de los proyectos piloto en ambas ciudades
2014	Viabilizar con el ANLA y el FONADE los proyectos planteados por la alcaldía de Cartagena y la gobernación de San Andrés en cuanto a los rellenos de playa.
2015	Formular las políticas de estudios ambientales basados en términos de referencia acordes a

las características de las zonas de implementación de los proyectos de rellenos de playa.

Conclusiones

En Colombia, en los órdenes administrativos y planificadores públicos de los diferentes niveles, existen múltiples propósitos para enfrentar los efectos del cambio climático mediante la implementación de herramientas que buscan la adaptación en las zonas marino-costeras y las cuales, como fue afirmado al iniciar la descripción de la presente línea estratégica, más que ser excluyentes resultan ser complementarios. Así y dado que el objetivo es común en todos los niveles de planificación esbozados, como segunda medida, después del estudio de amenazas propuesto en la línea 1 para el TNA, se sugiere que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y específicamente la Dirección de Cambio Climático revise los elementos aquí esbozados, con el objetivo de involucrar a las partes interesadas inmersas en este proceso, así como sus recursos, para la implementación puntual de los rellenos de playa en Cartagena y San Andrés. En la Figura 12 se recogen los elementos anteriormente expuestos de manera gráfica para que la Dirección de Cambio Climático convoque a las partes involucradas.

Figura 12. Línea estratégica de acción 2 - Relaciones entre los diferentes niveles de políticas gubernamentales. RP: Rellenos de Playa.



Fuente: elaboración propia

4.1.2.3 Línea estratégica de acción 3: generación de capacidades locales y nacionales

El desarrollo o generación de capacidades se define como “el proceso mediante el cual la población, las organizaciones y la sociedad estimulan y desarrollan sistemáticamente sus capacidades en el transcurso del tiempo, a fin de lograr sus objetivos sociales y económicos, a través de mejores conocimientos, habilidades, sistemas e instituciones, entre otras

República de Colombia

cosas” (Naciones Unidas, 2009). Así, la tercera línea estratégica de acción para los proyectos de rellenos de playa en Cartagena y San Andrés en el marco del proyecto TNA, está orientada hacia la generación de capacidades locales y nacionales.

En materia de generación de capacidades, el grupo de trabajo del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Colombia, considera que el proceso debe ser orientado desde el Gobierno Nacional hacia las diferentes regiones.

4.1.2.5 Objetivos de la Línea estratégica de acción 3: generación de capacidades locales y nacionales.

- **Objetivo General:** Generar las capacidades necesarias a medio plazo (6 años) para entender el funcionamiento de los rellenos de playa, con miras a desarrollar técnicas que permitan la implementación y operación en el largo plazo en las diferentes zonas costeras del país.
- **Objetivos Específicos:**
 - Generar las capacidades académicas y profesionales a nivel local y nacional para operar y ejecutar todas las fases de la tecnología de rellenos de playa
 - Garantizar los recursos que faciliten la operación y el mantenimiento en el largo plazo de los rellenos de playa.

La Tabla 32 resume las políticas y objetivos que van en miras a la generación de capacidades en el país.

Tabla 32. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 3.

Línea Estratégica 3: Generación de capacidades Locales y Nacionales			
Instrumento Legal / Plan de desarrollo /Política	Objetivo / Actividad	Meta / Tiempo de Alcance	Aportes Esperados
A Nivel Nacional			
Programa Colombia Visión 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la generación de información y conocimiento científico y tecnológico, y crear capacidades para un desarrollo innovador y competitivo de los territorios marino-costeros. • Articular la política nacional y local y convocar a las entidades implicadas en cada una de las fases del ciclo de vida de la tecnología de rellenos de playa para ambas ciudades, reconociendo la institucionalidad propia de cada una. 	ND	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de formación de profesionales locales, con capacidades para realizar análisis batimétricos, topográficos, estudios de oleaje y corrientes, así como modelación del comportamiento de las variables requeridas para la construcción de modelos de predicción y pronósticos; formación para interpretación de series de datos de batimetrías, nivel del mar, vientos, oleaje y sedimentos, entre otros. • Fomento de la coordinación entre la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Asuntos Marinos y Costeros y Recursos Acuáticos, del MADS, (con carácter de autoridad ambiental). • Aprovechamiento óptimo de la información existente para potencializar el diseño y ejecución de las obras de relleno de playas, fortaleciendo las

República de Colombia

relaciones institucionales que generan y administran la información requerida.

A nivel local en Cartagena			
Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 de Cartagena "Campo para tod@s". Programa "Cartagena Innovadora"	<ul style="list-style-type: none"> Orientación y fortalecimiento de las capacidades institucionales en ciencia, tecnología e innovación, por medio de una política local de Ciencia, Tecnología e Innovación, para aprovechar y apropiarse del conocimiento, de forma tal que permita un desarrollo social y económico incluyente, con competitividad. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación y formación de los profesionales requeridos para llevar a cabo en la ciudad de Cartagena las obras de ejecución y operación de los rellenos de playa y de esta forma contribuir en la generación de empleo local.
A nivel Local en San Andrés			
Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 denominado "Para tejer un mundo más humano y seguro". Programa denominado "Gestión Integral de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático"	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer el Sistema Departamental para la prevención, mitigación, reducción del riesgo y adaptación al cambio climático. 	La meta para el 2015 es la implementación de cuatro (4) estrategias que incrementen las capacidades locales para la Gestión Integral del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático.	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer las capacidades (humanas y técnicas) por medio de la ejecución y operación del relleno de playa en un área de afectación específica, previamente definida.
Periodo	Meta para relleno de playa en la línea estratégica 3		
2013	Propuesta de agenda de trabajo con las distintas estancias, que vayan guiadas a la ejecución de los proyectos piloto en ambas ciudades		
2014	Buscar el apoyo de institutos y entidades de carácter internacional que permitan generar las capacidades de manejo de los sistemas de rellenos de playa		
2015	Generar las capacidades necesarias tanto en las entidades de control como en las entidades ejecutoras de obras costeras para facilitar la aprobación o negación de licencias en la implementación de los proyectos de rellenos de playa.		
2015	Incluir las líneas estratégicas dentro de los planes de gobierno de Cartagena y San Andrés para dar continuidad al Plan de Acción propuesto		

En la Figura 13, se muestran los planteamientos esbozados en la Tabla 32 .

Finalmente, puede observarse cómo las diferentes líneas estratégicas de acción, propuestas para el TNA, están inmersas en la planificación en los diferentes niveles de Gobierno. Por lo tanto, es de esperar que al existir sinergia entre el proyecto TNA y dichos planes nacionales y locales, este sea fomentado entre las estrategias de adaptación al cambio climático.

Figura 13. Línea estratégica de acción 3 – Generación de capacidades locales y nacionales, a partir de lineamientos de política ya existentes



4.2. Plan de Acción de la tecnología sistemas de monitoreo avanzado

4.2.2 Líneas estratégicas de acción para la tecnología de sistemas de monitoreo avanzado en Cartagena y San Andrés

4.2.2.1 Línea estratégica de acción 1: estudios específicos de amenaza e impactos asociados al cambio climático, en Cartagena y San Andrés: tecnología sistema de monitoreo avanzado

Una amenaza climática se puede definir como “la posibilidad, probabilidad o potencialidad de que cambios o fenómenos climáticos (sequías o períodos anormalmente húmedos o lluviosos, entre otros) afecten por un tiempo prolongado lugares específicos como cultivos, espacios de trabajo, sitios sagrados, zonas de habitación, o el bienestar y la salud de las personas o poblaciones en sus territorios” (Chavarro et al., 2008). Para la tecnología de sistema de monitoreo avanzado en las regiones seleccionadas, esta línea estratégica posee la misma connotación descrita en el apartado 4.1.2.1 para la tecnología de rellenos de playa en Cartagena y San Andrés. Como se enfatizó anteriormente, esta tecnología apunta a generar información de detalle en cuanto a amenazas y riesgos específicos, así como la estimación de sus impactos esperados en las zonas marino-costeras del país. Adicionalmente, para el caso de la presente tecnología, realizar los estudios de amenazas permite establecer una línea base sobre los elementos identificados, obteniéndose información para la construcción y consolidación de bases de datos, que servirán como insumos para la planificación posterior, de forma más acertada y puntualizada, con base en modelos climatológicos que permitan predecir los comportamientos que podrían suponer riesgos para la población y los ecosistemas y por lo tanto, disminuir la vulnerabilidad.

República de Colombia

Así, la línea estratégica de acción 1 para la tecnología sistema de monitoreo avanzado si bien apunta a la realización de estudios específicos de amenaza para Cartagena y San Andrés, igual que para la tecnología rellenos de playa, estos se conciben como insumos para la planificación posterior de forma asertiva y eficiente. Con la implementación y operación del sistema de monitoreo avanzado se podría hacer seguimiento al comportamiento de las variables climáticas a lo largo del tiempo e incorporar la información obtenida a los modelos de predicción y pronóstico, potencializando la elaboración posterior de planes de contingencia y planes de prevención contra el riesgo de desastres en las ciudades foco de análisis, y tal vez en la Región Caribe en general.

4.1.2.6 Objetivos de la Línea estratégica de acción 1: estudios específicos de amenazas e impactos asociados al cambio climático en Cartagena y San Andrés: tecnología sistema de monitoreo avanzado

- **Objetivo General:** Realizar en el término del corto plazo (2 años) un estudio de amenazas a escala local asociadas al cambio climático en las zonas costeras de alguna de las áreas priorizadas (Cartagena o San Andrés), con el fin de facilitar la implementación del sistemas de monitoreo adecuado que permita caracterizar y medir constantemente dichas amenazas (huracanes, mares de leva, marejadas, inundaciones, ascenso del nivel del mar, erosión, entre otras).
- **Objetivos Específicos:**
 - Proponer la conformación de un grupo de expertos para diseñar y construir un proyecto piloto de monitoreo en las áreas priorizadas (San Andrés o Cartagena)
 - Generar alternativas de asignación de recursos para dichos estudios por parte de los gobiernos locales a partir de la inclusión del proyecto en los planes de desarrollo y las políticas de gestión del riesgo
 - Vincular al manejo y operación del sistema de monitoreo a las instituciones de educación e investigación locales
 - Construir bases de datos históricos de las mediciones del sistema de monitoreo para próximos proyectos investigativos que vayan en miras al desarrollo de capacidades y conocimiento de la zona de incidencia.

4.2.2.2 Línea estratégica de acción 2: articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles: tecnología sistema de monitoreo avanzado

Al igual que para los rellenos de playa, la línea estratégica de acción 2 para las tecnologías de sistemas de monitoreo avanzado en Cartagena y San Andrés, está orientada hacia la búsqueda de sinergias entre las planificaciones en los diferentes niveles de Gobierno, lo cual implica la articulación entre políticas elaboradas por las instituciones o entidades gestoras.

4.1.2.7 Objetivos de la Línea estratégica de acción 2: articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles.

- **Objetivo General:** Incluir en el medio plazo (6 años) las líneas estratégicas aquí planteadas dentro de los planes de desarrollo de las áreas priorizadas (Cartagena o San Andrés), para garantizar la implementación exitosa de los sistemas de monitoreo en los lugares planteados a partir del cumplimiento de los objetivos de la línea estratégica 1.
- **Objetivos Específicos:**
 - Plantear las condiciones políticas e institucionales para lograr desarrollar los proyectos piloto de sistemas de monitoreo avanzado en la ciudad de Cartagena y San Andrés.
 - Garantizar las condiciones de implementación y replicabilidad de los sistemas de monitoreo con miras a la formación de una red nacional de monitoreo a partir de la investigación rigurosa y el apoyo científico de las instituciones de investigación locales y nacionales.
 - Buscar la asignación de recursos para promover los proyectos piloto con miras a que se conviertan en el modelo a seguir por las demás regiones del país.

La Tabla 33 presenta un resumen de estas políticas y los objetivos que están relacionados con los sistemas de monitoreo Avanzado.

Tabla 33. Planes y actividades relacionados en la línea estratégica 2.

Línea Estratégica 2: Articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles: tecnología sistema de monitoreo avanzado			
Instrumento Legal / Plan de desarrollo / Política	Objetivo / Actividad	Meta / Tiempo de Alcance	Aportes Esperados
A Nivel Nacional			
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 <i>“Prosperidad para todos”</i>	<ul style="list-style-type: none"> considera como acción específica dentro de la línea para la gestión del riesgo, la ampliación por parte del IDEAM e INGEOMINAS, de las redes de monitoreo y alerta temprana actualización de los mapas de amenaza a escalas regionales y locales. 	4 años	<ul style="list-style-type: none"> Mapas de amenaza a escalas Locales
Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI	<ul style="list-style-type: none"> promover ante las instancias competentes, la instalación de sistemas de alerta y prevención para las zonas costeras de acuerdo con el riesgo presente”. 	No Determinado	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de sistemas de medición y monitorización de variables meteorológicas.
Política Nacional del Océano y del Espacio Costero-PNOEC	<ul style="list-style-type: none"> monitoreo del cambio climático a través del establecimiento de programas de investigación, seguimiento y fortalecimiento de los sistemas de monitoreo oceanográfico y meteorológico marino en el país 	No Determinado	<ul style="list-style-type: none"> Investigación y Desarrollo en sistemas de monitoreo
A nivel local en Cartagena			
Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 de Cartagena <i>“Campo para tod@s”</i> . Programa <i>“Cartagena polo de Desarrollo industrial y exportador”</i>	<ul style="list-style-type: none"> lograr la articulación y fortalecimiento de la ciencia, tecnología e investigación en la Región Caribe Colombiana, mediante la coordinación de acciones y ejecución conjunta de recursos entre los municipios, distritos y departamentos y demás sectores de la vida regional. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> Asignación de recursos para los sistemas de monitoreo.
A nivel Local en San Andrés			
Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 denominado <i>“Para tejer un mundo más humano y seguro”</i>	<ul style="list-style-type: none"> “gestionar la implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana”, en el marco de la actuación tendiente a la gestión integral del riesgo de desastres en la región. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> Generación de capacidades locales para la gestión del riesgo.
Periodo	Meta para sistemas de monitoreo en la línea estratégica 2		
2013	Propuesta de agenda de trabajo con las distintas estancias, que vayan guiadas a la ejecución de los proyectos piloto en ambas ciudades		
2014	Proyecto formulado con la participación de las entidades locales en San Andrés y nacionales como el IDEAM, INVEMAR, DIMAR etc. para la implementación del sistema de monitoreo avanzado para gestión de recursos		
2014	Formular alternativas de sistemas de monitoreo avanzado para Cartagena de indias articulado al Plan de Adaptación al Cambio Climático de Cartagena		
2015	Incluir las líneas estratégicas dentro de los planes de gobierno de Cartagena y San Andrés para dar continuidad al Plan de Acción propuesto		

República de Colombia

Todos elementos que se presentan en la Tabla 33 se integran totalmente con las líneas estratégicas de acción 1 y 3 del TNA para la tecnología de sistema de monitoreo avanzado en Cartagena y San Andrés.

Integrando las tres propuestas anteriores, se puede concluir que para las ciudades seleccionadas como áreas foco para la implementación de sistemas de monitoreo avanzado, es potencial su implementación, dado que hace parte de las agendas y por lo tanto puede presumirse que existen recursos para su ejecución y operación.

4.2.2.3 Línea estratégica de acción 3: generación de capacidades locales y nacionales: tecnología sistema de monitoreo avanzado

La generación de capacidades es un proceso tendiente a la adquisición de conocimientos, habilidades y estrategias en el transcurso del tiempo, que potencialicen el logro de los objetivos de desarrollo del país. La generación de capacidades debe partir de una decisión de política del orden nacional y debe buscarse su integración con las decisiones de orden local.

4.1.2.8 Objetivos de la Línea estratégica de acción 3: generación de capacidades locales y nacionales.

- **Objetivo General:** Generar las capacidades necesarias a medio plazo (6 años) para entender el funcionamiento de los sistemas de monitoreo, con miras a la formulación de alertas tempranas para prevención de amenazas, generación de pronósticos y estudios de variabilidad en la zona de implementación.
- **Objetivos Específicos:**
 - Generar las capacidades académicas y profesionales a nivel local y nacional para operar y ejecutar todas las fases de la tecnología de sistemas de monitoreo avanzado
 - Garantizar los recursos que faciliten la operación y el mantenimiento en el largo plazo de los sistemas de monitoreo avanzado.
 - Promover la cultura de la medición científica como medio de conocimiento y entendimiento de nuestro entorno y de la historia de ocurrencia de fenómenos naturales, a partir del monitoreo constante de las variables generadas en la interacción de océano-atmosfera-tierra.

A continuación en la Tabla 34 se presentan los objetivos de las políticas que apoyan esta línea estratégica en los sistemas de monitoreo:

Tabla 34. Planes y actividades relacionadas en la línea estratégica 3.

Línea Estratégica 3: Generación de capacidades Locales y Nacionales			
Instrumento Legal / Plan de desarrollo /Política	Objetivo / Actividad	Meta / Tiempo de Alcance	Aportes Esperados
A Nivel Nacional			
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”	<ul style="list-style-type: none"> • Formular e implementar una estrategia para el fortalecimiento de la investigación en gestión del riesgo, que coadyuve a la producción de información, desarrollo tecnológico e investigación científica, en el campo del análisis y la reducción del riesgo colectivo, a cargo de la DGR-MIJ y en coordinación con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. 	4 años	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos que servirán de insumos para el diseño, implementación y operación del sistema de monitoreo avanzado propuesto en el TNA • Insumos requeridos para planificar medidas contra el riesgo de desastres en el país y en las regiones costeras especialmente
A nivel local en Cartagena			
Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 de Cartagena “Campo para tod@s”. Programa	<ul style="list-style-type: none"> • Control y la vigilancia ambiental, así como la educación y la búsqueda del apoyo de los sectores productivos, para la construcción de información estratégica en esta materia. 	3 años	<ul style="list-style-type: none"> • Insumo principal para la operación exitosa del sistema de monitoreo avanzado en la ciudad.

República de Colombia

<i>“plan de adaptabilidad de la ciudad al cambio climático (intrusión de la marea)”</i>			
A nivel Local en San Andrés			
Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 denominado <i>“Para tejer un mundo más humano y seguro”</i> . Programa denominado <i>“fortalecimiento de capacidades locales para la Gestión del Riesgo y Adaptación al cambio climático”</i> ,	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer el Sistema Departamental para la prevención, mitigación, reducción del riesgo y adaptación al cambio climático. 	<p><i>A 2015 haber gestionado la implementación de un sistema de alerta temprana acorde con las amenazas y vulnerabilidades prioritarias del Departamento”</i> así como</p> <p><i>“A 2014 haber implementado un banco de datos histórico que recopile y documente el riesgo en el territorio insular”.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> implementación y operación en San Andrés de los sistemas de monitoreo avanzado
Periodo	Meta sistemas de monitoreo en la línea estratégica 3		
2013	Propuesta de agenda de trabajo con las distintas estancias, que vayan guiadas a la ejecución de los proyectos piloto en ambas ciudades		
2014	Proyecto formulado con la participación de las entidades locales en San Andrés y nacionales como el IDEAM, INVEMAR, DIMAR etc. para la implementación del sistema de monitoreo avanzado para gestión de recursos		
2015	Buscar el apoyo de institutos y entidades de carácter internacional que permitan generar las capacidades de manejo de los sistemas de monitoreo avanzado		
2015	Incluir las líneas estratégicas dentro de los planes de gobierno de Cartagena y San Andrés para dar continuidad al Plan de Acción propuesto		

En conclusión, existen elementos plasmados en las directrices dadas por los diferentes niveles de gobierno y plasmados en sus planes respectivos, que cuentan con una transversalidad en sus políticas y acciones, lo cual potencializa la implementación de la tecnología de sistemas de monitoreo avanzado en Cartagena y San Andrés, como parte de una estrategia conjunta entre los niveles locales y nacionales de gobierno.

4.3 Conclusiones y propuesta para implementar los planes de acción para las tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés

En la Tabla 35 se muestra una síntesis de las descripciones realizadas en los apartados 4.1. Plan de Acción de la tecnología rellenos de playa y 4.2. Plan de Acción de la tecnología sistemas de monitoreo avanzado, y sus partes integrantes, acompañadas de una propuesta de actividades específicas para implementar en el corto, mediano y largo plazo y las acciones consideradas necesarias para la superación de las barreras identificadas en cada una de las fases del ciclo de vida de las tecnologías priorizadas para Cartagena y San Andrés. Los elementos allí expuestos, están delimitados por las tres líneas estratégicas de acción propuestas para ambas tecnologías, buscándose con ello acercar las acciones a emprender y la obtención de resultados eficaces y eficientes al ejecutar las acciones propuestas para ambas regiones de manera conjunta, reconociéndose las particularidades y planificaciones del desarrollo elaboradas por cada una.

Debe tenerse en cuenta, que los horizontes de corto, mediano y largo plazo aquí asumidos, se anclaron a la duración del período electoral en el país, esto es, cuatro (4) años. Aun así, deben ser coherentes con la duración de las políticas, por tal razón, el corto plazo (CP) se plantea a 2 años, el mediano plazo a 6 años y el largo plazo a 10 años. Esta decisión se tomó basándose en el argumento que uno de los principales obstáculos detectados para la implementación de medidas, proyectos y actividades para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático ha sido la falta de voluntad política y la falta de continuidad y priorización de las políticas en esta materia. Por lo tanto, contemplar estos horizontes de planificación en la propuesta permitiría llevar más allá del gobierno vigente los impactos de la implementación de las tecnologías priorizadas en el proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas en las zonas seleccionadas.

Tabla 35. Planes de Acción de las tecnologías priorizadas en Cartagena y San Andrés

Línea estratégica de acción	Proyectos/Programas/Actividades	Indicadores de cumplimiento	Actores involucrados	Marco normativo, planes y proyectos actuales transversales (Nivel nacional y local)
<p>1. Estudios específicos de amenazas e impactos asociados al cambio climático, en las áreas seleccionadas</p>	<p style="text-align: center;">CP (2015)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un estudio de amenazas y riesgos del cambio climático sobre Cartagena y San Andrés, que determine la intensidad, magnitud, escala y área total de incidencia - Un estudio de valoración socio-económica de impactos de las obras sobre los asentamientos poblacionales aledaños a las obras - Un encuentro semestral con las comunidades aledañas a las zonas de las obras de las tecnologías para informarlas del cronograma de las obras y escuchar sugerencias en torno a ellas - Un estudio económico-ambiental de los impactos sobre los recursos naturales a intervenir 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de estudios de amenaza y riesgos realizados - Número de estudios de valoración socio-económica de los impactos de las obras, realizados - Número de encuentros realizados con las comunidades - Número de asistentes de las comunidades a los encuentros - Número de estudios económico-ambiental de los impactos sobre los recursos naturales intervenidos 	<p>MADS Instituciones educativas, científicas y de investigación Comunidades locales Gobernaciones Cartagena y San Andrés Alcaldía Cartagena CARDIQUE, EPA, CORALINA, DIMAR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Lineamientos de política de cambio climático (MADS, DNP, 2002). - Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 “Campo para tod@s” - Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 “Para tejer un mundo más humano y seguro” - Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias. (INVEMAR, 2011b).
	<p style="text-align: center;">MP (2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar una valoración económico-ambiental de los impactos sobre la población y los ecosistemas aledaños a las obras. En caso de ser necesario, diseñar un esquema de compensaciones económicas a las poblaciones aledañas si se concluye que fueron afectadas por las obras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de personas beneficiadas por el mecanismo de compensación económica diseñado. 	<p>MADS CARDIQUE, EPA CORALINA Instituciones educativas, científicas y de investigación Comunidades locales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plan Colombia Visión 2019 - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
	<p style="text-align: center;">LP (2023)</p>			
	CP (2015)			

Parte II – Planes de Acción de las Tecnologías

República de Colombia

2. Articulación y alineación política e institucional entre los diversos niveles

- Promoción de estudios ingenieriles al interior de las Universidades e instituciones con la capacidad de realizar estos estudios, tendientes a la ubicación y definición de fuentes cercanas de arena, que alteren mínimamente el perfil del suelo
- Potencializar el reuso de arena extraída en la ejecución de otros proyectos locales o regionales, p.e. dragado en el Canal del Dique en Pasacaballos (Bahía de Cartagena) y dragados en el canal de acceso a los muelles del Departamento (San Andrés)
- Promoción de un Comité Interinstitucional Nacional de los actores implicados en el proceso de diseño de políticas para adaptación al cambio climático con el objetivo de conformar un grupo que administre, coordine y realice seguimiento a todo el ciclo de vida de las tecnologías priorizadas.
- Promoción de un taller semestral para la revisión conjunta de los niveles nacional y local de la política de planificación a ejecutar en materia de adaptación al cambio climático
- Cuatro (4) talleres de capacitación (un taller anual) orientado al grupo líder, previamente definido por la autoridad ambiental encargada de hacer seguimiento de las fases del ciclo de vida de la tecnología, de la compra de la maquinaria y equipo requerido en temas de política arancelaria y aprovechamiento de las potencialidades de los Acuerdos de Libre Comercio vigentes en el país, para la importación de equipo, maquinaria, software y hardware necesario para ejecutar los diseños y las obras
- Ocho (8) encuentros (dos anuales) entre el MADS, DIAN y grupo líder de la compra de maquinaria, equipo, software y hardware; con el objetivo de diseñar una política arancelaria para la promoción de importación de maquinaria y equipo para las obras RP y SM4
- Diseño de un plan estratégico para el fomento de turismo en las zonas intervenidas

- Número de estudios ingenieriles ejecutados para la búsqueda de sustitutos cercanos a la arena de playa
- Número de sustitutos cercanos identificados y fuentes de obtención
- Número de proyectos de dragado contenidos en los Planes de Desarrollo Locales, de los cuales se utilizó materia prima
- Toneladas de material extraído y con potencial de reuso para los rellenos de playa vs. Toneladas efectivamente utilizadas en el relleno de las playas
- Conformación y puesta en marcha del Comité Interinstitucional Nacional, con representación de los actores implicados en el proceso de diseño de políticas de adaptación al cambio climático en el país
- Número de entidades asistentes a los talleres
- Número de talleres efectivamente dictados
- Conclusiones de los talleres de las sinergias existentes entre los niveles de planificación nacional y local
- Disminución de la duración promedio de trámites arancelarios a la importación de la maquinaria, equipo, software y hardware requerido
- Número de planes estratégicos para el fomento de turismo diseñados

MADS
SENA
Sector académico

CARDIQUE, EPA,
CORALINA

DIAN
MADS
Equipo líder de la compra de equipos requeridos

- Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 “*Campo para tod@s*”
- Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 “*Para tejer un mundo más humano y seguro*”
- Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “*Prosperidad para todos*”
- Acuerdos de libre comercio

MP (2019)

Gobierno

- Plan Nacional de



Parte II – Planes de Acción de las Tecnologías

República de Colombia

<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de los resultados obtenidos por el grupo interinstitucional - Evaluación parcial de los resultados esperados de la aplicación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para las zonas marino-costeras - Dos reuniones nacionales para la revisión de la política arancelaria diseñada - Aplicación paulatina de la reducción de aranceles con el fin de generar experiencias en torno al funcionamiento potencial de ésta - Ejecución del plan para el fomento del turismo 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de proyectos/medidas contemplados en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático ejecutados en las zonas marino-costeras - Porcentaje estimado de disminución de la vulnerabilidad de las zonas marino-costeras, con la aplicación de los proyectos/medidas en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Número de reuniones realizadas - Número de asistentes a las reuniones o encuentros - Número de instituciones con representación en los eventos - Variación porcentual de los costos arancelarios medida a través de los costos de importación de los equipos - Porcentaje de incremento del turismo un año después de la ejecución del plan 	<p>Nacional DIAN MADS Gobiernos Regionales Gobiernos Locales</p>	<p>Adaptación al Cambio Climático</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias (INVEMAR, 2011b). - Lineamientos de política de cambio climático (MADS, DNP, 2002). Acuerdos de libre comercio
<p>LP (2023)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias(INVEMAR, 2011b). - Lineamientos de política de cambio climático (MADS, DNP, 2002) 	
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de los resultados esperados de la aplicación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para las zonas marino-costeras - Ajuste del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en el componente orientado a las zonas marino-costeras, con base en los resultados obtenidos y las dinámicas en dichas áreas geográficas. - Ejecución de la política diseñada para la promoción de importación de la maquinaria, equipos, software y hardware requeridos para las obras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajuste efectivo del Plan Nacional de Adaptación. - Variación porcentual de los costos arancelarios medido a través de los costos de importación. 	<p>Gobierno Nacional DIAN MADS</p>	<p>Gobierno Nacional DIAN MADS</p>
<p>3. Generación de</p>	<p>CP (2015)</p>	<p>MADS</p>	<p>- Plan de Desarrollo</p>

Parte II – Planes de Acción de las Tecnologías

República de Colombia

<p>capacidades locales y nacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promoción de un Encuentro Nacional entre administradores de series de datos requeridos y Universidades, centros de I+D+i, y demandantes de información del orden local - Promoción de un Encuentro Local para Cartagena y un encuentro local para San Andrés, entre administradores de series de datos requeridos y Universidades, Centros de I+D+i, como demandantes de la información - Diseño de un programa de capacitación del recurso humano local a nivel técnico para la operación de la tecnología de sistema de monitoreo avanzado - Ejecución del programa de capacitación técnica en los niveles locales - Diseño de un programa de becas para profesionales para estudios especializados (en el interior o exterior del país), en áreas de la ingeniería relativos a temáticas marino-costeras 		<ul style="list-style-type: none"> - Número de Encuentros Nacionales realizados - Número de Encuentros Locales realizados - Número total de asistentes a los encuentros realizados - Número de entidades representadas en los encuentros - Número de programas técnicos de capacitación diseñados - Número de personas inscritas en el programa técnico de capacitación - Número de técnicos graduados. - Número de programas de becas para profesionales diseñados - Número de becas creadas - Número de inscritos al programa de becas - Número de becas otorgadas 	<p>SENA Instituciones educativas, científicas y de investigación IDEAM DIMAR CIOH CARDIQUE CORALINA Ministerio de Educación SENA Universidades locales COLCIENCIAS INVEMAR</p>	<p>Distrital 2012-2015 “Campo para tod@s” - Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 “Para tejer un mundo más humano y seguro” - Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”</p>
MP (2019)		<ul style="list-style-type: none"> - Número de series de tiempo consolidadas y utilizadas como insumos para la operación de las tecnologías priorizadas - Número de modelos de predicción y pronóstico construidos y efectividad de los resultados predichos y pronosticados - Número de programas profesionales de capacitación diseñados - Número de profesionales becados que concluyó sus estudios (al interior o en el exterior) y aplica sus conocimientos en el sector público y privado 	<p>MADS Instituciones educativas, científicas y de investigación IDEAM DIMAR CIOH Ministerio de Educación Universidades locales COLCIENCIAS INVEMAR IGAC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plan Colombia Visión 2019 - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias (INVEMAR, 2011b).
LP (2023)			<p>MADS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Plan Colombia Visión

Parte II – Planes de Acción de las Tecnologías

República de Colombia

	<p>- Refinamiento de los modelos esbozados para predicción y pronóstico y consolidación de modelos para las zonas marino-costeras, integrados con los sistemas de alerta temprana para la prevención del riesgo de desastres</p>	<p>- Número de modelos de predicción y pronósticos consolidados, con una vigencia de estimación adecuada a largo plazo</p>	<p>Instituciones educativas, científicas y de investigación IDEAM DIMAR CIOH INVEMAR</p>	<p>2019 - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias (INVEMAR, 2011b).</p>
--	--	--	--	---

CP: Corto plazo (período de 2 años). MP: Mediano plazo (período de 6 años). LP: Largo plazo (período de 10 años).

Parte III

**IDEAS DE PROYECTO PARA
ADAPTACIÓN AL CAMBIO
CLIMÁTICO EN ZONAS
COSTERAS DE COLOMBIA**

INTRODUCCIÓN

Los resultados de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA, por sus siglas en inglés) para adaptación al cambio climático presentaron dos áreas geográficas en Colombia como zonas de alta vulnerabilidad frente a efectos negativos del cambio climático: San Andrés y Cartagena. De igual forma, a través de un proceso de priorización se eligieron las tecnología de rellenos de playa y sistemas de monitoreo avanzado.

Con estos resultados, el MADS decidió llevar a un mayor detalle la evaluación de necesidades tecnológicas con el fin de facilitar la implementación de proyectos en zonas específicas en ambas ciudades. Para lograrlo, con los recursos adicionales suministrados por el MADS se realizaron talleres y visitas técnicas a algunas entidades gubernamentales en San Andrés y Cartagena en busca de información primaria, y reuniones bilaterales que permitieron identificar zonas prioritarias para realizar intervenciones, las cuales se generaron gracias al interés de participación mostrado por los asistentes de las gobernaciones y alcaldías a los talleres que se realizaron en cada zona (Cartagena y Sn Andrés).

En dichas reuniones se logró establecer que ambas ciudades han incluido el tema dentro de sus Planes de Desarrollo locales y avanzado en actividades para adaptación al cambio climático. Por tal motivo, con las visitas técnicas se logró identificar sinergias entre los proyectos ya planteados por los gobiernos locales y el proyecto TNA.

El presente documento propone de una manera general los proyectos específicos que pueden ser planteados para lograr la implementación de las tecnologías en las dos áreas.

Ideas de proyectos para la implementación de Sistemas de Monitoreo Avanzado – (SMA) en San Andres Isla y en Cartagena de Indias, Colombia

La Evaluación de Necesidades Tecnológicas para adaptación al cambio climático en Colombia dio como resultado la priorización de la tecnología: sistema de monitoreo avanzado –SMA-. El SMA está compuesto de un conjunto de subsistemas que comprenden un primer paso para la formación de sistemas que van guiados a la formulación de alertas tempranas. El SMA está compuesto por equipos de medición remota *in-situ*, sistemas en movimiento, sistemas de modelación computacional y sistemas de comunicación. Con la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real se pretende comunicar oportunamente a la comunidad costera, la ocurrencia de un evento extremo o la existencia de un peligro inminente.

Uno de los beneficios más notables de los sistemas de monitoreo es posibilitar la optimización de la inversión y ordenamiento territorial de zonas de riesgos, a partir de los datos recolectados a largo plazo por los equipos de monitoreo.

Un sistema de monitoreo avanzado está compuesto por una serie de subsistemas que cumplen diferentes funciones, pero que en conjunto conforman una herramienta funcional y óptima para la generación de alertas tempranas. Así mismo, permite la adquisición, control, manejo y generación de datos meteorológicos, hidrodinámicos y oceanográficos, los cuales cubren las variables necesarias para entender los fenómenos del medio que nos rodea y como nos afectan y así buscar las soluciones adecuadas a los mismos.

Dentro del desarrollo del proyecto TNA, el equipo de trabajo en Colombia ha propuesto una metodología de análisis en fases de desarrollo de las tecnologías definidas como: **concepción (C), diseño (D), implementación (I), y operación (O)**, adaptadas del enfoque CDIO para el desarrollo de sistemas y productos en la ingeniería (Crawley et al. 2011), en adelante serán nombradas como **fases CDIO**.

Por esta razón, las ideas de proyecto se presentan bajo las fases CDIO. De esta forma, la primera idea de proyecto corresponde a la fase de concepción y diseño, y la segunda a las fases de implementación y operación.

IDEA DE PROYECTO 1: Concepción y diseño de un sistema de monitoreo avanzado para San Andrés Isla y Cartagena de Indias

1. **Título Proyecto:** Concepción y diseño de un sistema de monitoreo, y generación de capacidades humanas y técnicas para su implementación y operación.
2. **AREAS TEMATICAS:** Educación, investigación y desarrollo, ingeniería de proyectos.
3. **Aspectos Esenciales del proyecto:**
 - Concepción y diseño del sistema de monitoreo apropiado para cada zona (San Andrés Isla y Cartagena de Indias).
 - Estudios locales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo climático.
 - Caracterización de amenazas por cambio climático en cada zona.
 - Manejo de bases de datos y sistemas de información.
 - Generación de capacidades técnicas y científicas.
4. **Instituciones responsables del proyecto:**
 - 4.1. **San Andrés:** Gobernación de San Andrés, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM, CORALINA, COLCIENCIAS, INVEMAR, UNIVERSIDADES.
 - 4.2. **Cartagena:** Alcaldía de Cartagena, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM, CARDIQUE, COLCIENCIAS, INVEMAR, UNIVERSIDADES.
5. **Resumen del proyecto (introducción, antecedentes y relación con otras prioridades nacionales):**
 - 5.1. **Introducción:** En el país se han hecho esfuerzos por promover políticas, lineamientos, proyectos y leyes que buscan el manejo óptimo y la conservación de los recursos naturales que constituyen el valor más grande del tesoro nacional. De la misma forma, la inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación y la inversión en I+D (Investigación y Desarrollo), han aumentado considerablemente en los últimos años. Cada vez las universidades e institutos de educación superior entregan al país, técnicos y profesionales con alto nivel académico y mayor experiencia, creando así la posibilidad de formar grupos de expertos en diferentes disciplinas con las capacidades necesarias para formular, ejecutar y dirigir proyectos de investigación e ingeniería, y de construir las capacidades técnicas y científicas necesarias en la implementación de proyectos.
 - 5.2. **Antecedentes y relación con otras prioridades nacionales:** El CONPES 3700 de 2011 (Consejo Nacional 2011), establece la “Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia”. El objetivo es facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial. El CONPES 3700 resalta la necesidad del país de comprender y actuar frente a este fenómeno como una problemática de desarrollo económico y social, y busca generar espacios para que los sectores y los territorios integren dicha problemática dentro de sus procesos de planificación, articular a todos los actores para hacer un uso adecuado de los recursos, disminuir la exposición y sensibilidad al riesgo, aumentar la capacidad de respuesta y preparar al país para que se encamine hacia la senda del desarrollo sostenible, generando competitividad y eficiencia (Consejo Nacional 2011). Especialmente para las zonas marino-costeras se han desarrollado programas que buscan mejorar las condiciones de vulnerabilidad a la que están expuestas tanto la población como los ecosistemas y promover la sostenibilidad de los recursos naturales; entre ellas, la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de

Colombia –PNAOCI-, la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros- PNOEC y la Política Nacional Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo –PND.

Justificación: La Política Nacional Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”, se titula *Sostenibilidad Ambiental y Prevención del Riesgo* y, se divide en dos apartados: el primero trata la gestión ambiental integrada y compartida y el segundo, la gestión del riesgo de desastres. En el primer apartado, el PND formula los siguientes lineamientos estratégicos: la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; la gestión integral del recurso hídrico; la gestión ambiental urbana y sectorial; el cambio climático, la reducción de la vulnerabilidad y adaptación y estrategia de desarrollo bajo en carbono; y por último buen gobierno para la gestión ambiental. Por otro lado y como resultado de lo indicado en el PND, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) tiene como objetivo reducir el riesgo y los impactos socioeconómicos asociados a la variabilidad y al cambio climático en Colombia. Para esto, el Gobierno nacional pretende brindar una serie de insumos metodológicos. Estos insumos ayudarán a sectores y territorios con los siguientes objetivos: (a) generar un mayor conocimiento sobre los riesgos potenciales e impactos actuales, dentro de lo que se incluye su valoración económica; (b) aprovechar las oportunidades asociadas al cambio y a la variabilidad climática; (c) incorporar la gestión del riesgo climático en la planificación del desarrollo sectorial y territorial; y (d) identificar, priorizar, implementar, evaluar y hacer seguimiento de medidas de adaptación para disminuir la vulnerabilidad y exposición de los sistemas socioeconómicos ante eventos climáticos (DNP, IDEAM, MADS & UNGDR, 2012).

De lo anterior, puede concluirse que existe un interés del gobierno nacional, los gobiernos locales y posiblemente los sectores privados para que se realicen proyectos que promuevan la conservación de los recursos naturales costeros, que ayuden a controlar la pérdida de tierras por causa de la erosión costera, reducir la amenaza a las inundaciones por causa del ascenso del nivel del mar, implementar alternativas para la adaptación al cambio climático y sobre todo, que ayuden a incentivar el turismo nacional e internacional hacia las zonas costeras en las cuales se desarrolla esta actividad como primer renglón de las actividades económicas. Así mismo, el gobierno está interesado en la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo al que están sometidos los pobladores de las zonas costeras, sus ecosistemas y la infraestructura en constante desarrollo, construida de una manera sostenible y amigable con el ambiente. Con la creación de un grupo de trabajo multidisciplinario de expertos se busca llevar a cabo la fase de Concepción y Diseño de un sistema de monitoreo avanzado para cambio climático y gestión ambiental costera en la isla de San Andrés y en Cartagena de Indias, para que se convierta en una herramienta que facilite la adaptación al cambio climático y se constituya en un elemento básico para la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo de los pobladores, los ecosistemas y la infraestructura. De la misma forma el grupo se encargaría de generar las capacidades técnicas y científicas necesarias para la implementación y operación del sistema de monitoreo.

6. Costo estimado global: \$950.000.000 COP (US\$518.000)

Tabla 36. Actividades y presupuesto de la idea de proyecto Concepción y Diseño de un Sistema de Monitoreo para San Andrés Isla y Cartagena de Indias

FASE	Actividad	Meta	Duración	Costo (COP)
Concepción	Conformación de grupo de trabajo con profesionales idóneos para las tareas	Equipo de expertos	1 mes	N.D
	Misiones tecnológicas para aprendizaje en equipos de última tecnología	Expertos capacitados	2 meses	\$100.000.000
	Construcción de capacidades en el manejo de radares meteorológicos y oceanográficos en las zonas de interés y a las instituciones involucradas en el sistema de monitoreo.	Mínimo 20 personas capacitadas entre profesionales y técnicos	6 meses	\$200.000.000
	Estudios de amenaza	Caracterizar amenazas por cambio climático	8 meses	\$300.000.000
	Construcción de mapas y demás resultados	Resultados como línea base para diseños y gestión del riesgo.	2 meses	\$200.000.000
Diseño	Propuesta de diseño de sistema de monitoreo	Diseño del sistema de monitoreo avanzado	6 meses	\$100.000.000
	Construcción de planos de detalle de necesidades técnicas	Planos de detalle para construcción	3 meses	\$50.000.000
TOTAL			27 meses	\$950.000.000

7. Plazo estimado de ejecución: 2.5 años.

8. Objetivos:

8.1. General: Crear un grupo multidisciplinario de expertos para que realicen la concepción y diseño de un sistema de monitoreo avanzado para cambio climático y gestión ambiental costera en la isla de San Andrés y en Cartagena de Indias.

8.2. Específicos:

- Concebir y diseñar el sistema de monitoreo apropiado para la isla de San Andrés y para Cartagena de Indias, el cual permita la adquisición, control, manejo y generación de datos meteorológicos, hidrodinámicos y oceanográficos, y que cumpla las condiciones de ser el primer insumo para un sistema de formulación de alertas tempranas y una herramienta para la adaptación al cambio climático.
- Construir capacidades en el manejo de radares meteorológicos y oceanográficos en las zonas de interés en las instituciones involucradas en el sistema de monitoreo.

9. Resultados / Beneficios del proyecto:

9.1. La concepción y diseño del sistema de monitoreo permitirá cubrir las necesidades de información para el entendimiento de los fenómenos climáticos y atmosféricos.

- 9.2. La concepción y diseño adecuado de los sistemas de monitoreo para san Andrés y Cartagena ayudarán a obtener el mayor provecho de los recursos disponibles, con el fin de usar de manera más eficiente el sistema completo.
- 9.3. Los diseños permitirán escoger herramientas abiertas y flexibles como base del sistema, y facilitará la integración de productos de diferentes proveedores.
- 9.4. Los diseños necesarios para la construcción del sistema de monitoreo avanzado.
- 9.5. El grupo de expertos servirá como medio útil para la formulación de proyectos de investigación, innovación, y será un gran aporte para desarrollo de la isla y un fundamento en la toma de decisiones.
10. **Beneficiarios (población y zona):** Los principales beneficiarios de la concepción y diseño del proyecto de sistema de monitoreo serán:
- Las comunidades expuestas a las amenazas.
 - Los ecosistemas monitoreados
 - Los encargados del desarrollo en infraestructura del país
 - La comunidad científica y académica
 - Las entidades encargadas de la atención a desastres.
 - Los tomadores de decisión de los entes territoriales (alcaldes, secretarías de planeación etc.)
 - El personal capacitado.
11. **Indicadores relacionados con el resultado:** Los indicadores de los resultados estarán reflejados en la cantidad de instituciones vinculadas al proyecto, cantidad de proyectos de desarrollo o innovación formulados por el grupo, número de actividades de capacitación realizadas, cantidad de población beneficiaria, número de empleos generados en la isla, cantidad de recursos económicos ejecutados.
12. **Estrategia de implementación:** Las entidades locales interesadas iniciaría con una convocatoria nacional, a expertos en diferentes temas costeros para conformar el grupo de trabajo. La asignación de recursos será definidos por los gobiernos locales, con el apoyo de entidades nacionales, quienes serán los encargados de solicitar los requerimientos de productos y objetivos completos que debe ejecutar el grupo.
13. **Posibles complicaciones y deficiencias:** Una posible complicación para este proyecto será la asignación de recursos para la conformación del grupo de expertos y las actividades de la concepción y diseño del sistema de monitoreo.
14. **Responsabilidades y la coordinación:**
- 14.1. **San Andrés:** Las entidades territoriales y autoridades ambientales (CORALINA), con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible coordinarían el grupo de expertos. EL IDEAM e INVEMAR serían las entidades encargadas de formular las necesidades que deben cubrir los diseños presentados por los expertos. Igualmente, las universidades podrían participar como colaboradores científicos al grupo.
- 14.2. **Cartagena:** Las entidades territoriales y autoridades ambientales (CARDIQUE), con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible coordinarían el grupo de expertos. EL IDEAM e INVEMAR serían las entidades encargadas de formular las necesidades que deben cubrir los diseños presentados por los expertos. Igualmente, las universidades podrían asesor como colaboradores científicos al grupo.

IDEA DE PROYECTO 2: Implementación y operación de un sistema de monitoreo en San Andrés Islas y Cartagena de Indias

1. **Titulo Proyecto:** Implementación y puesta en marcha de un sistema de monitoreo avanzado en la isla de San Andrés y en Cartagena de Indias.
2. **AREAS TEMATICAS:** Investigación y desarrollo, ingeniería de proyectos, tecnología de la información.
3. **Aspectos Esenciales del proyecto:**
 - Construir e implementar a partir de diseños previos, el sistema de monitoreo para la isla de San Andrés y para la Ciudad de Cartagena.
 - Manejo de bases de datos y sistemas de información.
 - Monitoreo y medición de variables oceanográficas e hidrometeorológicas para adaptación al cambio climático.
4. **Instituciones responsables del proyecto:**
 - 4.1. **San Andrés:** Gobernación de San Andrés, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM, CORALINA, INVEMAR, UNIVERSIDADES.
 - 4.2. **Cartagena:** Alcaldía de Cartagena, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM, CARDIQUE, INVEMAR, UNIVERSIDADES.
5. **Resumen del proyecto (introducción, antecedentes y relación con otras prioridades nacionales):**
 - 5.1. **Introducción:** Un sistema de monitoreo avanzado está compuesto por una serie de subsistemas que cumplen diferentes funciones y que permite la adquisición, control, manejo y generación de datos meteorológicos, hidrodinámicos y oceanográficos, los cuales cubren las variables necesarias para entender los fenómenos del medio que nos rodea y la forma en que dichas variables nos afectan, para así buscar las soluciones adecuadas. Adicionalmente, el SMA sirve para la generación de alertas tempranas lo que lo convierte en una herramienta que brinda grandes posibilidades para la gestión del riesgo y la planificación de las zonas costeras.
 - 14.3. **Antecedentes y relación con otras prioridades nacionales:** El CONPES 3700 de 2011 (Consejo Nacional 2011), establece la “Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia”. El objetivo es facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial. El CONPES 3700 resalta la necesidad del país de comprender y actuar frente a este fenómeno como una problemática de desarrollo económico y social, y busca generar espacios para que los sectores y los territorios integren dicha problemática dentro de sus procesos de planificación, articular a todos los actores para hacer un uso adecuado de los recursos, disminuir la exposición y sensibilidad al riesgo, aumentar la capacidad de respuesta y preparar al país para que se encamine hacia la senda del desarrollo sostenible, generando competitividad y eficiencia (Consejo Nacional 2011). Especialmente para las zonas marino-costeras se han desarrollado programas que buscan mejorar las condiciones de vulnerabilidad a la que están expuestas tanto la población como los ecosistemas y promover la sostenibilidad de los recursos naturales; entre ellas, la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia –PNAOCI-, la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros- PNOEC y la Política Nacional Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo –PND.

5.2. **Justificación:** Los constantes cambios del clima y la variabilidad climática misma han generado la necesidad de conocer constantemente el estado de las condiciones del medio en el que habitamos. Esto sólo puede lograrse con un esquema de medición constante del medio natural y de las variables que se han definido para describir los fenómenos climáticos, atmosféricos y en general, cualquier fenómeno natural. Aunque el país cuenta con sistemas de monitoreo constante para algunas variables, no se tiene información puntual para algunas regiones del país, lo que implica que no se cuenta con una red robusta y funcional de monitoreo que lleve un constante registro de esta información. La importancia del sistema de monitoreo radica en los servicios que pueda ofrecer a la comunidad y a los ecosistemas. Dentro de los servicios que puede ofrecer eficazmente el SMA se encuentran: **(a) La Medición**, la cual permite un seguimiento y monitoreo constante y confiable de las variables atmosféricas (viento, presión, temperatura, humedad, lluvia, radiación). **(b) El Pronóstico**, el cual con ayuda de la modelación permite la implementación de un modelo de pronóstico atmosférico, modelos de respuesta hidrológica e hidrodinámica, y modelos oceanográficos, con el fin de garantizar la predicción de eventos extremos que tengan grandes probabilidades de ocurrencia en las zonas monitoreadas. **(c) Generación de alertas**, las cuales permiten a los profesionales a través de un análisis de datos históricos actualizados, la emisión de alertas certeras a la comunidad a través de diferentes medios de comunicación, ya sea por radio o boletines en internet con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas ante los riesgos y diferentes tipos de amenazas. El sistema permitirá reducir los impactos de los fenómenos mediante la implementación de medidas de respuesta ante una amenaza inminente. Muchas instituciones, corporaciones y centros de investigación en el mundo monitorean constantemente el planeta y Colombia no puede ser ajena a ello.

6. **Costo estimado global: \$ 4.406.000.000 COP (USD\$2.400.000 aprox.)**

Tabla 37. Actividades y presupuesto de proyecto Implementación y puesta en marcha de un Sistema de Monitoreo para San Andrés Isla y Cartagena de Indias

FASE	Actividad	Meta	Duración	Costo (COP)
Implementación	Arreglo institucional para el manejo de la información	Política de manejo de información	6 meses	N.D*
	Búsqueda de recursos para adquisición y manejo de información	Acceso a Bases de Datos	2 meses	N.D*
	Adquisición de equipos necesarios	Adquisición de todos los equipos de medición y procesamiento de la información	6 meses	\$4.000.000.000**
	Montaje de equipos, software y necesidades técnicas	Montaje sistema de monitoreo	3 meses	\$300.000.000
	Adquisición de modelos para predicción	Generar pronósticos con miras a formular alertas tempranas	N.A	N.A
Operación	Contratación de personal necesario	Generación de mínimo 9 empleos directos	3 meses	\$40.000.000***
	Medición de variables	Generación de base de datos	N.A***	\$16.000.000**
	Montaje de sistemas de publicación de información	Mínimo publicación de información en páginas web.	5 meses	\$50.000.000
Mantenimiento	Mantenimiento preventivo y correctivo de todo el sistema	Operatividad constante del sistema de monitoreo	N.A***	N.A****

TOTAL	27 meses	\$4.406.000.000
-------	----------	-----------------

*N.D: No Disponible

** Este valor corresponde al total aproximado del valor de equipos ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.46.**

***Este valor debe entenderse como un costo de operación mensual del sistema.

**** N.A. No Aplica.

7. **Plazo estimado de ejecución:** 27 meses

8. **Objetivos:**

8.1. General: Implementar un sistema que permita el monitoreo constante de eventos de variabilidad climática para reducir la vulnerabilidad de la población, ecosistemas, infraestructura y sistemas productivos en la isla de San Andrés Y Cartagena de Indias.

8.2. Específicos:

- Gestionar recursos financieros para implementar y operar el sistema de monitoreo
- Instalar equipos.
- Realizar las actividades necesarias para la puesta en marcha del sistema
- Apoyar la toma de decisiones en adaptación al cambio climático de las zonas costeras con una fundamentación técnica y científica.
- Realizar estudios locales guiados a la caracterización e identificación de amenazas relacionadas al cambio climático en la isla de San Andrés y en Cartagena de Indias.
- Construir mapas de riesgo y vulnerabilidad para la isla de San Andrés y de Cartagena de Indias.

9. **Resultados / Beneficios del proyecto:**

9.1. El principal beneficio del proyecto será la adquisición de equipos de medición de última generación, entre ellos radares y modelos numéricos.

9.2. El sistema de monitoreo permite conocer el comportamiento histórico de la atmósfera, del mar, de los ríos y todos aquellos fenómenos naturales que pueden afectar a la población humana, la infraestructura y los ecosistemas

9.3. Fuente constante de información útil para la investigación, la innovación, el desarrollo y toma de decisiones.

9.4. El sistema de monitoreo puede entenderse como el principal paso para definir el sistema de alerta temprana, cuyo objetivo primordial es la identificación de las amenazas para reducir los riesgos.

10. **Beneficiarios (población y zona):** Los principales beneficiarios de la creación del grupo de expertos para la creación del proyecto de sistema de monitoreo serán:

- Las comunidades expuestas a las amenazas.
- los ecosistemas monitoreados
- Los encargados del desarrollo en infraestructura del país
- la comunidad científica y académica
- Las entidades encargadas de la atención a desastres.
- Los tomadores de decisión de los entes territoriales (alcaldes, secretarías de planeación etc.)
- El personal capacitado.
- El personal empleado.

11. **Indicadores relacionados con el resultado:** Los indicadores de los resultados estarán reflejados en la cantidad de instituciones vinculadas al proyecto, la calidad de la base de datos, cantidad de personas o empresas que utilizan la

información, cantidad de población beneficiaria, número de empleos generados en la isla, medidas de reducción de la vulnerabilidad y el riesgo.

12. Estrategia de implementación: complementar los equipos del IDEAM e INVEMAR en Cartagena y San Andrés, y fortalecer capacidad en los aspectos de infraestructura, equipos y personal, considerando que son las entidades técnicas nacionales encargadas del monitoreo, información y alerta frente a este tipo de fenómenos. Se generaría información como punto de partida para la preparación, alistamiento y respuesta efectiva. Así mismo, se generaría un nivel de autonomía a las entidades que invierten los dineros, con el fin de ejecutar los recursos necesarios para la implementación y puesta en marcha de estos sistemas.

13. Posibles complicaciones y deficiencias:

13.1. San Andrés: La ubicación geográfica de la isla juega un papel importante a la hora de implementar los sistemas de monitoreo que puede presentar dificultades por problemas de electricidad, falta de información oceanográfica, meteorológica y ambiental que permita el uso de sistemas de alerta temprana para el manejo costero y la prevención de desastres, acceso a información es restringida y que los equipos utilizados para el monitoreo no permiten predicciones sin el apoyo de modelos numéricos.

13.2. Cartagena: Falta de compromiso político para asignar recursos, y operar el sistema, vandalismo y la falta de cultura ciudadana.

14. Responsabilidades y la coordinación:

14.1. San Andrés: Las entidades territoriales y autoridades ambientales (CORALINA), con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible coordinarían el grupo de expertos. EL IDEAM e INVEMAR serían las entidades encargadas de formular las necesidades que deben cubrir los diseños presentados por los expertos. Igualmente, las universidades podrían participar como colaboradores científicos al grupo.

14.2. Cartagena: Las entidades territoriales y autoridades ambientales (CARDIQUE), con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible coordinarían el grupo de expertos. EL IDEAM e INVEMAR serían las entidades encargadas de formular las necesidades que deben cubrir los diseños presentados por los expertos. Igualmente, las universidades podrían asesorar como colaboradores científicos al grupo.

Ideas de proyectos para la implementación de rellenos de playa en San Andres Isla y Cartagena de Indias

El litoral Caribe colombiano tiene una extensión aproximada de 1.642 km y el litoral Pacífico colombiano de 2.188 km (INVEMAR et al. 2012), los cuales incluyen no sólo playas sino también manglares, desembocaduras de ríos y acantilados. Esto se convierte en un reto nacional para la gestión costera. Los efectos ocasionados por el cambio climático como el aumento del nivel del mar y el aumento de la temperatura promedio superficial, y los eventos climáticos extremos como lluvias torrenciales, el fuerte oleaje y el cambio en la dirección del mismo, huracanes y mares de leva, entre otros han generado que la mayor parte de la zona costera de Colombia se encuentre en estados de erosión, aumentando la vulnerabilidad del país a estas amenazas.

Europa sufrió por muchos años los efectos de la erosión costera. En el 2004, aproximadamente 20.000 kilómetros de costa de la Unión Europea (20%), se habían visto afectados. En la mayor parte de las zonas afectadas existía un retroceso efectivo de la línea de costa (15.100 km), a pesar de las obras de defensa (2.900 km). Además, existían otros 4.700 km de costa que han sido estabilizados artificialmente (Comisión Europea 2005).

Dentro de las principales lecciones de los europeos en sus costas, se tiene que muchas obras de protección “duras” han tenido efectos positivos sólo a corto plazo y localmente. Al cortar la deriva litoral, han privado de aportes sedimentarios las playas situadas aguas abajo y han dado lugar a una erosión costera acelerada. Las obras longitudinales, tales como los diques y los rompeolas aumentan también la turbulencia y la pérdida de sedimentos, llegando a socavar sus propios cimientos (Comisión Europea 2005). Por lo tanto, los rellenos de playa como obras blandas han generado un interés particular debido a su capacidad para contribuir de manera positiva tanto a la protección como a funciones de recreación, depuración de agua (en las dunas) y la recuperación de valores ecológicos.

El efecto de las obras duras vivido en Europa se ha visto en nuestro país con la construcción no controlada de este tipo de obras en zonas costeras, como por ejemplo las playas de Arboletes y Coveñas, que han dejado malas experiencias por causa de pérdida deliberada de tierras e infraestructura por causa de la erosión. Por el poco conocimiento en obras blandas como rellenos de playa, se ha recurrido siempre a las obras duras, excepto en casos puntuales en algunas zonas de Colombia, que por su pequeña magnitud no se dan a conocer a nivel nacional, como es el caso de las playas de Santa Marta cerca de la Sociedad Portuaria, con la construcción de la marina de Santa Marta. Otro caso similar, es el de las playas de Bocagrande en Cartagena, en donde se realizaron pequeños rellenos de playa para recuperar la línea de costa, pero que no han sido referenciados en la literatura científica del país.

Con este panorama, Colombia está en constante producción de capacidades técnicas para el manejo de estas tecnologías blandas, y cuenta con experiencias suficientes en la construcción de obras de protección duras, como para reevaluar su efectividad e iniciar un proceso de adaptabilidad al cambio climático en zonas costeras a través del uso de sistemas amigables con el ambiente.

IDEA DE PROYECTO 1: Relleno de playa en San Andrés

1. **Título Proyecto:** Relleno de playa en San Andrés
2. **AREAS TEMATICAS:** Desarrollo de infraestructura, ingeniería de proyectos, gestión Costera
3. **Aspectos Esenciales del proyecto:**
 - Rellenos de playa en áreas vulnerables.
 - Protección de infraestructura.
 - Control de erosión y de inundaciones
 - Protección de ecosistemas.
4. **Instituciones responsables del proyecto:** Gobernación de San Andrés, INVIAS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, CORALINA, INVEMAR, UNIVERSIDADES, entre otras.
5. **Resumen del proyecto (introducción, antecedentes y relación con otras prioridades nacionales):**
 - 1.1. **Introducción:** La erosión costera y la pérdida de playas a causa del aumento en los regímenes de vientos y altura de las olas ha ocasionado la disminución de la actividad turística, la pérdida de infraestructura vial, pérdida de edificaciones, y constantes problemas a la actividad industrial y portuaria en las zonas costeras. Debido a la pérdida de playas se ha disminuido el empleo y los ingresos en el sector turismo, industrial y portuario. Los ecosistemas costeros se han visto seriamente afectados a causa del aumento en la frecuencia de los eventos extremos. Por cambios en la dirección media del oleaje, algunas playas han afectado su equilibrio natural. El ascenso del nivel del mar y la fuerza de las olas han afectado poblaciones e infraestructura desarrollada en algunas zonas del país.
 - 5.1. **Antecedentes y relación con otras prioridades nacionales:** el Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 *“Para tejer un mundo más humano y seguro”* de San Andrés, establece que, *“dado que el Archipiélago hace parte de un sistema nacional e internacional de múltiples interrelaciones, el Plan debe guardar coherencia, por un lado, especialmente con el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 “Prosperidad para todos” y, por otro, con “leyes, políticas, disposiciones, instrumentos y demás factores incidentes tanto del nivel nacional como internacional. Se asumen directrices emanadas del DNP, de los diferentes ministerios, documentos CONPES, Visión Colombia 2019, planes decenales nacionales sectoriales, entre otros”*. Así mismo, en materia de políticas orientadas al cambio climático y gestión del riesgo, también se propende por una articulación en el diseño de las acciones contempladas en el Plan de Desarrollo para San Andrés, donde se indica que: *“la articulación entre la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático se da, debido a que la gestión del riesgo de desastres contempla la prevención, la reducción de vulnerabilidades, la preparación para eventos o escenarios de riesgo y la respuesta ante desastres, así como es el caso de que el cambio climático, considera el aumento del riesgo, por ejemplo al incrementarse la frecuencia de fenómenos de tipo hidro-meteorológico, la degradación ambiental, entre otros”*. Finalmente, para San Andrés, existe el subprograma de *Transporte Marítimo* dentro del Plan de Desarrollo Departamental, con el cual se tiene como meta *“A 2015 haber mejorado (dragado) la infraestructura del canal de acceso a los muelles del Departamento (1 en San Andrés y 1 en Providencia)”*.
 - 5.2. **Justificación:** En Colombia se han presentado problemas de erosión costera, los cuales pueden verse acrecentados con el cambio en la frecuencia e intensidad de eventos extremos debido a la variabilidad climática como huracanes, vientos fuertes, mares de leva, o simplemente por la acción indiscriminada del factor antrópico. La Isla de San Andrés recibe actualmente alrededor de 380.000 turistas por año, de los

cuales, 295.000 son de nacionalidad colombiana y el resto provienen de otros países. La principal actividad económica de la isla es el turismo y su mayor riqueza son sus playas, las cuales están sometidas desde hace varios años a un proceso de deterioro continuo e imparable causado por el régimen de olas que se presenta en la zona, y está en constante vulnerabilidad a enfrentar huracanes. Con esto, surge la necesidad de fortalecer el conocimiento de las comunidades que habitan la isla sobre los fenómenos climáticos que pueden representar algún tipo de amenaza, con el objetivo de que se cuente con su participación activa en los procesos de preparación y reducción del riesgo, tanto para los turistas como para los nativos. Por esta razón, es importante aumentar las medidas de gestión del riesgo frente a este tipo de fenómenos, de manera que se generen soluciones de largo plazo para reducir la vulnerabilidad. La Gobernación de San Andrés tiene antecedentes de estudios realizados para dos zonas erosionadas de la isla. Con esta premisa y con el fin de lograr la articulación de iniciativas, se plantea apoyar las necesidades planteadas desde la Gobernación y la Secretaría de Planeación e Infraestructura de San Andrés y proponer como puntos piloto para implementación de rellenos de playa en la Isla en San Luis y La playa de la zona norte en Spratt Bight, las cuales se indican en la Figura 14.

Figura 14. Isla de San Andrés. Sitios propuestos para rellenos de playa



6. **Costo estimado global:** La estimación de los costos presentados en este apartado, corresponde a un cálculo aproximado de la inversión necesaria para las obras de un relleno de playa. Para alcanzar un valor real se hace necesario un estudio de costos más detallado y especializado, basados en los diseños de una obra en particular.

La Inversión Inicial, varía dependiendo la playa, y puede estimarse que un (1) m³ (metro cúbico) de un relleno de playa que contempla dos obras de contención (diques en roca) puede tener un costo aproximado de \$ 506.972.082 (COP). El análisis de precios unitarios APU se presenta más adelante en la Tabla 47. 7. Considerando valores aproximados, los costos globales para una recuperación de playa de 150 metros de ancho³ por 500 metros de longitud⁴ presentan un valor aproximado de **\$28.300.000.000 COP (USD\$ 15.500.000 aprox).**

³ Entiéndase por ancho de playa, la distancia medida desde el inicio de arena de playa seca hasta la línea de más alta marea, perpendicular al frente de olas.

⁴ Entiéndase por longitud de playa, la distancia medida de forma paralela a la línea de costa ubicada entre las obras de protección.

Tabla 38. Actividades y presupuesto de proyecto de rellenos de Playa en San Andrés

FASE	Actividad	Meta	Duración	Costo (COP)
Concepción	Recopilación de estudios previos detallados de playas en sectores turísticos afectadas por el cambio climático	A 2013 tener estudios	3 meses	N.D*
	Búsqueda de proyectos desarrollados en la zona que estén guiados a la adaptación al cambio climático (actividades planteadas de tipo obras de contención o sustento de playas)	A 2013	3 meses	N.D*
Diseño	Articulación de actividades nacionales y locales para facilitar adquisición de recursos que apoyen el desarrollo de los proyectos	A 2013 gestionar recursos	3 meses	N.D*
	Diseños ingenieriles de obras costeras	A 2014 iniciar diseños	6 meses	\$300.000.000
	Gestión de licencias	A 2015 Licencias	6 meses	N.A
Implementación	Construcción de obras de contención	A 2016 iniciar Obras	6 meses	\$4.000.000.000**
	Dragado		6 meses	\$18.000.000.000**
	Relleno de arena	A 2017 tener playas recuperadas	6 meses	\$6.000.000.000
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento preventivo de obras y arena		N.A***	N.A***
TOTAL			39 meses****	\$28.300.000.000**

*N.D: No Disponible

**Este valor depende directamente del tamaño de la obra.

*** N.A. No Aplica.

**** Este tiempo corresponde a una duración estimada, de acuerdo al contexto del país para alcanzar la implementación total de la tecnología después de pasar por las fases CDIO. Debido a la articulación interinstitucional y de instrumentos nacionales y locales que se proponen, se espera que la implementación del proyecto pueda llevarse a cabo en menos tiempo.

7. **Plazo estimado de ejecución:** 39 meses

8. **Objetivos:**

8.1. **General:** Implementar la tecnología de rellenos de playa como un sistema de defensa natural que permita facilitar la recuperación de playas y reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas ante eventos de variabilidad climática (eventos extremos y ascenso del nivel del mar), además para que sea un complemento en la generación de empleos y restablecimiento de las actividades turísticas.

8.2. **Específicos:**

- Rellenar artificialmente playas que cumplen la función de protección natural contra inundaciones, temporales y ascenso del nivel del mar y que a la vez son de gran importancia para la actividad turística

- Proteger el ecosistema costero y promover el turismo en los lugares que se ha visto afectado y que representan desarrollo económico para la población

9. Resultados / Beneficios del proyecto:

- 9.1. El principal beneficio del proyecto será la recuperación de playas como sistema de defensa natural ante eventos extremos e inundaciones
- 9.2. La recuperación de playas facilitará la reactivación y promoción de actividades turísticas
- 9.3. Ayudará a la conservación y protección de ecosistemas marinos y costeros
- 9.4. Los rellenos de playa reducirán la vulnerabilidad de la infraestructura ante las amenazas que se vivencia en la zona costera.

10. Beneficiarios (población y zona): Los principales beneficiarios del proyecto de rellenos de playa serán:

- Las comunidades expuestas a las amenazas de aumento del nivel del mar, inundaciones y erosión costera y eventos climáticos extremos.
- los ecosistemas aledaños a los rellenos de playa.
- Los encargados del desarrollo en infraestructura del país.
- la comunidad científica y académica.
- Las entidades beneficiadas del turismo
- La comunidad que tiene como principal fuente de recursos económicos, el turismo.
- La infraestructura que se encuentra en la zona vulnerable.
- La industria y el comercio que se ha visto afectado por pérdida de tierras e inundaciones.

11. Indicadores relacionados con el resultado: Los indicadores de los resultados estarán reflejados en la cantidad de playas recuperadas, la protección de infraestructura, el aumento del turismo, la cantidad de población beneficiaria, número de empleos generados en la isla, y las medidas de reducción de la vulnerabilidad y el riesgo.

Estrategia de implementación: Debe tenerse en cuenta, que los horizontes de corto, mediano y largo plazo aquí asumidos, se anclaron a la duración del período electoral en el país, esto es, cuatro (4) años. Así, el corto plazo (CP) equivale a un período electoral (2 años), el mediano plazo a dos períodos electorales (6 años) y el largo plazo a tres períodos electorales (10 años). Esta decisión se tomó basándose en el argumento que uno de los principales obstáculos detectados para la implementación de medidas, proyectos y actividades para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático ha sido la falta de voluntad política y la no continuidad y priorización de las políticas en esta materia. Por lo tanto, contemplar estos horizontes de planificación en la propuesta permitiría llevar más allá del gobierno vigente los impactos de la implementación de la tecnología. Por esta razón se deben formular directrices en los diferentes niveles de gobierno, con el fin de incluir las medidas adaptación (rellenos de playa) en el plan de desarrollo local, lo cual potencializará la implementación de la tecnología en San Andrés y se convertirá en un proyecto de desarrollo para la isla.

12. Posibles complicaciones y deficiencias: La ubicación geográfica de la isla juega un papel importante a la hora de construir rellenos de playa. Los inconvenientes que podrían tenerse al momento de la implementación son: los tiempos requeridos para la aprobación de estudios y de licencias ambientales, la revisión y ajuste de diseños no aprobados, la falta de recursos a nivel local, falta de capacidad técnica (profesionales capacitados, maquinaria adecuada, etc.).

13. Responsabilidades y la coordinación: Las entidades territoriales y autoridades ambientales locales con el apoyo técnico de entidades del orden nacional.

IDEA DE PROYECTO 2: Relleno de playa en Cartagena de Indias

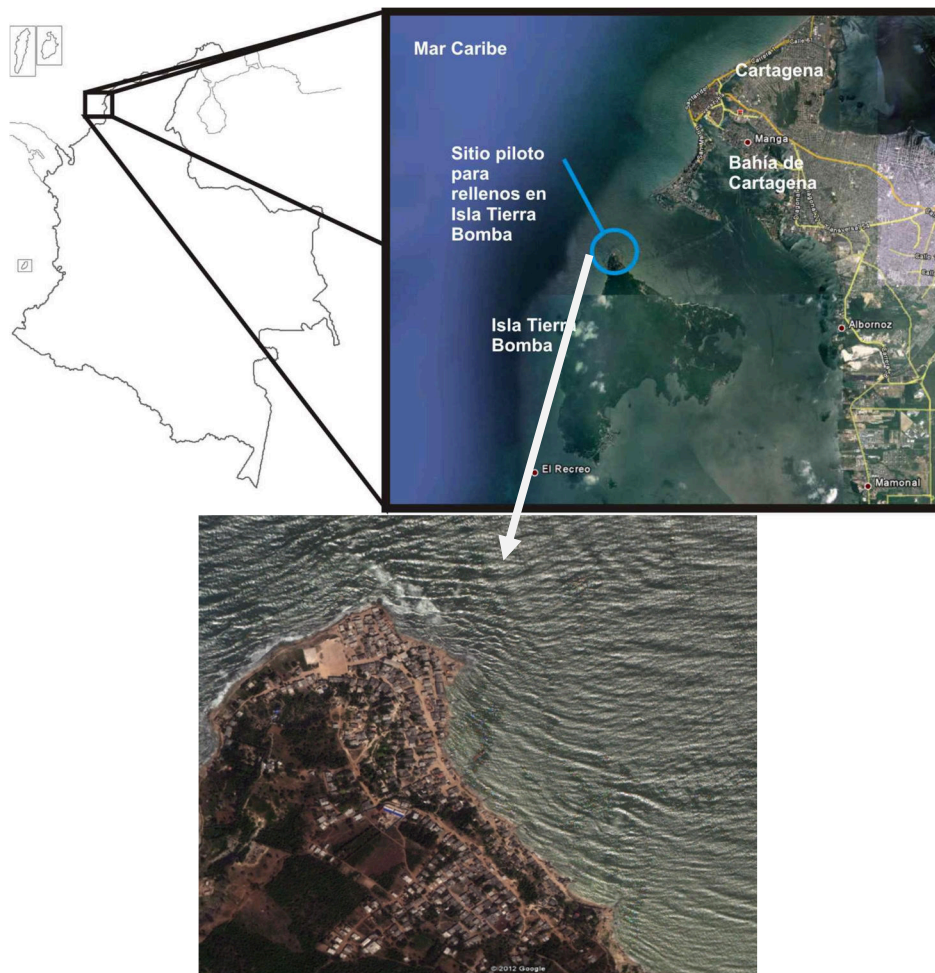
1. **Titulo Proyecto:** Relleno de playa en Cartagena de Indias (Isla de Tierra Bomba)
2. **AREAS TEMATICAS:** Desarrollo de infraestructura, ingeniería de proyectos, gestión costera, control de erosión, control de inundaciones.
3. **Aspectos Esenciales del proyecto:**
 - Rellenos de playa en áreas vulnerables.
 - Protección de infraestructura.
 - Control de erosión y de inundaciones
 - Protección de ecosistemas.
4. **Instituciones responsables del proyecto:** Alcaldía de Cartagena, INVIAS, FONADE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, CARDIQUE, INVEMAR, UNIVERSIDADES.
5. **Resumen del proyecto (introducción, antecedentes y relación con otras prioridades nacionales):**
 - 5.1. **Introducción:** La erosión costera y la pérdida de playas a causa del aumento en los regímenes de vientos y altura de las olas ha ocasionado la disminución de la actividad turística, la pérdida de infraestructura vial, pérdida de edificaciones, y constantes problemas a la actividad industrial y portuaria en las zonas costeras. Debido a la pérdida de playas, se ha disminuido el empleo y los ingresos en el sector turismo, industrial y portuario. Los ecosistemas costeros se han visto seriamente afectados a causa del aumento en la frecuencia de los eventos extremos. Cambios en la dirección media del oleaje en algunas playas han afectado su equilibrio natural. El ascenso del nivel del mar y la fuerza de las olas han afectado poblaciones e infraestructura desarrollada en algunas zonas del país.
 - 5.2. **Antecedentes y relación con otras prioridades nacionales:** el Plan de Desarrollo Distrital 2012-2015 “*Campo para tod@s*”, entre los enfoques conceptuales que lo orientan se tiene el denominado *desarrollo territorial endógeno*, entendido este como “*el proceso de cambio estructural emprendido por la sociedad cartagenera, sustentado en la potenciación de los capitales y recursos existentes localmente (materiales e inmateriales) y en el aprovechamiento de las oportunidades externas, con el fin de dinamizar la economía y de mejorar la calidad de vida de la población. En consecuencia, las políticas públicas distritales tendrán escenarios territoriales alternativos de gestión y ejecución, concibiéndose estos como un medio catalizador, generador de sinergias y de entornos favorables para el desarrollo, que necesita ser planificado y gestionado en el nivel de las articulaciones, redes, integraciones, formación de estructuras, alianzas, etc.*”. Así, entre las metas específicas para el año 2015, hay un alto potencial de integración con la ejecución de las obras asociadas al relleno de playa en la ciudad de Cartagena que han sido propuestas en el marco del proyecto TNA. La *realización de dragados*, se encuentra contenida en las líneas del Plan de Desarrollo Distrital, denominado “*Política Distrital de Gestión Ambiental para la Vida*”. Teniendo en cuenta lo anterior, y con el fin de articular los procesos, se sugiere el aprovechamiento de las arenas de los dragados propuestos por los planificadores del orden Distrital, como insumo para efectuar los rellenos de playa en el marco del proyecto TNA, contribuyendo así al establecimiento de sinergias entre proyectos de diversa naturaleza y cuyo horizonte de ejecución es muy similar (antes de concluir el ciclo electoral vigente). Es necesario sin embargo, que exista un estudio previo de la viabilidad del uso de estas arenas extraídas, teniendo como criterio la no alteración significativa en el perfil de equilibrio de las playas existentes que serán intervenidas como estrategia adaptativa. En este mismo sentido, en el Plan de Desarrollo de Cartagena se plantea como meta u objetivo “*conseguir a través del dragado del canal del Dique su recuperación de navegabilidad como arteria fluvial para la competitividad*”, por lo tanto se sugiere nuevamente, el aprovechamiento del material extraído para

las obras iniciales del relleno de playa en Cartagena, previo estudio de la composición de las arenas extraídas. En esta misma línea y específicamente en cuanto a la sinergia entre los instrumentos de planificación para el Distrito de Cartagena, se tiene que como objetivo estratégico se desea *“propiciar un nuevo POT más realista, estratégico y prospectivo, que tenga en cuenta las nuevas dinámicas urbanas, económicas, políticas y administrativas de la ciudad y el Distrito, así como los fenómenos naturales que inciden en el territorio, como la variabilidad y el cambio climático”*. Como puede observarse, se busca considerar las variables climáticas no sólo en el Plan de Desarrollo Distrital, sino también en el Plan de Ordenamiento Territorial, actualmente en proceso de actualización.

- 5.3. **Justificación:** *“En Cartagena y localidades vecinas se han registrado diferentes alteraciones del equilibrio de la playa, como es el caso del acelerado retroceso de la línea de costa en un sector de la Isla de Tierra Bomba, especialmente donde se ubica el poblado del mismo nombre. Este proceso de deterioro de la línea de costa ha producido malestar y preocupación entre los pobladores, pues han visto desaparecer calles y espacios recreativos, postes de alumbrado y varias casas de los nativos, sintiéndose en cierta forma abandonados por el Estado ante el avance considerable del mar”* (Universidad de Cartagena 2010).

La Isla de Tierra Bomba es una extensión de tierra ubicada al suroccidente de la ciudad de Cartagena, distante de la zona de Castillogrande-Laguito aproximadamente, 2.3 Km. Por su posición geográfica, actúa morfológicamente como una barrera protectora de la Bahía de Cartagena, delimitando sus dos principales entradas. Presenta una economía basada principalmente en la pesca, actividad que se realiza en forma artesanal debido a las costumbres y a las condiciones socioeconómicas de sus habitantes” (Universidad de Cartagena 2010).

Figura 15. Bahía de Cartagena, Isla de Tierrabomba



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth

6. **Costo estimado global:** La estimación de los costos presentados en este apartado, corresponde a un cálculo aproximado de la inversión necesaria para las obras de un relleno de playa. Para alcanzar un valor real se hace necesario un estudio de costos más detallado y especializado, basados en los diseños de una obra en particular.

La Inversión Inicial, varía dependiendo la playa, y puede estimarse que un (1) m³ (metro cúbico) de un relleno de playa que contempla dos obras de contención (diques en roca) puede tener un costo aproximado de \$ 506.972.082 (COP). El análisis de precios unitarios APU se presenta más adelante en la Tabla 47. 7. Considerando valores aproximados, los costos globales para una recuperación de playa de 150 metros de ancho⁵ por 500 metros de longitud⁶ presentan un valor aproximado de **\$20.300.000.000 COP (USD\$ 12.000.000)**.

⁵ Entiéndase por ancho de playa, la distancia medida desde el inicio de arena de playa seca hasta la línea de más alta marea, perpendicular al frente de olas.

⁶ Entiéndase por longitud de playa, la distancia medida de forma paralela a la línea de costa ubicada entre las obras de protección.

Tabla 39. Actividades y presupuesto de proyecto de relleno de playa en Cartagena de Indias

FASE	Actividad	Meta	Duración	Costo (COP)
Concepción	Búsqueda de estudios previos detallados de playas en sectores turísticos afectadas por el cambio climático	A 2013 tener estudios	3 meses	N.D*
	Búsqueda de proyectos desarrollados en la zona que estén guiados a la adaptación al cambio climático (actividades planteadas de tipo obras de contención o sustento de playas)	A 2013	3 meses	N.D*
Diseño	Articulación de actividades nacionales y locales para facilitar adquisición de recursos que apoyen el desarrollo de los proyectos	A 2013 gestionar recursos	3 meses	N.D
	Conformación de grupo de trabajo con profesionales idóneos para las tareas de ejecución de diseños ingenieriles de obras costeras	A 2014 iniciar diseños	6 meses	\$300.000.000
	Gestión de licencias	A 2015 Licencias	6 meses	N.A
Implementación	Construcción de obras de contención	A 2016 iniciar Obras	6 meses	\$4.000.000.000**
	Dragado		6 meses	\$10.000.000.000**
	Relleno de arena	A 2017 tener playas recuperadas	6 meses	\$6.000.000.000
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento preventivo de obras y arena		N.A***	N.A***
TOTAL			39 meses****	\$20.300.000.000

*N.D: No Disponible

**Este valor debe entenderse como un costo de operación mensual del sistema.

*** N.A. No Aplica.

**** Este tiempo corresponde a una duración estimada, de acuerdo al contexto del país para alcanzar la implementación total de la tecnología después de pasar por las fases CDIO. Debido a la articulación interinstitucional y de instrumentos nacionales y locales que se proponen, se espera que la implementación del proyecto pueda llevarse a cabo en menos tiempo.

7. **Plazo estimado de ejecución:** 39 meses

8. **Objetivos:**

8.1. **General:** Implementar la tecnología de rellenos de playa como un sistema de defensa natural que permita facilitar la recuperación de playas y reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas ante eventos de variabilidad climática (eventos extremos y ascenso del nivel del mar), además para que sea un complemento en la generación de empleos y restablecimiento de las actividades turísticas.

8.2. Específicos:

- Rellenar artificialmente playas que cumplen la función de protección natural contra inundaciones, temporales y ascenso del nivel del mar y que a la vez de gran importancia para la actividad turística.
- Proteger el ecosistema costero y promover el turismo en los lugares que se ha visto afectado y que representan desarrollo económico para la población

9. Resultados / Beneficios del proyecto:

- 9.1. El principal beneficio del proyecto será la recuperación de playas como sistema de defensa natural ante eventos extremos e inundaciones
- 9.2. La recuperación de playas facilitará la reactivación y promoción de actividades turísticas
- 9.3. Ayudará a la conservación y protección de ecosistemas marinos y costeros
- 9.4. Los rellenos de playa reducirán la vulnerabilidad de la infraestructura ante las amenazas que se vivencia en la zona costera.

10. Beneficiarios (población y zona): Los principales beneficiarios del proyecto de rellenos de playa serán:

- Las comunidades expuestas a las amenazas de aumento del nivel del mar, inundaciones y erosión costera y eventos climáticos extremos.
- los ecosistemas aledaños a los rellenos de playa.
- Los encargados del desarrollo en infraestructura del país.
- la comunidad científica y académica.
- Las entidades beneficiadas del turismo
- La comunidad que tiene como principal fuente de recursos económicos, el turismo.
- La infraestructura que se encuentra en la zona vulnerable.
- La industria y el comercio que se ha visto afectado por pérdida de tierras e inundaciones.

11. Indicadores relacionados con el resultado: Los indicadores de los resultados estarán reflejados en la Cantidad de playas recuperadas, la protección de infraestructura, el aumento del turismo, la cantidad de población beneficiaria, número de empleos generados en la ciudad, y las medidas de reducción de la vulnerabilidad y el riesgo.

12. Estrategia de implementación: Debe tenerse en cuenta, que los horizontes de corto, mediano y largo plazo aquí asumidos, se anclaron a la duración del período electoral en el país, esto es, cuatro (4) años. Así, el corto plazo (CP) equivale a un período electoral (2 años), el mediano plazo a dos períodos electorales (6 años) y el largo plazo a tres períodos electorales (10 años). Esta decisión se tomó basándose en el argumento que uno de los principales obstáculos detectados para la implementación de medidas, proyectos y actividades para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático ha sido la falta de voluntad política y la no continuidad y priorización de las políticas en esta materia. Por lo tanto, contemplar estos horizontes de planificación en la propuesta permitiría llevar más allá del gobierno vigente los impactos de la implementación de la tecnología. Por esta razón, se deben formular directrices en los diferentes niveles de gobierno, con el fin de incluir las medidas de adaptación (rellenos de playa) en el plan de desarrollo local, lo cual potencializará la implementación de la tecnología en Cartagena de Indias y se convertirá en un proyecto de la ciudad.

13. Posibles complicaciones y deficiencias: Los inconvenientes que podrían tenerse al momento de la implementación son: la falta de arena óptima para ejecutar los rellenos, los tiempos requeridos para la aprobación de estudios y de licencias ambientales, la revisión y ajuste de diseños de obras no aprobados, la falta de recursos a nivel local y la falta de capacidad técnica (Profesionales capacitados, maquinaria adecuada, etc.).

Responsabilidades y la coordinación: Las entidades territoriales y autoridades ambientales locales con el apoyo técnico de entidades del orden nacional

Referencias

- Anthes, R. A., Hsie, E.-Y., & Y.H, K. (1987). Description of the Penn State/NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4). NCAR/TN-282+STR. *National Center for Atmospheric Research*, 66pp.
- Avila, ruth M. (2000). *El AHP (Proceso Analítico Jerárquico) y su Aplicación para Determinar los Usos de las Tierras: El Caso de Brasil*. Santiago de Chile.
- Beccali, M., Cellura, M., & Ardente, D. (1998). Decision making in energy planning: the ELECTRE multicriteria analysis approach compared to a FUZZY-SETS methodology. *Energy Conversion and Management*, 39(16-18), 1869–1881. doi:10.1016/S0196-8904(98)00053-3
- Boldt, J., Nygaard, I., Hansen, U. E., & Trærup, S. (2012). *Orientando el proceso para Superar las Barreras para la Transferencia y Difusión de Tecnologías Relacionadas con el Cambio Climático*. (UNEP, Ed.). Centro Risø de Energía, Clima y Desarrollo Sostenible del PNUMA (URC). Retrieved from http://tech-action.org/Guidebooks/Guia_ENT_SuperacionBarrerasTransferenciaTecnologica.pdf
- Booij, N., Ris, R. C., & Holthuijsen, L. H. (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I: Model description and validation. *J. Geophys. Research*, C4(7649-7666), 104pp.
- Bretherthon, F. P., & Garrett, . J. R. (1968). Wave Trains in inhomogeneous moving media. *Proc. Roy. Soc.*, A302, 529–554.
- Campbell, T. J., & Benedet, L. (2006). Beach Nourishment Magnitudes and Trends in the U . S . , 2004, 57–64.
- Chavarro, M., García, A., García, J., Pabón, J. D., Prieto, A., & Ulloa, A. (2008). *Preparándose para el futuro. Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático* (p. 58). Bogotá DC, Colombia. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/documentos/cartilla_adaptacion.pdf
- CIRIA. (1996). *Beach Management Manual* (p. 448). London. doi:ISBN 0-86017-438 7
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W., & Brodeur, D. (2011). The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education. Copenhagen. Retrieved from http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf
- Cruz de Oliveira, S., Catalão, J., Ferreira, O., & Alveirinho Dias, J. M. (2008). Evaluation of cliff retreat and beach nourishment in Southern Portugal using photogrammetric techniques. *Journal of Coastal Research*, 184–193.
- DANE. (2010). *Informe de Conyuntura Económica Regional-Bolívar*.
- Delimar. (2012). Modelo numérico oceánico. Retrieved from Modelo num?rico oce?nico
- DNP, IDEAM, MADS, U. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. ABC: Adaptación Bases Conceptuales. Marco Conceptual y lineamientos (2012). Retrieved from <http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=CjpadYUKacg=&tabid=1539>
- Dudhia, J., & Bresch, J. F. (2002). A global version of the PSU-NCAR mesoscale model. *Montly Wather Review*, 130, 2989–3007.
- Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación al Cambio Climático*. (2012). (pp. 1–158). Costa Rica.
- Geerts, B. (2012). Wind Profilers. Retrieved from <http://www-das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap15/profiler.html>

Referencias

República de Colombia

- Georgopoulou, E., & Lalas, D. (1997). A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. *European Journal of*
- Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Mirasgedis, S., Zaimi, S., & Lalas, D. . (2003). A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse gases emissions reduction in the energy sector. *European Journal of Operational Research*, 146(1), 199–215. doi:10.1016/S0377-2217(02)00250-3
- GIOC. (2000a). *Documento temático Regeneración de playas* (p. 211). Cantabria, España: Universidad de Cantabria. Retrieved from <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=1325>
- GIOC. (2000b). *Documento temático Regeneración de playas* (p. 211). Cantabria, España: Universidad de Cantabria.
- Hamm, L., Capobianco, M., Dette, H., Lechuga, A., Spanhoff, R., & Stive, M. J. F. (2002). A summary of European experience with shore nourishment. *Coastal Engineering*, (47), 237–264.
- Hanson, H., Brampton, A., Capobianco, M., Dette, H. H., Hamm, L., Laustrup, C., Lechuga, A., et al. (2002). Beach nourishment projects, practices, and Objective: a European overview. *Coastal Engineering*, 47, 81–111.
- Hasselmann, K. (1963). On the nonlinear energy transfer in a gravity-wave spectrum. Part 2: Conservation theorems, waves-particle analogy, irreversibility. *J. Fluid Mech.*, 12, 481–500.
- Henao, F., Cherni, J. a., Jaramillo, P., & Dyer, I. (2012). A multicriteria approach to sustainable energy supply for the rural poor. *European Journal of Operational Research*, 218(3), 801–809. doi:10.1016/j.ejor.2011.11.033
- Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. (2011). *Dinámica, tendencias y variabilidad climática* (p. 265). Retrieved from <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/45542/W.447.pdf>
- INVEMAR. (2011a). Integración de la adaptación al cambio climático de Cartagena de Indias en la planificación territorial y gestión sectorial, 1. Retrieved from <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9406Avanceinformativo1.pdf>
- INVEMAR. (2011b). Integración de la adaptación al cambio climático de Cartagena de Indias en la planificación territorial y gestión sectorial, 1.
- INVEMAR, MADS, Alcaldía de Cartagena, & CDKN. (2012). *Lineamientos de adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias. Proyecto Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la Planificación Territorial y Gestión Sectorial de Cartagena de Indias*. Bogotá DC, Colombia: Serie de documentos especiales del INVEMAR. Retrieved from <http://www.youblisher.com/p/369025-LINEAMIENTOS-DE-ADAPTACION-AL-CAMBIO-CLIMATICO-PARA-CARTAGENA-DE-INDIAS/>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–471. Retrieved from [http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- MADS, & DNP. (2002). *Lineamientos de Política de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia. Retrieved from http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCsQFjAC&url=http://www.mntransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5929&ei=IPqPULeUL4S49QSBloHoAg&usq=AFQjCNFn5_8t9dSQehR-Cxu8_l3QdangYQ&sig2=y3f4FBsO1lw1jc2IZ8kNfQ
- Massel, S. (2005). *Ocean Surface waves: Their physics and prediction. Advanced series on Ocean Engineering*.
- Melgarejo, M., & Moreno, G. (2007). ESCENARIOS DE APTITUD Y MODELIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRECIMIENTO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO, 120–147.

Referencias

República de Colombia

- Michalakes, J., Chen, S., Dudhia, J., Hart, L., Klemp, J., Middlecoff, J., & Skamarock, W. (2001). Development of a next generation regional weather research and forecast model. *Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. World Scientific*, 269–276.
- Miles, J. . (1957). On the Generation of surface waves by shear flow. *J. Fluid Mech.*, 3, 185–204.
- Ministerio de Comercio, I. y T. (2012). *Informe turismo Junio 2012*.
- Mirasgedis, S. (1997). Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems. *European Journal of Operational Research*.
- Molina, L. M., F. Pérez, J. Martínez, J.V. Franco, L. Marín, J. G. y J. C. (1998). *Geomorfología y Aspectos Erosivos del Litoral Caribe*. INGEOMINAS.
- Naciones Unidas. (2009). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*. Retrieved from http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Observatorio de Cambio Climático de Yucatán. (2012). Vulnerabilidad ante el cambio climático. Retrieved October 5, 2012, from <http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/cambio-climatico/vulnerabilidad.php>
- Operativa, E. A. P. D. E. I., & P, P. D. E. A. J. A. H. (2006). Criterios de Selección de Personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico . Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods S . A . C.
- Osorio, J. D. (2012). *Metodologías y técnicas basadas en sistemas de video para la medición de variables hidrodinámicas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Philip, J. R. (1957). Numerical Solution of equations of the diffusion type with diffusivity concentration-dependent, part 2. *Austral J. Physics*, 10, 29–42.
- Radiometrics Corporation. (2012). Microwave Technology for the Environmental Sciences. Retrieved from <http://www.radiometrics.com/>
- Restrepo Villegas, J. C. (2001). *Geomorfología y Análisis de las Variaciones de la Línea de Costa de la Zona Norte del Golfo de Morrosquillo y el Archipiélago de las Islas de San Bernardo, Caribe Colombiano*. Universidad de Caldas.
- Rogers, E., M, E., Lin, Y., Mitchell, K., Parrish, D., & DiMego, G. (2001). Changes to the NCEP Meso Eta Analysis and Forecast System: Assimilation of Observed precipitation, upgrades to land-surface physics, modified 3DVAR analysis. *NWS Technical Procedures, Bulletin N*.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-I
- Sánchez-arcilla, A., & Jiménez, J. A. (1995). Evolucion en planta/perfil de una playa. metodos predictivos. *Ingeniería del Agua*, 2(Abril), 119–132.
- SIATA. (2012). Sistema de Alerta temprana de Medellín - ¿Quiénes somos? Retrieved from <http://siata.gov.co/newpage/web/nosotros.php>
- Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Wang, W., & Powers G., J. (2005). A description of the advanced research WRF version 2. *NCAR Technical Note, NCAR/TN-468+STR*, 8 pp.
- Suzuki, Y., & Isozaki, I. (1994). On the development of a global ocean wave model JWA3G. *Proc. Pacific Ocean Remote Sensing Conf. in Melbourne*, 195–201.

Referencias

República de Colombia

- Tolman, H. L. (1989). The numerical model WAVEWATCH: a third generation model for hindcasting of wind waves on tides in shelf seas. *Communications on Hydraulic & Geotechnical Engineering - Delft University of Technology*, 89(2). Retrieved from [http://www.sinab.unal.edu.co:2066/record/display.url?eid=2-s2.0-0024484129&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=The+numerical+model+WAVEWATCH:+a+third+generation+model+for+the+hindcasting+of+wind+waves+on+tides+in+shelf+seas&sid=gsmmQYS4sh-pdosdh8A5yDn:20&sot=b&sdt=b&sl=127&s=TITLE-ABS-KEY\(The+numerical+model+WAVEWATCH:+a+third+generation+model+for+the+hindcasting+of+wind+waves+on+tides+in+shelf+seas\)&relpos=0&relpos=0&searchTerm=TITLE-ABS-KEY\(The numerical model WAVEWATCH: a third generation](http://www.sinab.unal.edu.co:2066/record/display.url?eid=2-s2.0-0024484129&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=The+numerical+model+WAVEWATCH:+a+third+generation+model+for+the+hindcasting+of+wind+waves+on+tides+in+shelf+seas&sid=gsmmQYS4sh-pdosdh8A5yDn:20&sot=b&sdt=b&sl=127&s=TITLE-ABS-KEY(The+numerical+model+WAVEWATCH:+a+third+generation+model+for+the+hindcasting+of+wind+waves+on+tides+in+shelf+seas)&relpos=0&relpos=0&searchTerm=TITLE-ABS-KEY(The+numerical+model+WAVEWATCH:+a+third+generation)
- Tolman, H. L. (2002). Distributed memory concepts in the wave model WAVEWATCH III. *Parallel Computing*, 28(2), 35–52. doi:10.1016/S0167-8191(01)00130-2
- Ueno, K., & Ishizaka, M. (1997). On an efficient calculation method of the nonlinear energy transfer in wind waves. *Sottukojiho, JMA*, 75–80.
- Undén, P., Rontu, L., Järvinen, H., Lynch, P., Calvo, J., Cats, G., Cuxart, J., et al. (2002). HIRLAM-5 scientific documentation. *HIRLAM-5 Project, SMHI*, 146 pp. Retrieved from <http://www.hirlam.org/open/>
- Universidad de Cartagena. (2010). *Convenio interadministrativo no. 6105396. Estudios y diseños de alternativas para la estabilización de la Boca del Laguito y un sector de la línea de costa de la isla de Tierrabomba*.
- Universidad de Valparaíso. (2012). Modelo Atmosférico. Retrieved from http://www.meteo.uv.cl/lma/index.php/Modelo_Atmosferico
- Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., & Dokken, D. (1997). *Informe especial del IPCC: Impactos Regionales del Cambio Climático. Evaluación de la Vulnerabilidad*. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf>
- Whitham, G. B. (1965). A general approach to linear and nonlinear dispersive waves using a lagrangian. *J. Fluid Mech.*, 22, 273–283.
- Wikipedia. (2012).
- World Meteorological Organization. (2012). DBCP - The Data Buoy Cooperation Panel. Retrieved from <http://www.wmo.int/pages/prog/amp/mmop/dbcp.html>
- Würtenberger, L., Cameron, L. R., Yowargana, P., Lu, Q., Sambeek, E. Van, & Chu, J. (2010). Methodology for Climate Technology and Prioritization in a Global Context, (December).

Anexos

Anexo I. Factsheets de Tecnologías

A.1.1 Rellenos de playa

Posible sector Beneficiado	Turismo, transporte
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Regeneración o rellenos de playa
Nombre opcional	Rellenos de playa
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	Cartagena presenta altos índices de erosión y pérdida de tierras a causa del ascenso del nivel del mar, afectando la infraestructura vial cercana a la costa, el servicio hotelero y el transporte
Escala	Gran escala (km)
Disponibilidad	Corto plazo, sujeta a fuentes de suministros adecuados de arenas para el relleno
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Sistemas funcionales en playas de Europa, afectadas por problemas similares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Selección de áreas piloto en las que se encuentran estructuras primarias de gran importancia, como hospitales, centros de salud, bomberos y lugares de afectación importante a la infraestructura vial.
Reducción de vulnerabilidad en 10 años*	No estimable en años, pero reducción de vulnerabilidad a inundaciones y avance en la pérdida de tierras
Impactos	
Prioridades de desarrollo social del país*	Evita el retroceso de la línea de costa y recupera tierras abnegadas
Prioridades de desarrollo económico del país*	Proteger las zonas con alto aporte turístico y comercial
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Promover la conservación de la biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Protección del sector Hotelero, turístico y de transporte
Costos	
Costos de capital en 10 años*	US\$ 13 953 850.42
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	US\$ 22 652 570.11
Otros costos en 10 años	No Aplica

A.1.2 Restauración de Humedales

Posible sector Beneficiado	Pesquero, turismo
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Restauración de Humedales
Nombre opcional	Recuperación de zonas de amortiguamiento
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	La existencia de mangarles y estuarios en las zonas costeras funcionan como un sistema natural de control de inundaciones y de intrusión de agua salina
Escala	Escala media (Escala local variable con el tamaño de los humedales)
Disponibilidad	Casos de estudios particulares, existencia de capacidades científica y académicas
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	La conservación de zonas de manglar y estuarios funcionan como sistemas de defensa natural en contra de las inundaciones y de la fuerza del oleaje.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Ubicación de manglares y estuarios afectados por la tala y la sobrepesca para concientización social, reforestación y recuperación de la zona. Trabajo social fuerte para el entendimiento del problema y las escenarios en caso de existir el humedal
Reducción de vulnerabilidad en 10 años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Ecosistemas y biodiversidad
Prioridades de desarrollo económico del país*	Pesca sostenible
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Promover la conservación de la biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Utilización de las zonas para obtención controlada de recursos de madera y pesca
	Costos
Costos de capital en 10 años*	US\$ 2 530 914.13
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	US\$ 4 164 936.66
Otros costos en 10 años	No Aplica

A.1.3 Regeneración – Construcción de Dunas

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Regeneración de dunas
Nombre opcional	Sustento de arena de playa
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	Cartagena presenta altos índices de erosión, pérdida de tierras a causa del ascenso del nivel del mar afectando la infraestructura vial cercana a la costa
Escala	Escala media, (escala local)
Disponibilidad	Corto Plazo, sujeto a disponibilidad de áreas
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Las dunas de arena hacen parte del sistema natural de playa y funcionan como bancos de arena para épocas de temporal de las playas. Son un sistema de defensa natural de la playa.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Selección de áreas piloto en las que se cuenta con el espacio para implementar dunas que funcionarían como sistemas de protección. Regulación de los usos de arena de playa en centros urbanizados.
Reducción de vulnerabilidad en 10 años*	
Impactos	
Prioridades de desarrollo social del país*	Evita el retroceso de la línea de costa y promueve el turismo
Prioridades de desarrollo económico del país*	Proteger las zonas con alto aporte turístico
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Promover la conservación de la biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Protección del sector hotelero, turístico y de transporte
Costos	
Costos de capital en 10 años*	US\$ 8 177 839.34
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	US\$ 25 520 394.39
Otros costos en 10 años	No estimado por falta de información

A.1.4 Sistema de Monitoreo SM0

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo, pesquero, industria
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Sistemas de Monitoreo
Nombre opcional	Sistema de Alerta temprana
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	El país cuenta con un déficit alto de información oceanográfica e hidrodinámica tanto en el Pacífico como en el Caribe, por lo que la vulnerabilidad es mayor al no tener las herramientas para estudiar las soluciones a los problemas en las zonas costeras.
Escala	Gran escala y escala local
Disponibilidad	Medio plazo (Construcción de capacidades)
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Se han implementado en el país sistemas de obtención de datos oceanográficos y meteorológicos. Sistemas de alerta temprana y radares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Mejora de sistemas de adquisición de datos y reglamentación interinstitucional para acceso a la información. Propuesta de sistemas piloto.
Reducción de vulnerabilidad en x años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Manejo de información de base científica y desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo económico del país*	Desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Protección de la Biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Políticas de cooperación interinstitucional
	Costos
Costos de capital en 10 años*	US\$ 30000
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	No estimado por falta de información
Otros costos en x años	No Aplica

A.1.5 Sistema de Monitoreo SM1

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo, pesquero, industria
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Sistemas de Monitoreo
Nombre opcional	Sistema de Alerta temprana
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	El país cuenta con un déficit alto de información oceanográfica e hidrodinámica tanto en el pacífico como en el Caribe, por lo que la vulnerabilidad es mayor al no tener las herramientas para estudiar las soluciones a los problemas en las zonas costeras.
Escala	Gran escala y escala local
Disponibilidad	Medio plazo (Construcción de capacidades)
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Se han implementado en el país sistemas de obtención de datos oceanográficos y meteorológicos. Sistemas de alerta temprana y radares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Mejora de sistemas de adquisición de datos y reglamentación interinstitucional para acceso a la información. Propuesta de sistemas piloto.
Reducción de vulnerabilidad en x años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Manejo de información de base científica y desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo económico del país*	Desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Protección de la Biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Políticas de cooperación interinstitucional
	Costos
Costos de capital en 10 años*	205000
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	No estimado por falta de información
Otros costos en x años	No Aplica

A.1.6 Sistema de Monitoreo SM2

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo, pesquero, industria
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Sistemas de Monitoreo
Nombre opcional	Sistema de Alerta temprana
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	El país cuenta con un déficit alto de información oceanográfica e hidrodinámica tanto en el pacífico como en el Caribe, por lo que la vulnerabilidad es mayor al no tener las herramientas para estudiar las soluciones a los problemas en las zonas costeras.
Escala	Gran escala y escala local
Disponibilidad	Medio plazo (Construcción de capacidades)
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Se han implementado en el país sistemas de obtención de datos oceanográficos y meteorológicos. Sistemas de alerta temprana y radares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Mejora de sistemas de adquisición de datos y reglamentación interinstitucional para acceso a la información. Propuesta de sistemas piloto.
Reducción de vulnerabilidad en x años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Manejo de información de base científica y desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo económico del país*	Desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Protección de la Biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Políticas de cooperación interinstitucional
	Costos
Costos de capital en 10 años*	US\$ 450000
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	No estimado por falta de información
Otros costos en x años	No Aplica

A.1.7 Sistema de Monitoreo SM3

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo, pesquero, industria
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Sistemas de Monitoreo
Nombre opcional	Sistema de Alerta temprana
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	El país cuenta con un déficit alto de información oceanográfica e hidrodinámica tanto en el pacífico como en el Caribe, por lo que la vulnerabilidad es mayor al no tener las herramientas para estudiar las soluciones a los problemas en las zonas costeras.
Escala	Gran escala y escala local
Disponibilidad	Medio plazo (Construcción de capacidades)
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Se han implementado en el país sistemas de obtención de datos oceanográficos y meteorológicos. Sistemas de alerta temprana y radares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Mejora de sistemas de adquisición de datos y reglamentación interinstitucional para acceso a la información. Propuesta de sistemas piloto.
Reducción de vulnerabilidad en x años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Manejo de información de base científica y desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo económico del país*	Desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Protección de la Biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Políticas de cooperación interinstitucional
	Costos
Costos de capital en 10 años*	US\$ 1 800 000.00
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	No estimado por falta de información
Otros costos en x años	No Aplica

A.1.8 Sistema de Monitoreo SM4

Posible sector Beneficiado	Transporte, turismo, pesquero, industria
Área seleccionada	Cartagena
Nombre de tecnología	Sistemas de Monitoreo
Nombre opcional	Sistema de Alerta temprana
Vulnerabilidad del área (impactos, sensibilidad)	El país cuenta con un déficit alto de información oceanográfica e hidrodinámica tanto en el pacífico como en el Caribe, por lo que la vulnerabilidad es mayor al no tener las herramientas para estudiar las soluciones a los problemas en las zonas costeras.
Escala	Gran escala y escala local
Disponibilidad	Medio plazo (Construcción de capacidades)
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	Si
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada?	
Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Se han implementado en el país sistemas de obtención de datos oceanográficos y meteorológicos. Sistemas de alerta temprana y radares.
Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?	Mejora de sistemas de adquisición de datos y reglamentación interinstitucional para acceso a la información. Propuesta de sistemas piloto.
Reducción de vulnerabilidad en x años*	
	Impactos
Prioridades de desarrollo social del país*	Manejo de información de base científica y desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo económico del país*	Desarrollo de capacidades
Prioridades de desarrollo ambiental del país*	Protección de la Biodiversidad
Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado	Políticas de cooperación interinstitucional
	Costos
Costos de capital en 10 años*	US\$ 3 050 000.00
Costos de operación y mantenimiento en 10 años*	No estimado por falta de información
Otros costos en x años	No Aplica

Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas

A.2.1 Características de la tecnología Rellenos de Playa

Consideraciones generales

El relleno de playa, también llamado relleno artificial de arena, es una **obra de ingeniería costera**. Ha sido catalogado dentro de los enfoques tecnológicos propuestos por el TNA en las llamadas **obras blandas**. La tecnología busca recomponer las formas naturales del perfil y de la planta de las playas, entre las que se encuentran las bermas o dunas litorales; ya sea por medio de la alimentación mecánica o hidráulica de arena. El relleno de playa se hace con un tipo de arena similar, es decir, de igual origen e igual composición granulométrica a la de la forma original.

Es necesario entender la definición amplia de lo que es el recurso playa para comprender la importancia de rellenarlas. Desde el punto de vista geográfico, la playa es un “accidente geográfico” que se forma a partir de la acumulación de sedimentos no consolidados por la acción del oleaje. El origen de estos sedimentos está ligado a los elementos morfológicos que predominan en las zonas litorales, los cuales pueden provenir de ríos, acantilados o ser de origen biogénico, como en el caso de los corales.

Los sedimentos suelen ser arenas, pero también existen playas rocosas y de otros tipos, que pueden variar en composición química y en color. Estas características convierten a las playas en un accidente geográfico que cambia constantemente, es decir, en un sistema de tipo dinámico con transformación permanente. Fenómenos como las mareas, los temporales, el oleaje, las corrientes, los ciclos de erosión, entre otros, pueden modificar la morfología de la playa y en ocasiones pueden hacerla desaparecer.

En el litoral colombiano se encuentra variedad de formas en las playas, asociadas a unidades geomorfológicas (Molina, L. M., F. Pérez, J. Martínez, J.V. Franco, L. Marín, 1998). Estas geoformas son el resultado de la interacción entre la tierra, la atmósfera y el océano, resultando en formas dinámicas estacionales, sujetas a procesos de erosión y sedimentación (Restrepo Villegas, 2001).

De otro lado, la playa también se define como una franja de material no consolidado, de arenas o grava, que está presente en la interfase mar-continente. Estos depósitos están compuestos por arenas de grano fino a medio, cuya composición y color varían según el origen de los sedimentos. Sus límites van desde la línea de marea baja hasta donde se presenta un cambio marcado en la fisiografía, que generalmente incluye un frente de playa y una playa trasera. Otros autores zonifican las playas según el perfil topográfico en: infralitoral, mesolitoral y supralitoral. La zona infralitoral se encuentra por debajo de la berma de bajamar. La zona mesolitoral es donde rompen las olas, entre las bermas de bajamar y pleamar, y la zona supralitoral va desde la berma de pleamar donde se acumula material vegetal y basuras arrojadas por el mar, hasta incluir dunas y cordones litorales (Molina, L. M., F. Pérez, J. Martínez, J.V. Franco, L. Marín, 1998; Restrepo Villegas, 2001).

Esta geoforma tiene como función principal disipar la energía mareomotriz y proteger el litoral contra el azote de las olas que a través de las corrientes generadas en su funcionamiento dinámico, producen el movimiento de las arenas que puede terminar en la pérdida de grandes proporciones de tierra.

Ingeniería de los rellenos de playa

Para la ejecución de los rellenos de playa, se deben tener en cuenta algunos elementos básicos que son contemplados en el *Documento Temático de Regeneración de Playas* elaborado por el GIOC de la Universidad de Cantabria (GIOC, 2000a).

Introducción al concepto de la tecnología de rellenos de playa

Toda actuación en la costa comienza cuando el gestor, consciente de las necesidades y/o las demandas sociales, realiza una presentación inicial del problema al equipo técnico. A partir de este momento se inician una serie de pasos en los

República de Colombia

que sucesivamente se irá concretando la actuación a realizar. En cada uno de estos pasos, el técnico aporta al gestor la información relativa al problema ingenieril para que éste, de acuerdo con otras condiciones tales como demandas y necesidades sociales, prioridades políticas, disponibilidad económica y aspectos estratégicos, decida sobre la conveniencia de continuar el proceso de definición de la actuación.

En la labor del equipo técnico se pueden distinguir las siguientes fases:

a) Diagnóstico

La fase de diagnóstico tiene como objetivo la determinación de las causas que han originado el estado actual de una playa. Esta fase es de extrema importancia y en ella se pone de manifiesto la capacidad del equipo técnico de entender y evaluar los procesos costeros que han dado lugar a dicha situación. Si el diagnóstico realizado no es correcto, difícilmente lo será la actuación propuesta.

b) Anteproyecto (prediseño)

La fase de anteproyecto o prediseño tiene como objetivo establecer una serie de alternativas de solución. En esta fase, se prima la obtención de un número elevado de alternativas a costa de una menor precisión en la definición de la solución, dado que el fin último es que el gestor pueda comparar las alternativas y, de acuerdo con otros condicionantes, elegir la que ha de erigirse como solución-proyecto.

c) Proyecto (diseño)

La fase de proyecto o diseño tiene como objetivo el cálculo detallado de la alternativa que ha sido seleccionada como alternativa solución. Este cálculo detallado considera la utilización de herramientas o modelos de cálculo sofisticados que requieren de un mayor número de datos de partida.

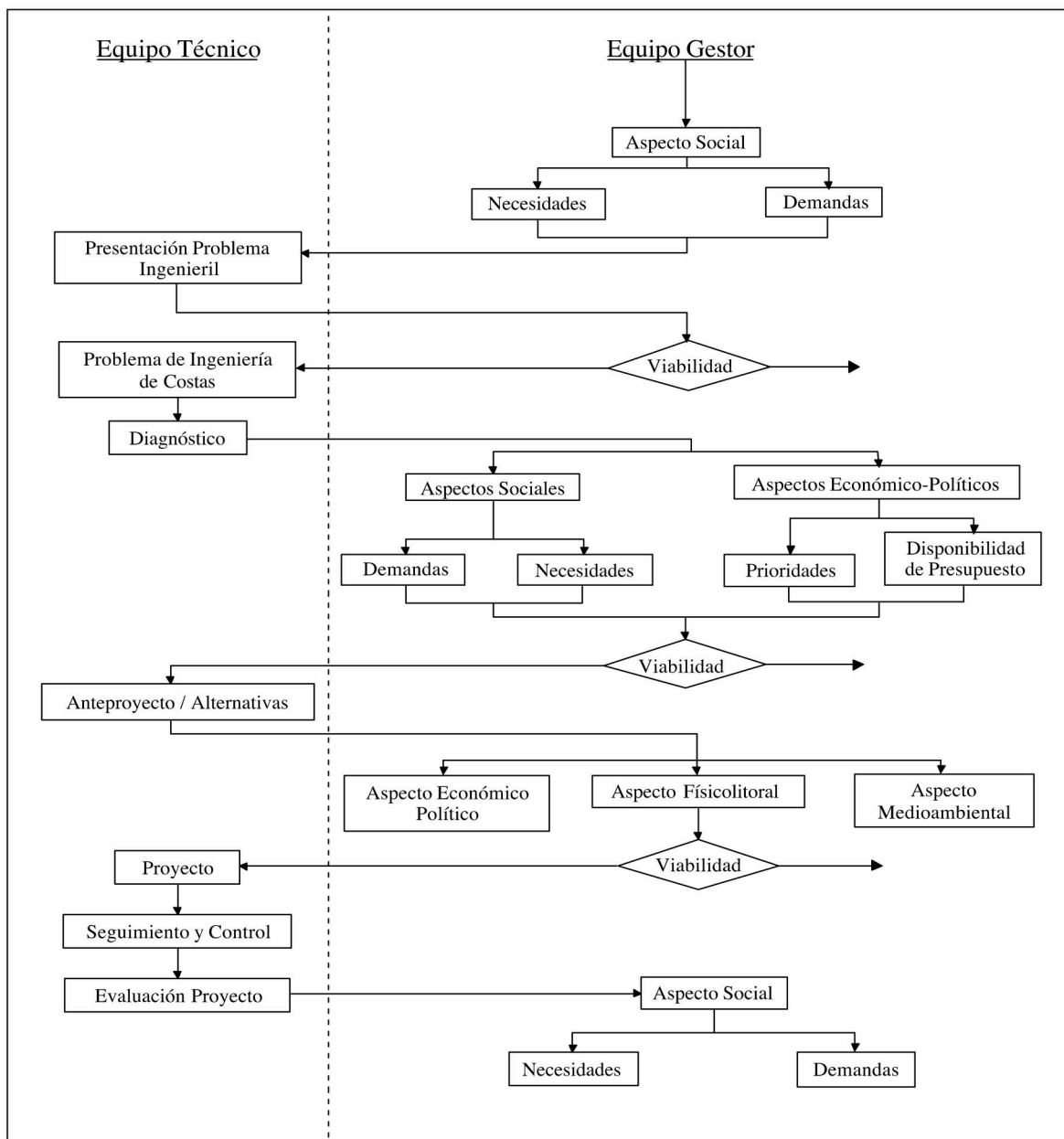
Las interacciones entre el equipo técnico y el gestor pueden verse en gráficamente en la Figura 16.

d) Seguimiento y evaluación del proyecto

La fase de seguimiento y evaluación del proyecto tiene como objetivo la verificación de que la actuación evoluciona de acuerdo con lo previsto en el diseño. Esta fase es necesaria dado que toda obra marítima está sujeta a la acción de dinámicas aleatorias (oleaje, viento, etc.) por lo que siempre existe un determinado riesgo de que la actuación evolucione con una cierta variación respecto a la evolución prevista.

Estas cuatro fases son objeto de análisis del presente documento, que se centra en el establecimiento de las metodologías, así como en el desarrollo de las herramientas, que permiten al equipo técnico abordar las fases anteriormente citadas. No será objeto del mismo las actividades propias del gestor tales como valoración de aspectos sociales, socio-económicos, que pueden ser encontradas en otras publicaciones específicas (por ejemplo *Beach Management manual CIRIA report - 153*). (CIRIA, 1996)

Figura 16. Marco General de una Actuación en el Litoral



Fuente: (GIOC, 2000b)

• **Criterios generales de diseño y cálculo**

El éxito de un diseño de regeneración de playa depende de la capacidad de entender las causas que originan el estado de erosión de la playa en estudio, así como de la capacidad a la hora de evaluar los procesos costeros que han dado lugar a dicha situación. Cuanto menor sea el entendimiento y la capacidad de evaluar los procesos, menor será el acierto en la predicción de la evolución del relleno.

La metodología de diseño debe explicar al máximo los procesos involucrados y el análisis de los mismos en las escalas espaciales y temporales en las que son relevantes. En la Figura 17 se presenta un esquema preliminar de diseño de una regeneración.

• **Funciones de una playa**

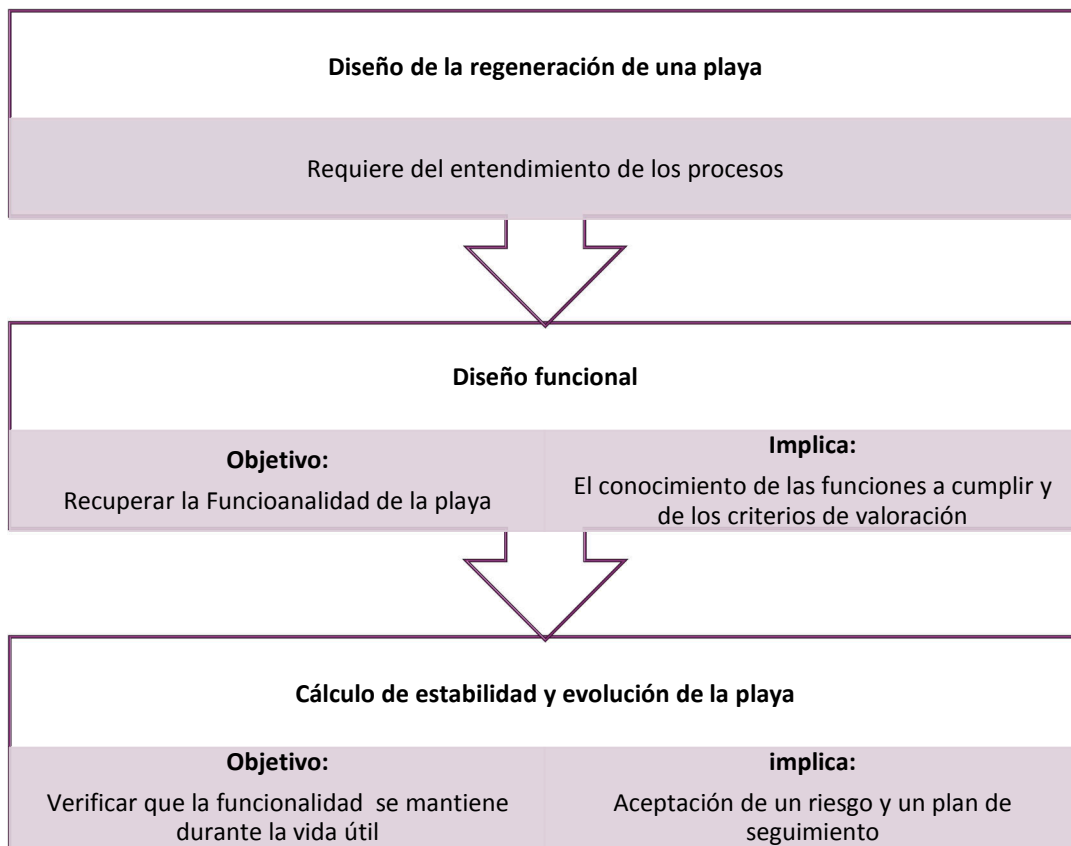
Toda playa cumple, en mayor o menor medida, las siguientes funciones:

República de Colombia

- Defensa de costa
- Hábitat de flora y fauna
- Uso lúdico humano

La necesidad de regeneración está siempre originada por la falta de cumplimiento de alguna de estas funciones y el objetivo de la misma es el restablecimiento de dicha función, al menos durante un período de tiempo. El gestor del proyecto debe por tanto, conocer dichas funciones, los parámetros que las gobiernan y realizar, previo a cualquier cálculo de estabilidad de la playa, un diseño funcional de la misma.

Figura 17. Esquema preliminar de diseño de una regeneración



Fuente: (GIOC, 2000b)

- **Cálculo de la estabilidad de una playa**

Una vez que se ha realizado el diseño funcional de la playa, el gestor del proyecto debe garantizar que dicha funcionalidad se mantiene durante toda la vida útil de la obra. Esto requiere la realización del cálculo de la estabilidad del relleno y de su evolución en el tiempo.

Es importante señalar que el cálculo de la estabilidad de una playa conlleva la aceptación de un riesgo de fallo, entendiendo como tal cualquier variación entre la evolución prevista de la regeneración y la evolución real. Este riesgo tiene su origen en:

- El desconocimiento de todos los procesos involucrados.
- La validez de las hipótesis simplificativas realizadas en los cálculos.
- La naturaleza aleatoria de las dinámicas actuantes (oleaje, viento, presión, caudal fluvial)

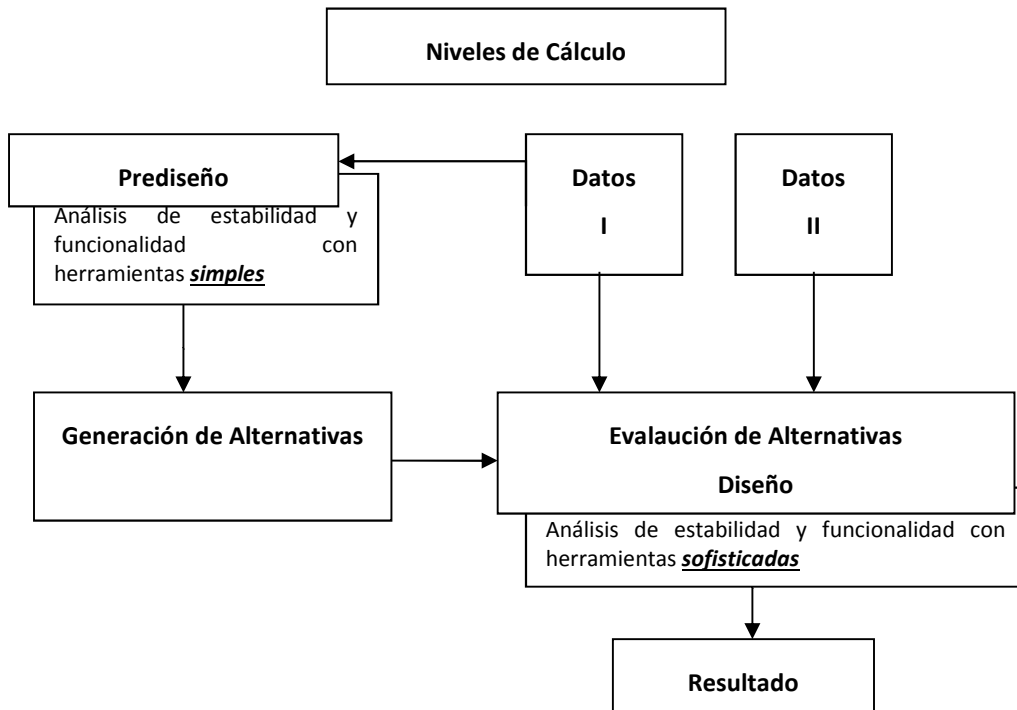
Este riesgo de fallo conlleva la necesidad de:

- Un factor de resguardo de diseño
- Un seguimiento de la obra y establecimiento de un plan de vigilancia y control.

- **Niveles de cálculo: prediseño y diseño**

El proceso de diseño de cualquier proyecto de ingeniería es siempre un proceso iterativo en el que se establecen una serie de alternativas que son posteriormente evaluadas. Este tipo de aproximación a una solución definitiva requiere una serie de métodos o modelos simples y rápidos que se denominan - prediseño – los cuales permiten identificar las posibles alternativas de solución (Ver Figura 18).

Figura 18. Esquema de los diferentes niveles de cálculo



Fuente: adaptación de GIOC (2000), traducción libre

Posteriormente, modelos más sofisticados verificarán la bondad de un número limitado de alternativas. El cálculo detallado exige un mayor coste temporal y económico, y suele ir ligado a unas mayores necesidades de datos de entrada no siempre disponibles. Surge entonces la necesidad de ponderar el alcance de estos métodos en función de la

Anexo II

República de Colombia

importancia de la obra (social o económica) dando lugar a diferentes niveles de estudio, en función de dicha importancia.

A.2.2 Características de la tecnología Sistemas de monitoreo avanzado – SM4

Se trata de un sistema avanzado de alerta temprana que consta de equipos de medición remota *in-situ*, sistemas en movimiento y sistemas de modelación computacional, los cuales se agrupan en los siguientes subsistemas:

- Subsistema de adquisición y análisis de datos externos

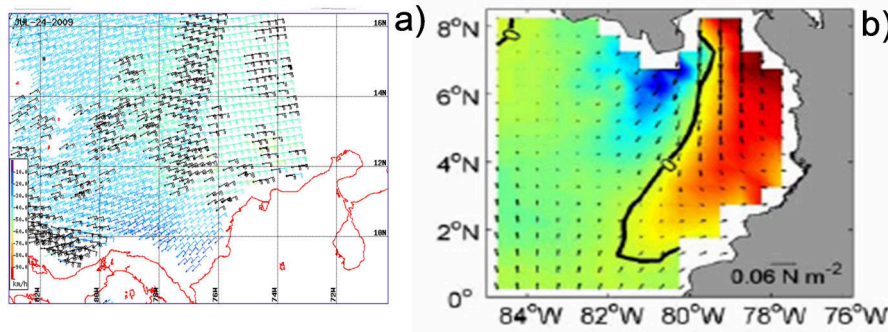
Los datos obtenidos pueden ser satelitales y sísmicos, y los reportados por embarcaciones en investigaciones oceanográficas:

- Datos satelitales

Los datos satelitales se obtienen a través de sensores remotos a bordo de satélites. Los satélites artificiales se dividen en varias clases, de carácter científico, militar, meteorológico, de comunicaciones, de observación terrestre y de georreferenciación. Dependiendo de su función, los satélites pueden ser ubicados en la órbita baja (alturas inferiores a 1000 kilómetros), en la órbita media o en la órbita alta, que es superior a 36.000 kilómetros. Los satélites de investigación dan información sobre la Tierra, como las corrientes marinas, los desplazamientos de las poblaciones o las variaciones en la estructura terrestre. Otros son usados para recopilar datos sobre planetas. Todos envían la información a la Tierra a través de antenas y ondas electromagnéticas.

Un ejemplo de ello pueden ser los datos de satélite de Vientos, Corrientes, Altimetría. Los datos de viento satelitales QuikSCAT son campos diarios de la velocidad y dirección del viento por componentes (zonal y meridional), en una grilla de 0,25 grados de latitud y longitud, para el periodo 1999-2010 (un ejemplo se puede apreciar en la Figura 19). Estos datos son una fuente valiosa para conocer el comportamiento del viento en la región, así como para la calibración de modelos numéricos.

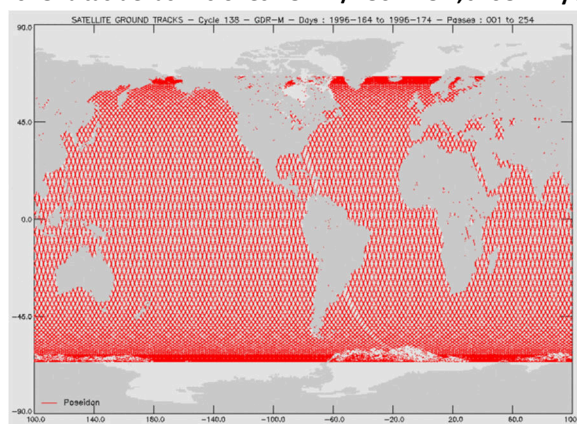
Figura 19. Ejemplos de (a) campos de la velocidad del viento en el mar Caribe y (b) del esfuerzo y rotor del viento en la Cuenca Pacífica Colombiana



Fuente: elaboración propia a partir de observaciones satelitales QuikSCAT

Además de los datos satelitales de viento QuikSCAT, existen datos correspondientes a mediciones satelitales de la elevación de la superficie oceánica que pueden ser usados para la obtención de parámetros de oleaje. Estos corresponden a los datos de altimetría de los proyectos TOPEX/POSEIDON (T/P) y sus sucesores JASON-1 y JASON-2, los cuales orbitan la tierra en ciclos con un periodo de 10 días aproximadamente, que está compuesto de 254 pasadas que cubren la totalidad del océano. La órbita de la misión se muestra en la Figura 200.

Figura 20. Órbitas de las misiones TOPEX/POSEIDON, JASON-1 y JASON-2

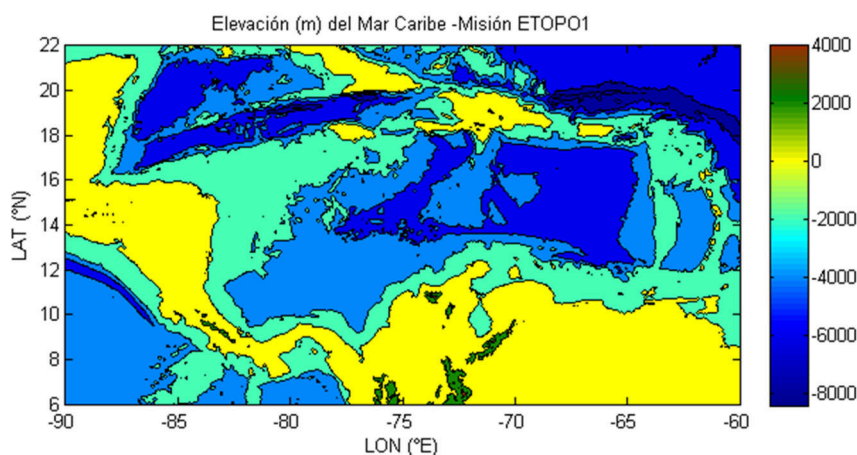


Las misiones TOPEX/POSEIDON y JASON-1 son un esfuerzo conjunto de la *American National Aeronautics and Space Administration* (NASA: <http://www.nasa.gov>) y la *French Space Agency* (CNES: <http://www.cnes.fr>), para JASON-2, la colaboración fue ampliada con la participación de la NOAA (<http://www.noaa.gov>) y el *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites* EUMESAT (<http://www.eumetsat.int>). Con los datos de T/P es posible medir la velocidad del viento en la superficie y la altura de ola significativa (Hs) con precisiones aproximadas del 10%, constituyendo dicha información en una fuente importante para la realización de análisis climáticos y la validación y/o calibración de otras fuentes de datos, tales como la generada por modelos numéricos.

Además, existen batimetrías por satélite de la misión ETOPO1, el cual genera un modelo digital de relieve para todo el planeta Tierra con una resolución espacial de 1 minuto de arco. Estos datos se encuentran disponibles, en internet en la página de la misión ETOPO1 de la NOAA <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html> (ver Figura 21)

Aunque se cuenta con batimetrías con mayor nivel de resolución como resultado del levantamiento realizado por la DIMAR, las batimetrías satelitales se convierten en un insumo muy importante a la hora de realizar simulaciones numéricas a escala oceánica, donde no se requiere mucho nivel de detalle, pero si datos en grandes extensiones de área.

Figura 21. Topografía y Batimetría del Caribe – Datos de Misión ETOPO1



Fuente: Elaboración propia a partir de datos ETOPO1

- Datos sísmicos

Con los datos sísmicos se obtiene una interpretación del subsuelo a partir de las propiedades elásticas de los materiales, relacionadas con la velocidad de propagación de las ondas en el terreno. La prospección sísmica consiste en medir los tiempos de llegada de ondas elásticas generadas por una fuente artificial. Los métodos más reconocidos son la reflexión y la refracción.

República de Colombia

- Reporte de embarcaciones

Los datos se obtienen a partir de campañas realizadas por buques de investigación (Research Vessel - RV), embarcaciones construidas para realizar investigaciones científicas de distinta índole: geológica, oceanográfica, biológica, entre otras. Los buques están equipados con instrumentos de registro y cómputo para obtener y procesar la información durante las campañas (por ejemplo: radar, ecosondas, estaciones meteorológicas computarizadas, registradores continuos de salinidad y temperatura), además de poseer uno o varios laboratorios.

- Boyas, Observaciones y bases de datos:

Boyas del NDBC

A nivel internacional el *National Data Bouy Center* - NDBC, es un centro perteneciente a la *National Oceanic and Atmospheric Administration* –NOAA, que hace parte del *National Weather Service* NWS de los Estados Unidos de América. Diseña, desarrolla y opera una red de boyas y de estaciones costeras para la medición de parámetros oceanográficos. Principalmente, la información es usada por el servicio de predicción del NWS para preparar y verificar sus predicciones climáticas, así como por otros usuarios para actividades comerciales y recreativas. Los datos de las boyas del sistema son de libre acceso para los usuarios en la página web www.ndbc.noaa.gov, y contiene información de boyas en todo el mundo.

Para el caso del Caribe se pueden seleccionar 6 boyas. La ubicación de las boyas del NDBC, se ilustra en la Figura 22.

Figura 22. Ubicación Boyas NDBC en el Caribe



Fuente: Google Earth

Oleaje Visual

Los datos de oleaje visual son datos puntuales tomados por los barcos en ruta, donde un experto registra su ubicación y fecha, y toma datos de altura de oleaje, periodo y dirección para oleaje tipo sea y tipo swell. Estos datos son luego reportados a una central que se encarga de recopilarlos, guardarlos, y distribuirlos. Los datos visuales tienen varias características que limitan su uso: no se toman siempre en un mismo punto, no están uniformemente repartidos en el tiempo, y aunque algunos de los datos tomados se hacen con instrumentos, datos relevantes como altura de ola, dirección y periodo se miden al criterio del observador, lo cual genera una incertidumbre importante en los registros.

Potencialmente, se pueden usar datos de oleaje pertenecientes a la base de datos *Comprehensive Ocean Atmospheric Data Set* - COADS, administrada por el *US National Center for Atmospheric Research* - NCAR, de la NOAA. El programa ONDAS, del Sistema de Modelado SMC, desarrollado por la Universidad de Cantabria para la dirección general

República de Colombia

marítima, recopila los datos de oleaje visual que son observados en aguas territoriales colombianas, y en cercanía a sus costas. La Figura 23 muestra la ubicación de las mediciones de oleaje visual.

Figura 23. Ubicación de las mediciones de oleaje visual



Bases de Datos Mundiales

Uno de los más usados es los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. En general, los datos de reanálisis son generados mediante asimilación óptima de observaciones por medio de metodologías de minimización variacional usando modelos numéricos (Kalnay et al., 1996). Las componentes meridional y zonal de la velocidad del viento con las cuales se hacen estimaciones del esfuerzo del viento tienen una resolución espacial de 2,5° de latitud y longitud y una resolución temporal cada 6 horas desde 1948 hasta 2010.

Existen además bases de datos referenciadas por el SCOR: Segunda Cumbre Internacional de Proyectos de Investigación Marina, realizada en 2006:

- *World Data Centre for Atmospheric Trace Gas*, USA URL: <http://mercury.ornl.gov/cdiac>
- *World Data Centre for Climate*, Germany URL: <http://wdc-climate.de>
- *World Data Centre for Marine Geology and Geophysics*, USA URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/aboutmgg/aboutwdcmgg.html>
- *World Data Centre for Marine Geology and Geophysics*, Russia URL: <http://www.rfimnr.ru/projects/wdcmgg.html>
- *World Data Centre for Paleoclimatology*, USA URL: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/datalist.html>

Estos Centros Mundiales de Datos Oceanográficos (WDCOs siglas en inglés), reciben datos de los Centros Nacionales (RNODCs sigla en inglés), de otras organizaciones marinas y de científicos que voluntariamente suministran la información, los mismos proveen copias de los datos y publicaciones de las que ellas disponen.

Una de las responsabilidades que tiene el WDCO es la de vigilar el desarrollo del sistema internacional de intercambio de datos y reportar las incongruencias a la secretaria de la COI e IODE para que tomen acciones y hacer las correcciones que el caso amerite.

- **Subsistema de monitoreo**
 - Boyas (para medición de oleaje, vientos, corrientes, temperaturas, presión, humedad)

Este equipo hace mediciones rutinarias y transmite los datos en tiempo real a través de satélites. Dichos datos son cruciales porque se obtienen dispersos en el océano donde ninguna otra fuente de este tipo de datos está disponible. Tales mediciones incluyen velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, humedad, presión atmosférica, corrientes, temperatura superficial del mar y también la temperatura del agua a diferentes profundidades, por lo que tiene los siguientes usos (World Meteorological Organization, 2012):

- Predicciones del tiempo: se hacen a través de modelos globales, los cuales asimilan datos observacionales desde todas las fuentes para generar pronósticos nacionales.
- Predicción marina: los datos de boyas son fundamentales para obtener mejores pronósticos marinos.

República de Colombia

-Pronósticos de huracanes o ciclones: pueden ser mejorados mediante la instalación de boyas a la deriva (con mediciones de temperatura subsuperficiales) en zonas activas.

-Predicción estacional: se utilizan datos de las boyas y otros instrumentos como flotadores subsuperficiales, muchos modelos oceanográficos avanzados ahora se pueden utilizar para predecir los acontecimientos mundiales o regionales y otras perturbaciones oceánicas.

- Estación de marea

Es un equipo de la más reciente tecnología que ha revolucionado la capacidad de proporcionar datos precisos y fiables de las mediciones de la marea y del nivel del mar en tiempo real, así como lograr su predicción. Este equipo está conformado por tres sensores, uno *Goes Antenna*, otro acústico y otro de presión.

- Estaciones meteorológicas costeras

Son estaciones con instrumentos y equipos para la observación de las condiciones atmosféricas, que proporcionan información para el pronóstico del tiempo y el estudio del tiempo y el clima. Las medidas adoptadas incluyen: temperatura, presión barométrica, humedad, velocidad del viento, dirección del viento y cantidades de precipitación. Las mediciones de viento se toman tan libres de obstrucciones como sea posible, mientras que las mediciones de temperatura y humedad se mantienen libres de la radiación solar directa, o insolación. Las observaciones manuales se toman por lo menos una vez al día, mientras que las observaciones automatizadas se toman por lo menos una vez cada hora. Las condiciones meteorológicas en alta mar son tomadas por los buques y boyas, que miden cantidades meteorológicas ligeramente diferentes, tales como la temperatura superficial del mar, la altura de las olas y el periodo de estas (Massel, 2005).

Dicha estación está formada por los siguientes instrumentos:

-Termómetro para la medición de la temperatura del aire y superficial del mar

-Barómetro para medir la presión atmosférica

-Higrómetro para medir la humedad.

-Anemómetro para medir la velocidad del viento

-Pluviómetro para medir la precipitación líquida durante un período de tiempo determinado (Masel, 2005).

- Sistema de cámaras costeras

El uso de los sistemas de video se basa en la identificación visual de características y procesos de interés en las imágenes captadas mediante las cámaras y la obtención de sus coordenadas reales. Permitiendo el monitoreo de las costas para su entendimiento y gestión.

Estos sistemas ofrecen alta resolución espacial y temporal. Consisten básicamente en: toma de datos, procesamiento, análisis de la información y obtención de indicadores. Esta información debe ser de fácil acceso y permitir la toma de decisiones.

El sistema está compuesto por una o varias cámaras de video, un computador local que puede hacer las veces de servidor del sistema, una conexión directa a internet o red local (algunas estaciones de monitoreo cuentan con otro servidor para manejar y almacenar los datos), un software de procesamiento de imágenes y de las mediciones obtenidas a través de las cámaras con procedimientos definidos, y equipos de apoyo adicionales como carcazas, lentes, vidrios, gabinetes que pueden ser usados o no dependiendo de las condiciones del sitio donde se ubique la estación (Osorio, 2012).

- Radar meteorológico banda X

Los radares meteorológicos detectan la precipitación (gotas, nieve, granizo). La señal es proporcional a la cantidad de agua por unidad de volumen. Los radares de banda X tienen frecuencias de 8 a 12 GHz y alcances inferiores a 60 km y

República de Colombia

están compuestos por: un transmisor (generador de radio frecuencia), una antena para transmisión y recepción, un receptor para detectar y amplificar los ecos recibidos y un sistema de visualización. El radar envía pulsos de frecuencia conocida. Estos pulsos viajan a la velocidad de la luz y rebotan en partículas (aire en movimiento, gotas, nieve), parte de esa energía rebotada es recibida por el radar y cuantificada para mostrar en la pantalla la intensidad de los ecos (reflectividad) medidos en decibeles. Se operan para hacer un seguimiento de las nubes y frentes de tormentas; pueden ser fijos o móviles.

- Radar de oleaje

Con los distintos tipos de radares, se pueden conocer las diferentes condiciones del oleaje en la superficie del océano. Entre los datos que se pueden obtener, se encuentran el espectro de oleaje direccional y la corriente superficial. Los datos de marea son necesarios para estimar las condiciones extremas del nivel del agua, datos de utilidad en la preparación para inundaciones. Series de bases de datos a largo plazo y confiables proporcionan la información necesaria para la previsión de los niveles extremos de agua y determinación del nivel promedio del mar.

- Radiómetro

Instrumento portátil utilizado para encontrar perfiles continuos de temperatura y perfiles de humedad con una precisión de observación de radiosonda-equivalente, además de perfiles de “líquido”. Este posee métodos que garantizan la exactitud de largo plazo, utilidad para todo tipo de climas, software especializado que genera un conjunto completo de herramientas e índices de pronóstico en formato meteorológico familiar. Además, este equipo optimiza la vigilancia del alto impacto del tiempo a nivel local y la predicción con perfiladores termodinámicos (Radiometrics Corporation, 2012).

- Perfilador de vientos

Un perfilador de viento es un radar Doppler sensible, diseñado para apuntar (casi) verticalmente y responder a las fluctuaciones del índice de refracción del aire. Las fluctuaciones del índice de refracción son debido a la turbulencia, y la turbulencia en la escala de un medio de la longitud de onda del radar (dispersión de Bragg) da una señal fuerte. Sin embargo, la señal emitida es también sensible a las partículas como los hidrometeoros (lluvia, nieve, granizo), y de insectos. Los insectos, aves y los aviones son también posibles objetivos, cuya señal puede ser alcanzada por este equipo, pero esta se puede quitar completamente (Geerts, 2012).

Subsistema de modelación

- Servidor de procesamiento

Los modelos numéricos empleados en estos sistemas de monitoreo, requieren el empleo de técnicas computacionales intensivas para procesar las complejas formulaciones matemáticas que permiten llevar a cabo los modelos y obtener resultados aplicables. Una de estas técnicas es la utilización de “clusters” computacionales de alto desempeño (HPCC), que consisten en el empleo de equipos de cómputo comerciales con una configuración en hardware y software tal, que permita su empleo como una sola máquina en la resolución de un problema; la configuración básica de este tipo de sistema se reduce a dos componentes: el primero son los nodos o servidores de procesamiento, estos equipos cuentan con una configuración que favorece el poder de cómputo y en ellos se resolverán las ecuaciones que integran los modelos numéricos empleados en el sistema de monitoreo; y un nodo de administración que se encarga de coordinar y centralizar la información requerida/generada por los nodos de procesamiento durante sus fases de trabajo.

- Modelo Integrado atmósfera-Océano-Tierra

Las condiciones atmosféricas impuestas sobre una región determinada y que generan a su vez las condiciones climáticas de dicha zona, influyen directamente en todos los procesos que se dan en el océano y las zonas costeras. Los procesos que ocurren en la atmósfera y su interacción con los procesos terrestres y oceánicos están claramente interrelacionados; sin embargo la gran cantidad de variables involucradas en cada uno de estos, la gran diferencia en las escalas temporales y espaciales de ocurrencia de los fenómenos que los gobiernan, y el poco conocimiento de las leyes físicas que gobiernan algunos, hacen difícil la modelación conjunta de los procesos de interacción Atmósfera – Océano

República de Colombia

– Tierra. Por tanto, para cada uno de los subsistemas es necesario implementar técnicas para el análisis de información histórica y modelación numérica de forma dinámica.

Puede observarse como las variables forzantes del climática de una región las cuales dependen de la energía suministrada por el sol y la ubicación geográfica tales como humedad, presión atmosférica, temperatura del aire a su vez influyen en la dirección y velocidad del viento (frentes) y por ende en la precipitación y las variables oceánicas como la temperatura superficial del mar, la evaporación de los océanos, la salinidad (cambios de densidad) y en los patrones de crecimiento del oleaje al suministrar la energía necesaria para su crecimiento (zona de interacción aire –océano). El oleaje y el viento inducen corrientes a través de varios procesos como el rompimiento del oleaje, los efectos de la fricción y el esfuerzo del viento y a su vez dichas corrientes y otras como las corrientes de marea, las corrientes oceánicas las corrientes producidas por las desembocaduras de los ríos interactúan con el oleaje produciendo fenómenos como el asomeramiento, la refracción, etc. Los períodos climáticos afectan directamente a las zonas terrestres y marítimas, influyendo en los procesos erosivos de desprendimiento, transporte y depositación de sedimentos en las zonas terrestres y en la variabilidad de las condiciones del oleaje en las zonas marítimas (variabilidad en la energía del oleaje).

La acción del oleaje sobre los sedimentos de playa, está fuertemente influenciada por el régimen de marea en el sitio. La efectividad del oleaje para remover y transportar sedimentos costeros, es una función de la magnitud del oleaje (afectada por efectos de fondo como refracción, somerización, etc) y el tiempo que la energía del oleaje incide sobre un área de playa.

- Modelo atmosférico

Un modelo atmosférico es un modelo matemático construido alrededor de ecuaciones dinámicas primitivas que gobiernan los movimientos atmosféricos. La mayoría de los modelos atmosféricos son numéricos, es decir, discretizan las ecuaciones de movimiento.

Los pronósticos se calculan utilizando ecuaciones matemáticas para la física y la dinámica de la atmósfera. Estas ecuaciones son no lineales y son imposibles de resolver con exactitud. Por lo tanto, los métodos numéricos obtienen soluciones aproximadas. Los modelos se pueden clasificar según la escala (globales, regionales, mesoescala, microescala); probabilísticos y dinámicos; hidroestáticos y no hidroestáticos; según su nivel de complejidad (de sondeo, complejos).

Algunos modelos atmosféricos son: WRF (*Weather Research and Forecasting*), CAM (*Comunitary Atmospheric Model*), GFS (*Global Forecast System*), MM5 (*Mesoescala Model Fifth-Generation*), ECMWF (*European Center for Medium Range Weather Forecast*), KAMM (*Karlsruhe Atmospheric Mesoscale Model*) (Universidad de Valparaíso, 2012).

Modelo atmosférico WRF

La atmósfera y el océano son fluidos gobernados por las leyes de la conservación de masa, energía, momento lineal y cantidad de sustancia (vapor de agua en la atmósfera y salinidad en el océano). Usando las coordenadas cartesianas o esféricas (en la dirección de latitud, longitud y vertical a la superficie terrestre) de ley de la conservación de momento lineal pueden obtenerse las ecuaciones diferenciales parciales que gobiernan la dinámica y termodinámica de la atmósfera y el océano. Para resolver este conjunto de ecuaciones se requiere de métodos numéricos, tales como: elementos finitos, volúmenes finitos, diferencias finitas y métodos espectrales. Por lo tanto, un modelo dinámico oceánico o atmosférico es un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales cuya solución requiere de métodos numéricos para solucionar el sistema de ecuaciones diferenciales definidas.

Por lo general las ecuaciones a resolver corresponden a las ecuaciones de movimiento: ecuación de continuidad, conservación de momentum (ecuaciones de Navier-Stokes), ecuaciones termodinámicas (relacionadas con la transferencia de calor al interior del sistema), la ecuación de mezcla y transporte de sustancias, una ecuación de estado y generalmente se utiliza una aproximación hidrostática para la presión. Adicionalmente se debe utilizar alguna parametrización para la turbulencia.

República de Colombia

Dentro de este tipo de modelos se destacan los llamados modelos globales y los modelos regionales. En los modelos globales como su nombre lo indica se realiza la simulación de todo el sistema tierra, sin necesidad de la definición de fronteras laterales. En los modelos regionales es necesario definir las condiciones de frontera laterales, las cuales se definen por lo general a partir de modelos globales, dentro de los cuales se encuentra el *Global Environmental Multiscale Model* (GEM) desarrollado por el Recherche en Prevision Numérique (RPN), el *Meteorological Research Branch* (MRB) y *The Canadian Meteorological Center* (CMC).

La atmósfera es un sistema hidro-termodinámico, cuyos movimientos son regidos por las leyes de la física. Los modelos numéricos son diseñados para resolver las ecuaciones fundamentales que describen estos movimientos en la atmósfera. Estas ecuaciones son obtenidas de la mecánica newtoniana y las leyes de la termodinámica, particularmente las leyes de conservación de la masa, la energía y el momento (Hamilton, 2008). Este conjunto de ecuaciones son denominadas ecuaciones fundamentales, y son la ecuación de momento, termodinámica, conservación de la masa, y humedad. Estas ecuaciones son complejas por naturaleza y su resolución analítica no ha tenido éxito. En primer cuarto del siglo XX Lewis Fry Richardson valiéndose de una calculadora de escritorio condujo el primer esfuerzo por resolver numéricamente este conjunto de ecuaciones, tardó seis semanas en lograr un pronóstico de 6 horas. Sin embargo, en la actualidad y valiéndose de equipos computacionales de alto desempeño es posible desarrollar estas ecuaciones (usualmente denominadas de Navier-Stokes) con un alto grado de precisión y en un tiempo que permita su aplicación práctica.

A partir de la mitad del siglo XX muchos equipos se embarcaron en la tarea de implementar modelos numéricos que permitieran el desarrollo de pronósticos meteorológicos y herramientas para el estudio del sistema atmosférico. Los primeros esfuerzos se enfocaron en modelos de circulación general que ayudaron a describir el comportamiento de toda la atmósfera; estos modelos son los predecesores de los modernos modelos globales, como el *Global Forecast System* (GFS), que son empleados por centros meteorológicos como la NOAA para predecir el comportamiento de la atmósfera a una escala sinóptica. Debido a su escala de operación los modelos globales no ofrecen la capacidad de describir la atmósfera en áreas regionales y locales.

Debido a esta situación a partir de la década de los 80's diversos equipos de investigación se dieron a la tarea de mejorar las ecuaciones que describen los fenómenos meteorológicos que suceden a escalas comprendidas entre los 20 y 200 km y resoluciones superiores a los 9 km, dando origen a los modelos numéricos de mesoescala, los cuales están en la capacidad de describir diferentes fenómenos como las brisas de mar y los complejos convectivos. De forma casi simultánea se vio la necesidad de desarrollar modelos que permitieran el estudio de los procesos turbulentos en la atmósfera y su relación con las características orográficas de la zona, estos modelos se denominan de área limitada o microescala. En la actualidad es prácticamente imposible distinguir entre ambas clasificaciones, ya que los modelos más modernos están en la capacidad de describir o resolver los procesos que ocurren en ambas escalas meteorológicas; lo cual a favorecido su implementación por diversos centros académicos y meteorológicos del mundo.

Entre los modelos más reconocidos que poseen esta cualidad tenemos el *Regional Atmospheric Modeling System* - RAMS (Pielke, et al. 1992), *Meso-Eta* (Rogers et al., 2001), PSU/NCAR *mesoscale model* – MM5 (Anthes, Hsie, & Y.H, 1987), HIRLAM (Undén et al., 2002) y el *Weather Research and Forecast Model* - WRF (Michalakes et al., 2001); los cuales son empleados por diferentes entidades gubernamentales y académicas como herramienta de apoyo a sus actividades operáticas y/o investigativas. De estos sistemas el más empleado en la actualidad y el cual fue utilizado en el presente estudio es el *Weather Research and Forecast Model*.

El WRF es un modelo surgido de un proyecto liderado por diferentes agencias gubernamentales y académicas principalmente de los Estados Unidos y liderado de forma conjunta por el National Center for Environmental Prediction – NCEP y la NOAA; el objetivo del proyecto era la unificación del desarrollo de los diferentes modelos numéricos empleados para el desarrollo de pronósticos operativos y de investigación al interior de los organismos participantes. De esta forma, en el año 2001 y tomando como base los modelos MM5 y Meso-Eta surgió el modelo WRF, el cual logró un estatus operativo a partir del año 2006, momento en el cual reemplazo de forma definitiva los sistemas mencionados.

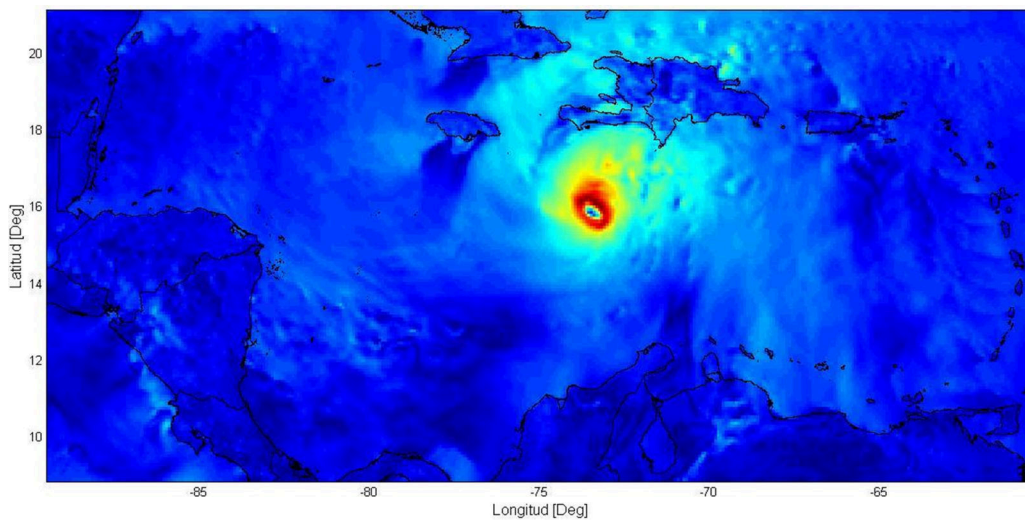
República de Colombia

El modelo WRF representa entonces el estado del arte en materia de modelación atmosférica e incorpora los últimos avances en modelación numérica de la atmosfera. Entre sus principales características tenemos:

- Opción de operar con ecuaciones hidrostáticas y no-hidrostáticas.
- Anidamiento a diferentes niveles de una y dos vías.
- Anidamiento móvil
- Mallas adaptativas
- Coordenadas verticales sigma.
- Un conjunto completo de opciones para representar los fenómenos que acontecen en la atmosférica para la microfísica, la radiación, la capa límite planetaria y la interacción atmosfera-suelo, entre otros.

Una descripción completa de todas las opciones físicas, dinámicas, y numéricas del modelo está disponible en (Dudhia & Bresch, 2002; Skamarock et al., 2005).

Figura 24. Distribución espacial de los viento para el huracán Dean para el 18 de agosto de 2007 a las 00:00 UTC. Modelo WRF



Fuente: Elaboración propia con el modelo WRF

○ Modelo oceánico

Es un conjunto de ecuaciones de la dinámica oceánica y del comportamiento hidrodinámico, con condiciones iniciales y de frontera que pueden ser corridos en un computador para obtener un pronóstico muy preciso de los procesos oceánicos y costeros. Están estructurados con los siguientes elementos:

- Información de entrada (condiciones de frontera y condiciones iniciales).
- El modelo propiamente dicho (ecuaciones, parámetros).
- Resolución numérica (esquematización, discretización, e integración).
- Solución de salida (red espacio-temporal de variables deseadas).
- Calibración (comparación con mediciones, ajuste, modificaciones, y predicciones).
- Validación (mediante los datos históricos).

Estos modelos se aplican en estudios de patrones de circulación, propagación de olas, tsunamis, dispersión de contaminantes, transporte de sedimentos, entre otros; permiten hacer un diagnóstico y pronóstico de los procesos, al igual que la definición de escenarios tanto reales e hipotéticos. Los resultados serán más confiables cuando se

República de Colombia

complementen con las demás técnicas de estudio, disponiendo de mayor información que permita la calibración del modelo y mejorar su validación (Delimar, 2012).

- Modelo de oleaje

Modelo Oleaje WWIII

La evolución de los computadores y los trabajos mencionados en Montoya y Osorio (2007), impulsaron la aparición de los modelos de tercera generación, en los cuales a diferencia de sus antecesores no se impone una forma definida del espectro y tanto la ecuación de transporte de energía y los términos no lineales pueden calcularse completamente. Esto implica que para este tipo de modelos sea posible observar la evolución en el espacio y en el tiempo del espectro de frecuencias, la altura de ola significativa H_s , entre otros, lo cual los hace mucho más precisos y útiles en el campo de la ingeniería.

Dentro de estos modelos se encuentra el WAM (Ciclos 1 a 4) (WAMDI Group, 1988), WAVEWATCH III (Tolman, 1989, 2002), MRI-III (Ueno & Ishizaka, 1997), JWA3G (Suzuki & Isozaki, 1994), SWAN (Booij, Ris, & Holthuijsen, 1999), etc. Cada uno de ellos estima en forma diferente los sumideros o fuentes de energía tratando de mejorar los resultados obtenidos con el modelo al ser comparados con los datos oceánicos obtenidos con las boyas.

Estos tratan de explicar la evolución temporal y espacial del oleaje a través de la representación del mismo mediante un espectro de frecuencias que evoluciona de acuerdo a todos los procesos que suman o restan energía. La ecuación que describe dicho fenómeno y constituye la base de los modelos numéricos de simulación de oleaje es la ecuación de energía dada por la siguiente expresión.

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \nabla \cdot (c_g F) + \sigma \frac{\partial \left(c_\sigma \frac{F}{\sigma} \right)}{\partial \sigma} + \frac{\partial (C_\theta F)}{\partial \theta} = S_t \quad (1)$$

$$S_t = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} \quad (2)$$

En donde, $F(t, x, y, \sigma, \theta)$ es el espectro de frecuencias, t es el tiempo, ω es la frecuencia intrínseca, θ es la dirección del oleaje, C_g es la velocidad de propagación de grupo $c_g = \partial \omega / \partial k$, c_σ , c_θ son las velocidades de propagación en el espacio espectral (frecuencia, dirección) y S_t es la suma de todos los sumideros o fuentes de energía.

Todos los factores que aportan o restan energía al oleaje son clasificados por lo general en cuatro componentes principales.

S_{in} esta relacionada con la energía suministrada por el viento, fue definida inicialmente por las teorías de crecimiento lineal de (Philip, 1957) y de crecimiento exponencial de (Miles, 1957) dadas por las fluctuaciones de presión en la superficie del agua.

S_{nl} representa las interacciones no lineales entre ondas dadas por (Hasselmann, 1963) quien propuso que las olas interactuaban entre sí y compartían la energía. Por ello era posible el transporte de energía dentro del espectro entre algunas frecuencias determinadas, que explicaba el crecimiento al principio de la formación de las olas.

S_{ds} es el término que considera la disipación de energía de la ola por el rompimiento de olas en aguas profundas y someras (*Whitcapping*).

S_{bot} esta relacionado con la pérdida o disipación de energía debida a la fricción con el fondo en aguas someras y con corrientes marinas para aguas profundas.

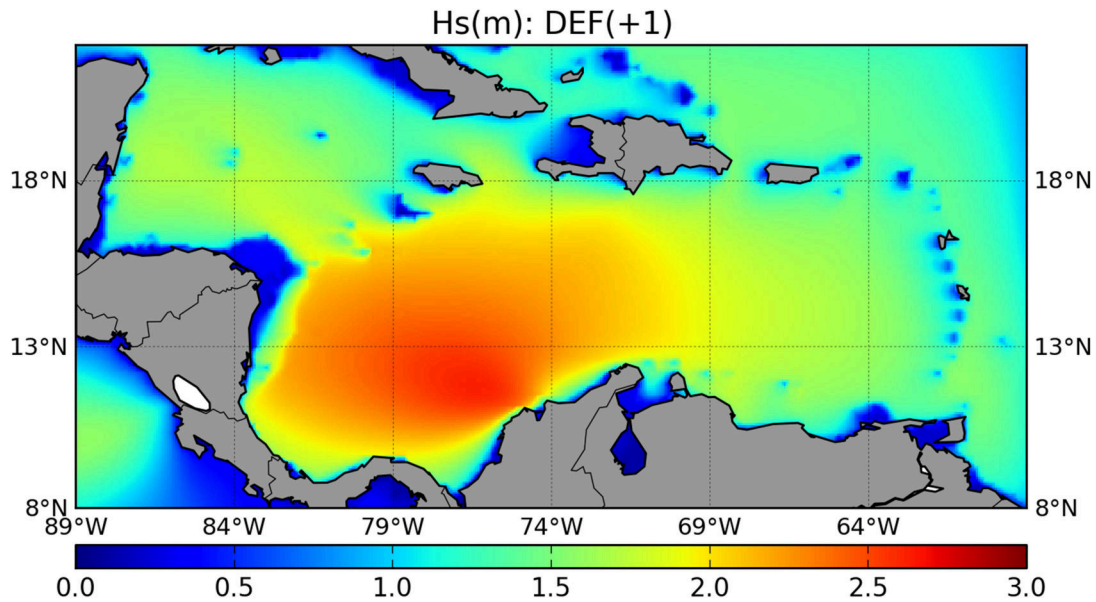
Sin la presencia de corrientes la energía para una componente espectral dada se conserva sin embargo con la presencia de corrientes dicha energía no se conserva pero la acción del oleaje denotada como $A \equiv E/\sigma$ si se conserva (Bretherton

República de Colombia

& Garrett, 1968; Whitham, 1965). Por esto los modelos de tercera generación que consideran las corrientes como el Wave Watch III (WWIII), emplean el espectro de acción de densidad del oleaje, dado por la siguiente expresión:

$$N(k, \theta) = \frac{F(k, \theta)}{\sigma} \quad (3)$$

Figura 25. Distribución espacial de la altura de ola significativa Hs, para el trimestre DEF, para año NORMAL



Fuente: elaboración propia a partir del uso del modelo WWIII

Los modelos de oleaje representan alturas de ola, áreas de viento constante y uniforme (*fetch*), y patrones de propagación de oleaje tipo Sea (*swell*) de los océanos del mundo. Las estimaciones del modelo se construyen utilizando datos de viento actuales y proyectados del modelo atmosférico que permiten estimar los efectos del viento sobre las aguas de mar abierto (ver Figura 25)

- **Subsistema de comunicaciones**

- Comunicación en tiempo real de las estaciones y radares

Existen varios mecanismos para la comunicación en tiempo real, esta puede ser a través de GPRS o sensores. “Una comunicación en tiempo real tipo GPRS garantiza el flujo constante de información desde las estaciones hasta un servidor de procesamiento. Las estaciones envían cada minuto la información concerniente a las variables que se monitorean” (SIATA, 2012).

A.2.3 Aplicabilidad en el país

En el país se han hecho esfuerzos por promover políticas, lineamientos, proyectos y leyes que buscan el manejo óptimo y la conservación de los recursos naturales que constituyen el valor más grande del tesoro nacional. Especialmente para las zonas marino costeras se han desarrollado programas que buscan mejorar las condiciones y promover la sostenibilidad del recurso, como la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros- PNOEC y la Política Nacional Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo –PND.

La PNOEC plantea la realización de una serie de estrategias encaminadas a *“promover el desarrollo sostenible del océano y de los espacios costeros, así como de los intereses marítimos de la Nación”*. Dentro de sus principios se encuentran el *Equilibrio entre desarrollo económico y sostenibilidad* y el *Enfoque multisectorial y multidisciplinario*, para los cuales el Estado debe garantizar el equilibrio entre el desarrollo, la conservación y el aprovechamiento sostenible de sus recursos. Además debe coordinar la participación de los diferentes sectores relacionados con las zonas marino-costeras en la formulación de estrategias para alcanzar el objetivo general de dicha política.

La Política Nacional Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 *“Prosperidad para Todos”*, se titula *Sostenibilidad Ambiental y Prevención del Riesgo* y, se divide en dos apartados: el primero contiene la gestión ambiental integrada y compartida y el segundo la gestión del riesgo de desastres. En el primer apartado, el PND formula los siguientes lineamientos estratégicos: la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; la gestión integral del recurso hídrico; la gestión ambiental urbana y sectorial; el cambio climático, la reducción de la vulnerabilidad y adaptación y estrategia de desarrollo bajo en carbono; y por último buen gobierno para la gestión ambiental.

A este panorama que refleja los intereses de la nación en temas costeros y políticas ambientales, se suman algunos resultados presentados en la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, en donde se proponen varios escenarios en diferentes periodos de tiempo y se muestran los elementos más vulnerables del país a los efectos del cambio climático, entre los que sobresalen cuatro elementos para el interés de este proyecto: coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares, vulnerabilidad del recurso hídrico y vulnerabilidad de las zonas marino costeras.

De lo anterior puede concluirse que existe interés del gobierno nacional, los gobiernos locales y posiblemente los sectores privados para que se realicen proyectos que promuevan la conservación de los recursos naturales costeros, que ayuden a controlar la pérdida de tierras por causa de la erosión costera, reducir la amenaza a las inundaciones por causa del ascenso del nivel del mar, implementar alternativas para la adaptación al cambio climático y sobre todo, que ayuden a incentivar el turismo nacional e internacional hacia las zonas costeras en las cuales se desarrolla esta actividad como primer renglón de las actividades económicas.

La aplicabilidad de las tecnologías en el país, particularmente para las ciudades de Cartagena y San Andrés, se argumenta como sigue:

- **Cartagena de Indias**

Es la capital del Departamento de Bolívar y, pertenece a la denominada Región Caribe. Según cifras del DANE, durante el 2010 la cifra de ocupación hotelera en la ciudad alcanzó el 61,2%, siendo el porcentaje de ocupación más alto durante ese año en la Región (DANE, 2010). De acuerdo al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, después de Bogotá, es la segunda ciudad de destino de viajeros extranjeros no residentes en el país, con una participación de 13,1% entre enero y junio de 2012 (Ministerio de Comercio, 2012). La actividad turística es un importante motor de su economía. En términos de cambio climático y según estudios previos, la ciudad ha tenido pérdida de playas, afectaciones en el sistema vial, inundaciones en el centro histórico, cambios en la dinámica del sistema marino e impactos negativos sobre el área portuaria. Según cifras de INVEMAR, se tiene una proyección para 2019 de los impactos del Ascenso del Nivel del Mar (ANM) que afectaría 13.3 km² de manglares , 21.6 km² de área inundada, 309.000 personas y 747.000 millones de pesos de pérdidas por estos eventos (INVEMAR, 2011b).

República de Colombia

En la ciudad se han hecho esfuerzos de política significativos para lograr adaptar la región a estos eventos extremos. Particularmente, en junio de 2012, fue publicado el documento *Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático para Cartagena de Indias*, en el cual se esboza la estructura para que la ciudad diseñe un Plan de Adaptación al Cambio Climático como eje articulador de las acciones tendientes a la construcción de las condiciones y obras esenciales para que la ciudad esté preparada para enfrentar esta nueva condición climática (INVEMAR et al., 2012).

En Cartagena se está haciendo un esfuerzo por integrar el Plan de Adaptación al Cambio Climático de la ciudad, (actualmente en formulación) a la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial.

Tal y como se concluyó en el taller local de Cartagena, la normatividad existe, y se está refinando e incluyendo otras áreas de foco. El reto para el país y los encargados de la política ambiental y de desarrollo está en hacer operativas estas normas y lograr su articulación, con el fin de que en el país se logre una coordinación entre los diferentes actores implicados en esta problemática.

- **San Andrés**

Recibe actualmente alrededor de 380.000 turistas por año, de los cuales, 295.000 son de nacionalidad colombiana y el resto provienen de otros países. La principal actividad económica de la isla es el turismo y su mayor riqueza son sus playas, las cuales están sometidas desde hace varios años a un proceso de deterioro continuo e imparable causado por el régimen de olas que se presenta en la zona.

Los mayores efectos se han notado en las playas del sector de San Luis, el cual ha sufrido una disminución del ancho de playa de manera sustancial y ha afectado la estabilidad de la Vía Circunvalar de la isla para la que dos tramos han perdido parcialmente la banca. En las playas del sector Norte (Spratt Bight), donde actualmente se encuentra el Paseo Peatonal sobre la antigua avenida Colombia, los procesos erosivos han causado la disminución de ancho de la playa, afectando la estabilidad de las obras de infraestructura de la avenida peatonal y el desplazamiento de la arena sobre la misma. Es importante señalar que esta playa es la principal de la isla, teniendo en cuenta su ubicación y dimensión.

El gobierno local de San Andrés es consciente de la situación y es por esto que en conjunto con el Gobierno Nacional a través del Viceministerio de Turismo y el FONADE han venido adelantando la tarea de identificar las necesidades para realizar la recuperación de las playas en este sector. Además de esta iniciativa, el sector privado puso de su parte y contrató los servicios del Instituto de Investigaciones Marinas – INVEMAR quien adelantó a finales de 2007 e inicios de 2008, un estudio sobre la recuperación de las playas en un sector de 900 m de San Luis, sobre el cual la autoridad ambiental solicitó que se complementara con los estudios de impacto ambiental y de cuencas de aquellos sitios donde se obtendría el material para la recuperación de la playa.

Según informaron los actores del gobierno local y de la entidad ambiental que hicieron presencia en el taller celebrado en la ciudad, San Andrés cuenta con propuestas de un Plan de Ordenamiento Territorial desde el año 2002 (POT de 2002), en el cual ha considerado la reubicación de las viviendas existentes entre la Vía Circunvalar y el mar en el sector al Sur de la población de San Luis. Además se propuso un Plan de Expansión Portuaria 2009 – 2011, con el lema *Puertos para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible*, donde está involucrado el dragado de profundización del canal de acceso al Puerto de San Andrés, que permitirá que las arenas puedan ser dispuestas en las playas de la isla para su recuperación, en los cuales ha involucrado a universidades de la zona a través de convenios (Universidad del Norte) y al INVEMAR, para dichos rellenos la gobernación ya cuenta con estudios y diseños.

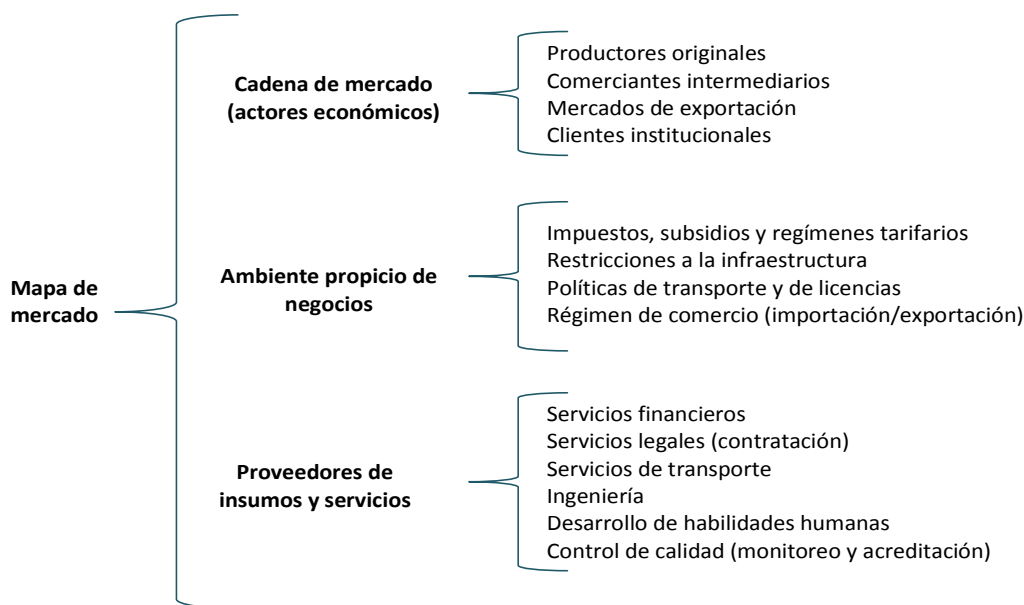
El mayor esfuerzo que debe realizarse en el país para el desarrollo exitoso de estos proyectos, en el marco de políticas e instituciones presentadas anteriormente, es la articulación de todas estas iniciativas locales con los intereses nacionales para dar vía libre a su desarrollo e implementación a través de la participación constante de todos los actores involucrados, también se sugiere dar vía libre a los sistemas de monitoreo pues no se cuenta con sistemas de este tipo.

Anexo III. Mapa de Mercado de las Tecnologías

A.3.1 Descripción técnica del mapa de mercado para la tecnología de rellenos de playa

El mapa de mercado se elaboró teniendo presente la interacción entre los actores económicos, el ambiente en el que está inmerso la tecnología a implementar (regulaciones, condiciones legales) y los proveedores de los insumos y servicios; tal y como se ilustra en la Figura 26.

Figura 26. Componentes del mapa de mercado



Fuente: adaptación de Boldt et al. (2012), traducción libre

Las barreras, medidas y planes de acción de las tecnologías priorizadas han sido abordados de acuerdo a las fases CDIO, definidas como: **Concepción (C), Diseño (D), Implementación (I), y Operación (O)**, según el enfoque CDIO para el desarrollo de sistemas y productos en la ingeniería

- **Primera fase: concepción**

En Colombia se han presentado problemas de erosión costera, los cuales pueden verse acrecentados con el cambio en la frecuencia e intensidad de eventos extremos debido a la variabilidad climática como huracanes, vientos fuertes, mares de leva, o simplemente por la acción indiscriminada del factor antrópico.

Como se ha mencionado en el Anexo II. Descripción técnica de las tecnologías priorizadas, el relleno de playa es una obra de ingeniería costera, cuyo objetivo es recomponer las formas naturales del perfil y de la planta de las playas⁷, entre las que se encuentran las bermas o dunas litorales. Cuando se presentan procesos erosivos constantes que ponen en riesgo un ecosistema, alguna población o algún tipo de infraestructura; y que se caracterizan por ser procesos irreversibles de forma natural, se hace necesaria la intervención ingenieril, dando lugar a la concepción del proyecto.

⁷ Las playas se estudian a nivel de *perfil de playa* que corresponde a una sección perpendicular al mar, y *planta de la playa* que corresponde a la sección paralela al mar. La forma en planta que adoptan las playas sedimentarias, ya sean naturales como artificiales, es producto de la interacción de los agentes dinámicos que actúan sobre ellas y de las propias características físicas de la costa. (Sánchez-arcilla & Jiménez, 1995)

República de Colombia

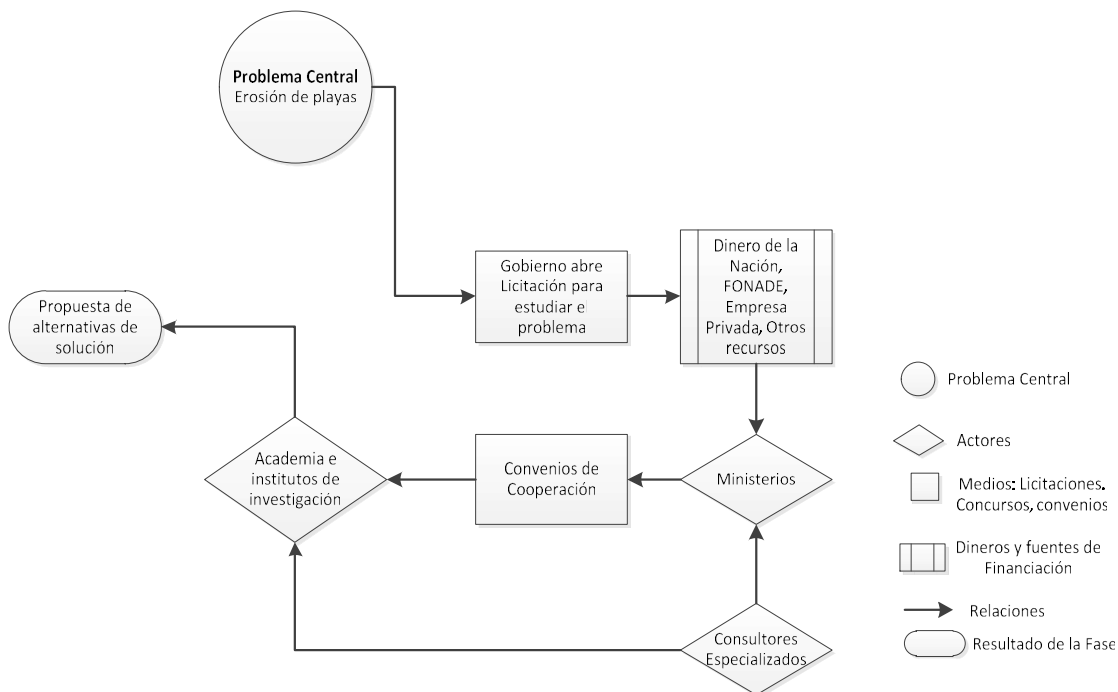
Las playas de Colombia son bienes de uso público, son inalienables, imprescriptibles e inembargables de acuerdo al Artículo 63 de la Constitución Política de Colombia. Por tal motivo, el gobierno es el encargado de protegerlas a través de las instituciones encargadas. De acuerdo a lo anterior, el actor fundamental en esta etapa es el gobierno mismo, quien solicita a través de licitaciones públicas estudios detallados que permitan el entendimiento del problema y propuestas con alternativas de solución.

Los procesos requeridos para atender el problema que afecta a la comunidad (erosión de playa) son coordinados desde los ministerios, entre ellos el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y el Ministerio de Transporte, entre otros. Las licitaciones que se hacen convocan a los actores especializados en trabajos de zonas costeras, específicamente en rellenos de playa y regeneración de zonas erosionadas, quienes pueden realizar convenios con las instituciones académicas (Universidades, Tecnológicos, entre otros) y los institutos de Investigación del país como el INVEMAR, el CIOH, entre otros.

El producto de esta fase será la concepción del proyecto como respuesta a una necesidad de la comunidad y el ecosistema afectado. Los recursos para llevarla a cabo pueden obtenerse de la nación, a través de proyectos de adaptación o fondos especiales, convenios institucionales, proyectos de cooperación e incluso participación de la empresa privada entre las que se incluyen hoteles y puertos, los cuales pueden llegar a proponer iniciativas para desarrollo de estos proyectos.

En la Figura 27 se ilustra la forma de interacción de actores que intervienen en la fase de concepción. En un primer nivel se tiene el problema central, que para este caso específico es la erosión de playas sin preguntarnos aun por las causas que han generado dicha erosión, pues este fenómeno puede tener diferentes causas, sean antrópicas o naturales. En algunas ocasiones las obras de desarrollo propuestas por los gobiernos para un lugar pueden traer problemas de erosión en otros sitios, de ahí que sea una relación de vía doble (Ver Figura 27). Cuando el problema se genera en un ambiente completamente natural puede pasar desapercibido, pero si existe población afectada, este problema se convierte en un tema notorio y toma mayor importancia, por lo que debe tomarse como una “necesidad de la comunidad”. Como las playas se consideran un bien público de la nación, es el gobierno quien debe responder por su bienestar, y a través de sus ministerios buscar la asignación de recursos para el entendimiento del problema (Parte derecha de la Figura 27), haciendo un llamado a los expertos y estudiosos del tema quienes para un mejor entendimiento de los procesos y fenómenos naturales se deben involucrar con la academia y la investigación con el objetivo de proponer alternativas de solución (Cuadro azul en la Figura 27).

Figura 27. Interacción de actores que intervienen en la fase de concepción de los rellenos de playa



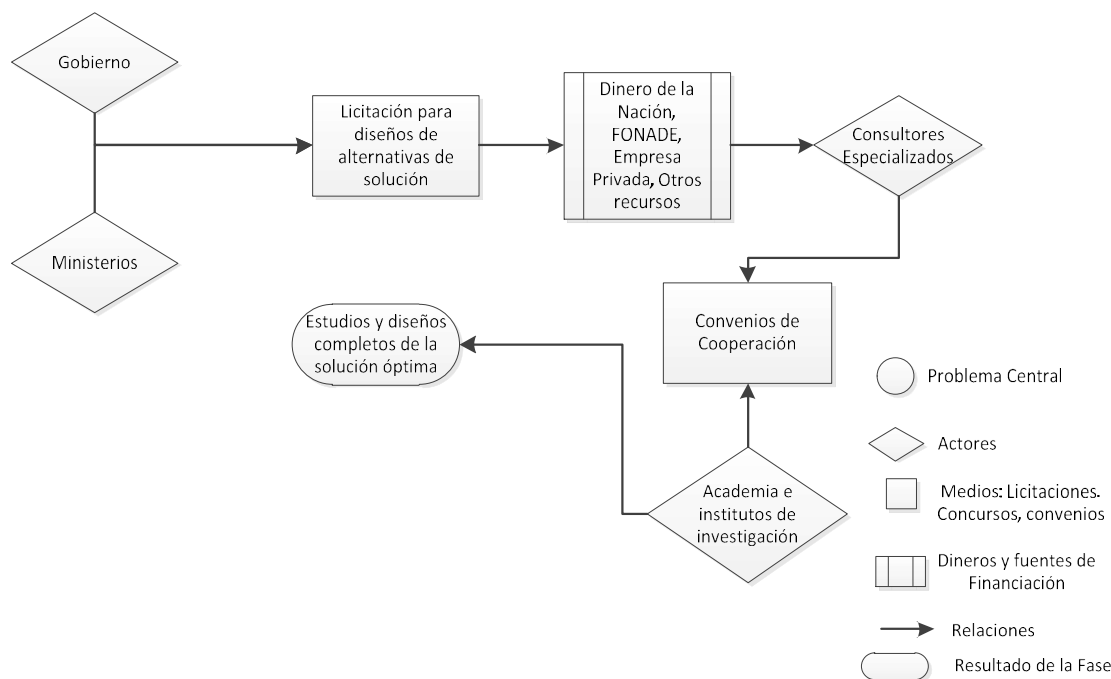
Fuente: elaboración propia

• Segunda fase: diseño

Una vez el gobierno tiene en sus manos estudios previos de entendimiento del problema y posibles alternativas de solución, se ingresa en la **fase de diseño**, la cual consiste en llevar a cabo las alternativas de solución con diseños específicos, que incluya modelos de detalle y la evaluación de los impactos (buenos o malos) que puedan generar la implementación de las intervenciones en las playas.

Los diseños de las obras se presentan por lo general con los siguientes requerimientos: diagnóstico del problema desde el punto de vista de expertos de diferentes disciplinas, mediciones de campo con sus planos, geofísica, caracterización geológica y geomorfológica, estudios y diseños de ingeniería, modelaciones matemáticas (hidrodinámicas y morfodinámicas) relacionadas con el diseño y el efecto de las intervenciones propuestas en el corto y el largo plazo, el plan de dragado para relleno hidráulico de playas, los diseños de ingeniería del mismo, las cantidades de obra y costos de las obras propuestas, el método constructivo sugerido, las especificaciones técnicas para construcción y la gestión y administración de los recursos y de la playa misma, estudios de pre-factibilidad y el Plan de Manejo Ambiental. En la Figura 28 se ilustra el proceso.

Figura 28. Proceso de obtención de diseños del proyecto de rellenos de playa



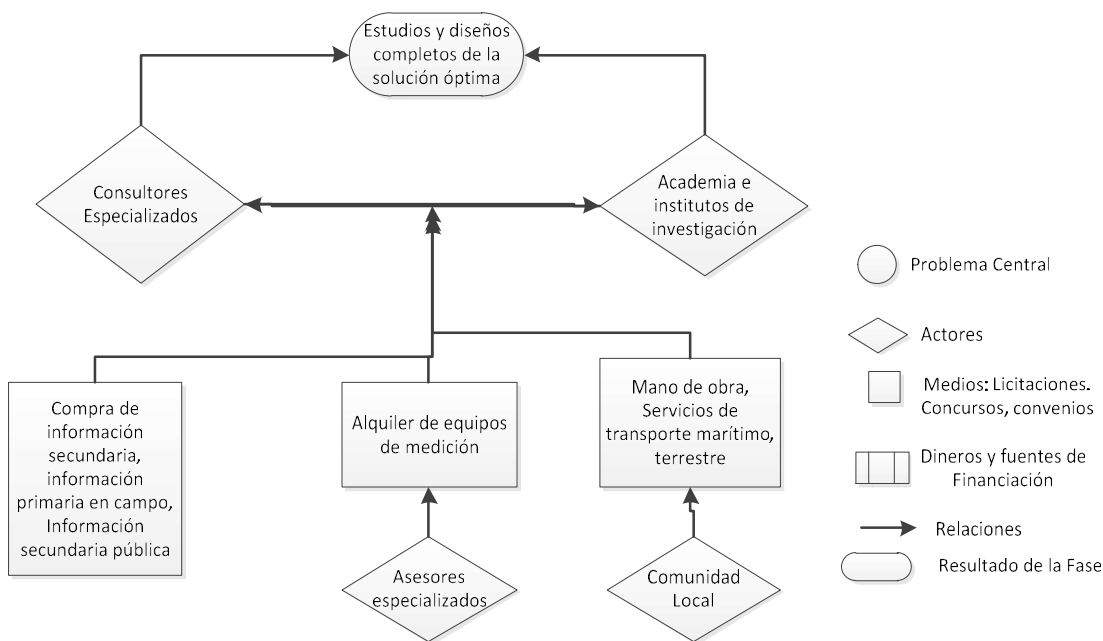
Fuente: elaboración propia

Los recursos con los que se inicia el proyecto, es decir los invertidos en la primera fase de concepción pueden alcanzar para cubrir los gastos de esta etapa, y más aún, cuando los actores que estuvieron participando en la fase de concepción también hacen parte de la fase de Diseños.

El resultado de esta etapa se condensa en los **estudios y diseños completos de la solución óptima para recuperar la playa**, pero quizá los resultados más importantes están condensados en **las cantidades y costos de las obras propuestas, los estudios de factibilidad y el Plan de Manejo Ambiental**, los cuales indican las cantidades necesarias de inversión, las fuentes de financiación y el manejo ambiental. Sin estos requerimientos las obras pueden quedar relegadas a diseños inadecuados o no ejecutables.

En esta fase, el actor más importante puede ser los grupos de consultoría especializada, quienes hacen convenios con instituciones educativas o institutos con experiencia en las zonas para cumplir con las condiciones del proyecto. El mercado básicamente se cierra en un grupo reducido de profesionales pero inicia una interacción importante con el levantamiento de la información primaria con la gente de la comunidad de la zona y otros proveedores de servicios, tal como lo muestra la Figura 29.

Figura 29. Interacción de actores que intervienen en la fase de diseño de los rellenos de playa



Fuente: elaboración propia

La Figura 29 ilustra la forma de obtención de los estudios y diseños de la solución adecuada como una continuación de la Figura 28, y corresponde a actividades propias de la fase de diseño realizadas por los actores involucrados, en la cual participa la comunidad local por medio de empleos en diferentes etapas del proyecto, en particular en las correspondientes a trabajo de campo. Para algunas actividades específicas se puede requerir el uso de dispositivos particulares, por lo que se puede buscar ayuda de asesores especializados (Parte inferior izquierda de la Figura 29)

• Tercera fase: implementación

Con los diseños completos y la fase dos finalizada se puede proceder al tercer paso que consiste en la **implementación**. En la mayoría de los casos, algunos proyectos pueden necesitar largo tiempo en las dos primeras etapas, y si esto sucede en procesos de cambios administrativos o políticos, la fase de implementación puede convertirse en un traspíe en el camino, y presentarse otro tipo de barreras que ya fueron descritas anteriormente que impidan llegar a este nivel de ejecución del proyecto.

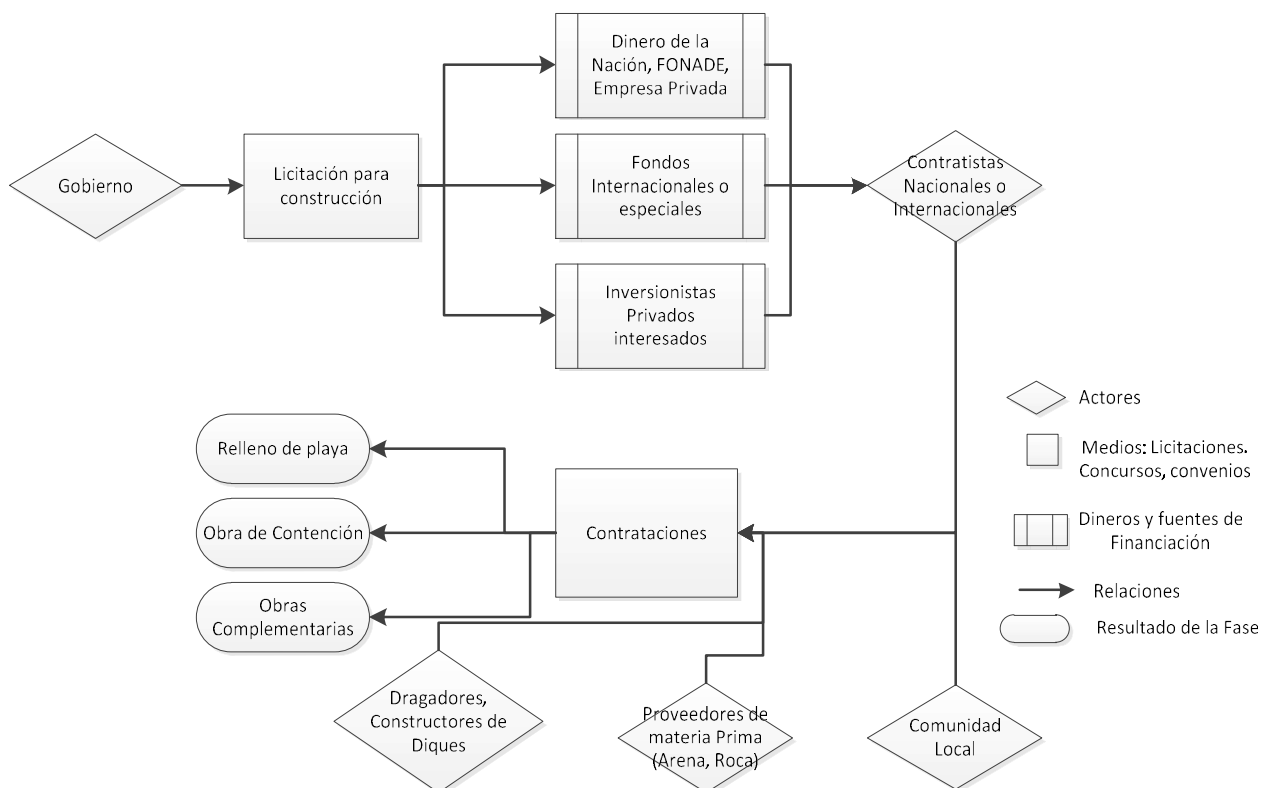
Asumiendo que no se presentan problemas y que el gobierno ya cuenta con los recursos necesarios asignados para implementar estas obras se inicia con un proceso de contratación y de ejecución donde los actores más importantes son los constructores, bajo el nombre de contratistas y mano de obra local. En esta fase se invierten el mayor porcentaje de recursos del proyecto.

La

Figura 30 muestra la interacción entre los actores involucrados en esta fase, en la cual el gobierno con la solución adecuada busca un constructor quien la lleve a cabo a través de una licitación pública. Los recursos para la obra serán obtenidos de la nación, de apoyos internacionales o fondos especiales. La obra requerirá de un trabajo especializado a la hora de ser necesario el uso de dragas o construcción de diques, pero allí se puede generar empleo para la mano de obra local. Un elemento importante será la materia prima (arena), la cual requiere de condiciones especiales y

cumplimiento de normas, tanto técnicas, ambientales y mineras, y que no necesariamente es provisto por el contratista.

Figura 30. Interacción de actores que intervienen en la fase de implementación de los rellenos de playa



Fuente: elaboración propia

El producto más importante de esta fase es la obra, que será efectiva si el diseño ha sido concebido apropiadamente.

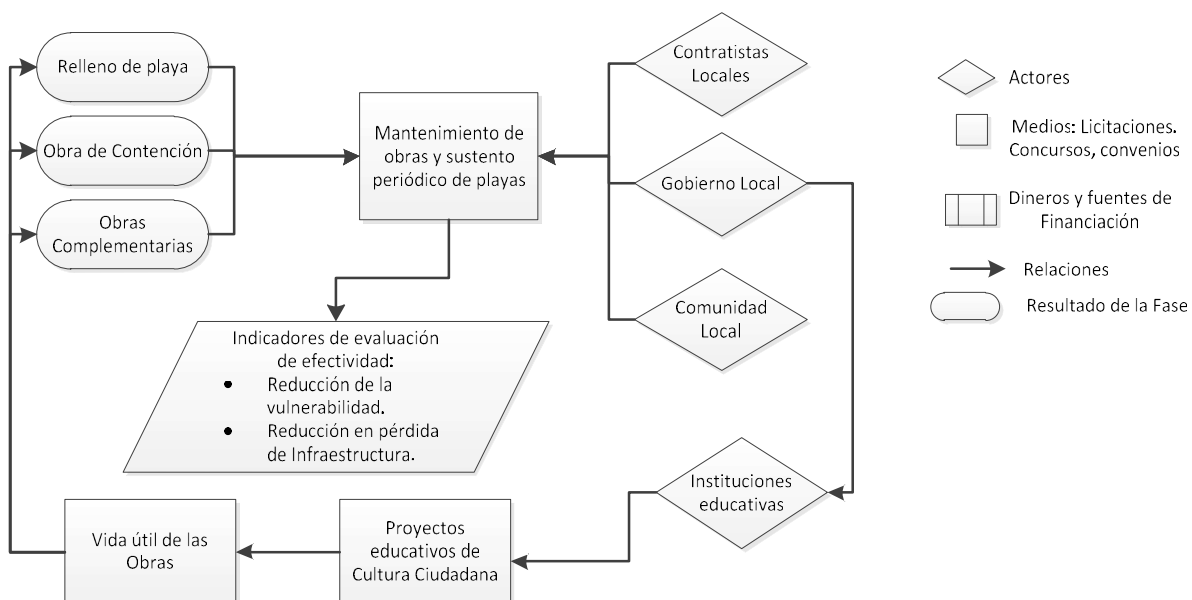
• **Cuarta fase: operación y mantenimiento**

Una vez se tiene la obra se debe garantizar su vida útil. El proceso de contratación puede exigir una garantía mínima de funcionamiento a los constructores de la obra, pero esta funcionará siempre y cuando el gobierno local se comprometa con recursos en una estrategia de operación y mantenimiento. Por esto, se debe considerar una fase de mantenimiento de obras, y asignar recursos para ello, o incluir los proyectos de mantenimiento dentro de los planes de desarrollo de los gobiernos locales. En esta última etapa, el gobierno debe proveer los recursos para ello. La evaluación de la efectividad de las obras se puede realizar a través de indicadores sobre la disminución de la vulnerabilidad y de la pérdida de infraestructura, y el aumento del turismo por la recuperación de la playa.

La Figura 31 ilustra los actores que intervienen en la operación y mantenimiento de las obras, en la cual en el centro de la figura se encuentran las actividades principales a realizar. Los óvalos de la izquierda representan el resultado de la fase de implementación (ver

Figura 30) como indicadores de continuidad del proceso. Los rombos de la derecha muestran al gobierno local como responsables de la actividad, quien a través de recursos locales buscará contratos que permitan involucrar a la comunidad local y los contratistas de la región en el mantenimiento y sustento del recurso playa. La evaluación de la efectividad de las obras y de las actividades principales podrá ejecutarse con el uso de indicadores, proponiéndose “la reducción de la vulnerabilidad”, reducción de pérdida de infraestructura” y “aumento del turismo” como los más adecuados. Además de ello el gobierno local deberá generar proyectos de educación en los que se comprometan las instituciones educativas para generar una cultura ciudadana y mejorar la vida útil de las obras.

Figura 31. Interacción de actores que intervienen en la fase de operación y mantenimiento de los rellenos de playa



Fuente: elaboración propia

A.3.2 Descripción técnica de la cadena de mercado del sistema de monitoreo avanzado

A diferencia de los rellenos de playa, donde la concepción de la idea surge para “proteger” o “recuperar” una zona afectada, los sistemas de monitoreo surgen como herramientas para “entender, alertar y prevenir” riesgos. De igual forma que para los rellenos de playa, la tecnología de sistemas de monitoreo se ha abordado a través de las fases de desarrollo definidas como: **fases CDIO**.

- **Primera fase: concepción**

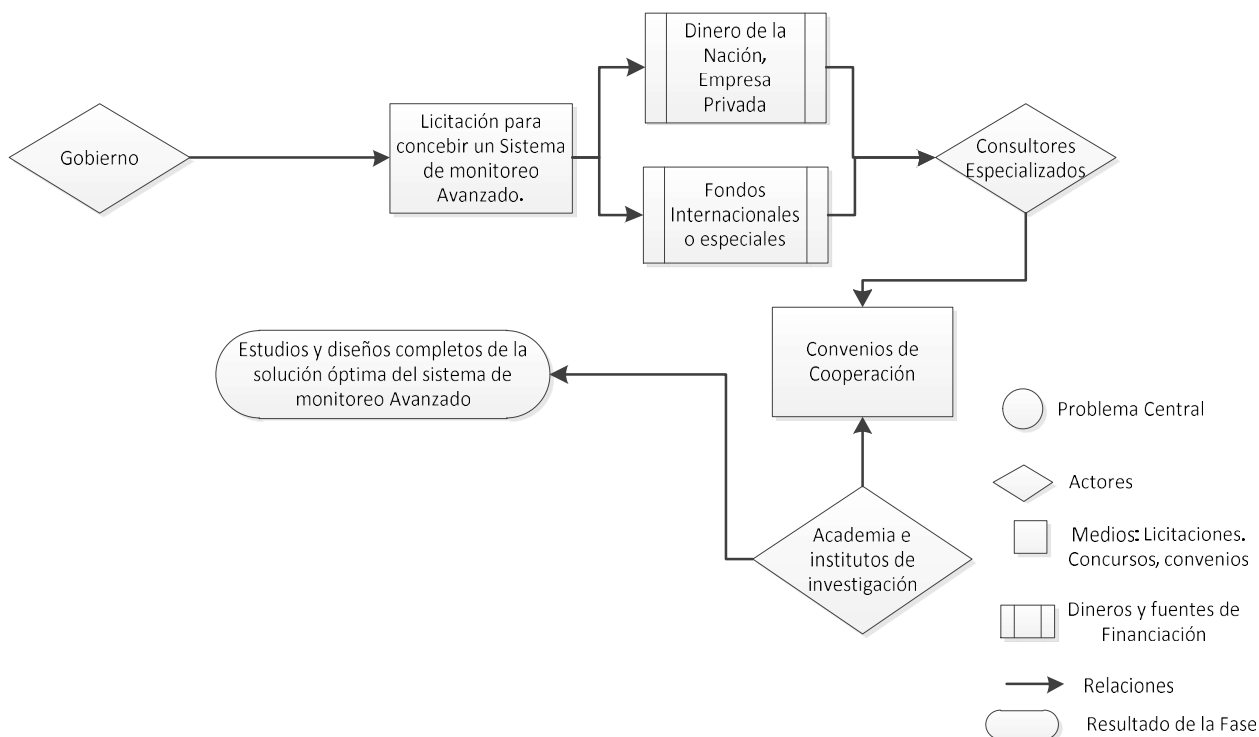
Los constantes cambios del clima y la variabilidad climática misma han generado la necesidad de conocer constantemente el estado de las condiciones del medio en el que habitamos. Esto sólo puede lograrse con un esquema de medición constante del medio natural y de las variables que se han definido para describir los fenómenos climáticos, atmosféricos y en general, cualquier fenómeno natural. Aunque el país cuenta con sistemas de monitoreo constante para algunas variables, no se tiene información puntual para algunas regiones del país, lo que implica que no se cuente con una red robusta y funcional de monitoreo que lleve un constante registro de esta información. Además, no se ha logrado conformar un sistema tal que permita generar alertas tempranas en tiempo real de una manera oportuna para reducir los riesgos ante diferentes tipos de amenazas.

Muchas instituciones, corporaciones y centros de investigación en el mundo monitorean constantemente el planeta y Colombia no puede ser ajena a ello. Es por esto que la fase de concepción de proyecto de sistema de monitoreo, además de concebir la idea del sistema, busca dar respuesta a una necesidad mundial de información y una generación de capacidades nacionales (técnicas y de gestión) que permitan diseñar las tecnologías, operarlas y tomar decisiones oportunas ante los fenómenos climáticos extremos (incrementados en intensidad o frecuencia por el cambio climático). Por tal motivo, esta idea debe ser liderada a nivel nacional e involucrar instituciones públicas, privadas y académicas para generar la información meteorológica y oceánica con los mejores estándares mundiales.

El responsable de atender la necesidad de un sistema de monitoreo es el gobierno nacional y local. En la fase de concepción se busca responder al llamado de prevención del riesgo (en el contexto de las amenazas climáticas) que hace la comunidad internacional, con el aliciente de tener un sistema de alerta temprana de escala regional y local en el país. Por tal motivo esta primera fase debe arrojar como resultado los lineamientos y las necesidades básicas del país en cuanto a sistemas de información, de comunicación, de modelamiento y de sensores de medición que puedan conformar el sistema. Para ello, el gobierno debe formular un proyecto que involucre personal capacitado (consultores especializados e instituciones de investigación) para proponer los requerimientos del sistema en cuanto a personal y equipos, invirtiendo los recursos financieros necesarios de origen público o de cooperación internacional. Estos últimos fondos juegan un rol importante, puesto que los desarrolladores de estas tecnologías normalmente vienen de los países que también hacen aportes de cooperación para el desarrollo. Sin embargo, no se debe olvidar que la apropiación de conocimiento y tecnología es clave para la efectividad en la operación del sistema y para la toma de decisiones.

La interacción entre los actores del mapa de mercado de los sistemas de monitoreo, para la fase de concepción, se muestra en la Figura 32, en la cual el gobierno inicia con el planteamiento de una necesidad mundial de información, que de igual forma será de interés nacional y busca crear un sistema de monitoreo avanzado por medio de una licitación pública que buscará consultores especializados en el tema para que en conjunto con centros de investigación generen los estudios y diseños del sistema que suplan dicha necesidad de información.

Figura 32. Interacción de actores que intervienen en la fase de concepción de los sistemas de monitoreo



Fuente: elaboración propia

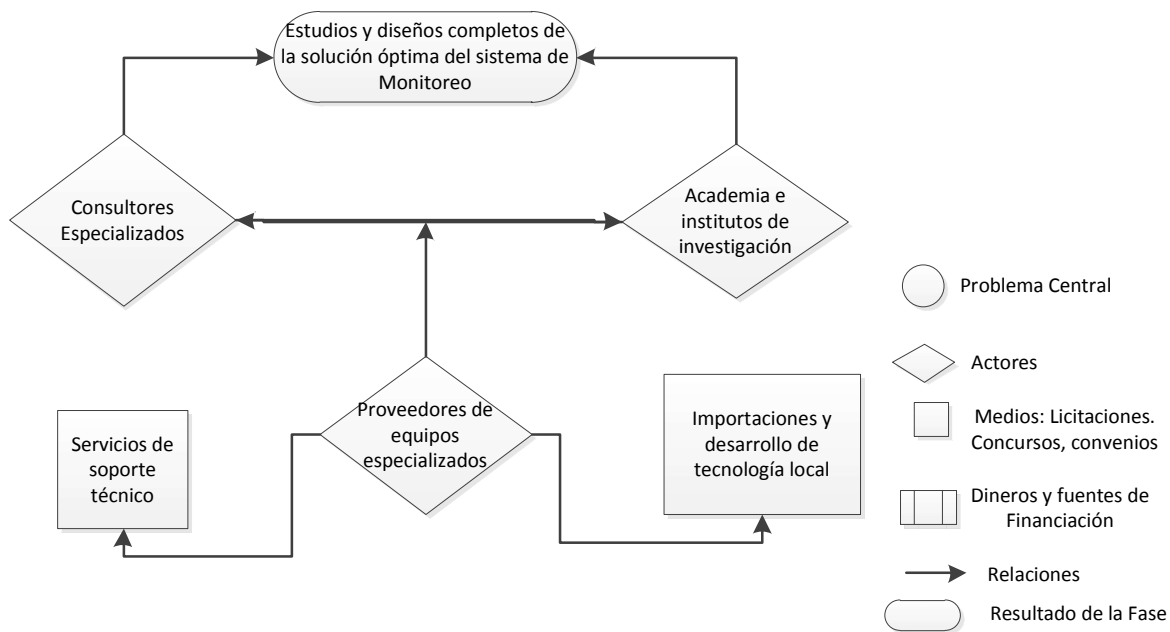
• **Segunda fase: diseño**

Debido a que el sistema de monitoreo permite la recolección de datos a largo plazo, permitirá la toma de decisiones en prevención y optimizará la inversión y ordenamiento territorial de zonas de riesgos mitigables.

Por ser temas especializados, en la fase de diseño los actores más importantes son los consultores especializados y las instituciones de investigación, quienes propondrán al gobierno por medio de las licitaciones públicas, las mejores opciones para cumplir con los requerimientos exigidos en la primera fase de concepción. Esta cadena de mercado es más simple, debido a que está relacionada directamente con los expertos en este tipo de temas, y con los proveedores de estos equipos, quienes se relacionan directamente con quienes ofrecen los servicios de soporte.

La Figura 33 muestra las relaciones mencionadas en la cual se aprecia claramente la relación triple que debe existir entre los consultores especializados, la academia y los institutos de investigación con los proveedores de equipos, siendo estos últimos desarrolladores de tecnologías propias (local) y los prestadores de servicios y soporte técnico.

Figura 33. Interacción de actores que intervienen en la fase de diseño de los rellenos de playa



Fuente: elaboración propia

• Tercera y cuarta fase: implementación, y operación y mantenimiento

De la misma forma que para los rellenos de playa, a partir de los diseños completos se procede a la implementación, asumiendo que se han superado las barreras en las fases de concepción y diseño, y que el gobierno cuenta con los recursos necesarios para implementar los sistemas.

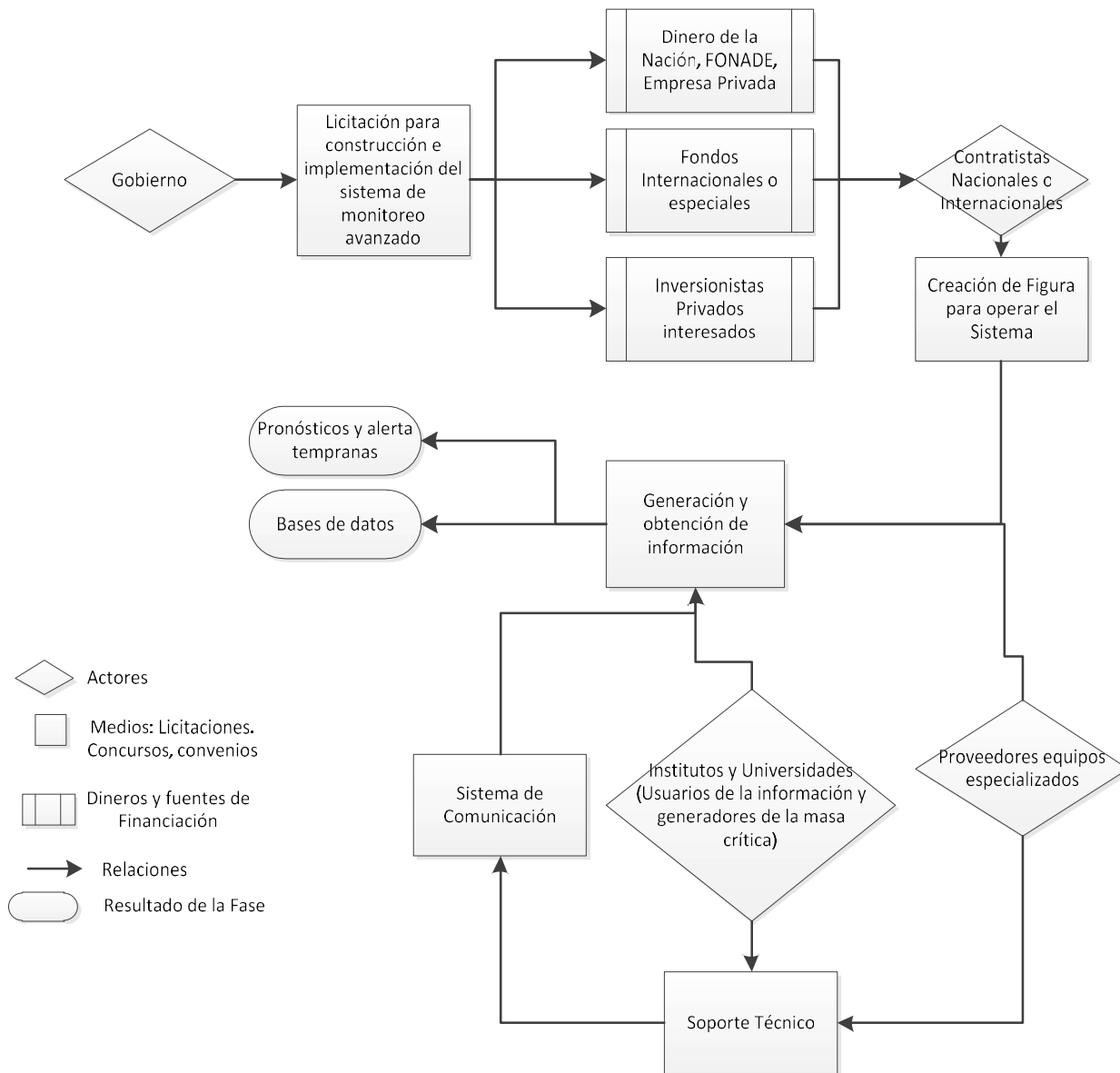
Cabe anotar que para los sistemas de monitoreo se requiere de una figura o arreglo institucional que permita la operación y mantenimiento del sistema, debido a que el éxito de estos sistemas depende de su buen funcionamiento en el largo plazo. Las ventajas de tenerlo en funcionamiento podrían no verse de forma inmediata, pero en el largo plazo, las pérdidas humanas, en infraestructura y en ecosistemas pueden ser de magnitudes significativas por no tenerlo en operación ante la llegada inminente de un evento climático extremo.

El producto más importante obtenido después de la implementación y puesta en operación del sistema, será una base de datos completa del comportamiento atmosférico y oceánico que ayudará a entender mejor los eventos extremos y podrá ayudar a la generación de pronósticos y alertas tempranas que permitan una rápida reacción y a su vez, una reducción de los riesgos.

La Figura 34 muestra el proceso de obtención de los productos principales del sistema de monitoreo avanzado, enmarcados en los óvalos ubicados a la izquierda y que corresponden a pronósticos de alerta temprana y una base de datos de diferentes tipos. Los recuadros ubicados en la parte superior de la figura, indican los pasos seguidos después de tener los diseños del sistema, en el cual para llevarlo a cabo se acude a una licitación pública dirigida a contratistas nacionales e internacionales quienes a través de la creación de la figura institucional que operará el sistema y con la ayuda de técnicos y constructores desarrollarán las actividades necesarias para poner en marcha el sistema de monitoreo avanzado. Debido al requerimiento de equipos de alta tecnología, entre los que se encuentran los radares, los proveedores tendrán un papel importante en la capacitación del equipo técnico y constructor (parte inferior de la Figura 34, así mismo, las instituciones académicas cumplirán la función de creadoras de conocimiento y serán usuarias de la información obtenida del sistema, para lo cual será necesaria una red de comunicación que necesitará de un constante soporte técnico. Esta actividad podrá ser desarrollada en conjunto por universidades y proveedores de

equipos, con el fin de mantener en funcionamiento el sistema y la obtención continua de información (ver parte inferior de la Figura 34) para generar la base de datos y cumplir con los pronósticos y alertas tempranas (lado derecho de la Figura 34) requeridos.

Figura 34. Interacción de actores que intervienen en las fases de implementación y operación de los sistemas de monitoreo



Fuente: elaboración propia

Figura 35. Mapa de Mercado para la tecnología de rellenos de playa

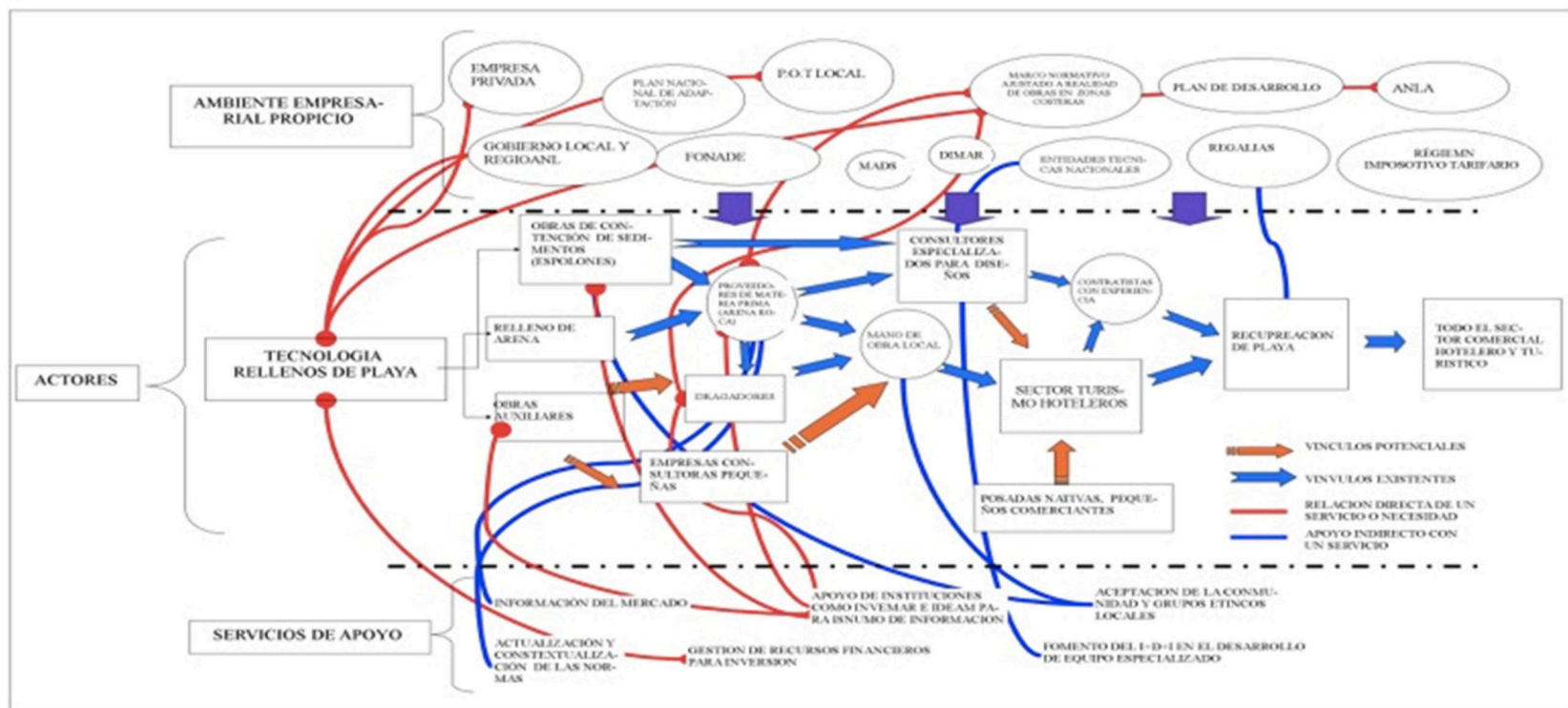
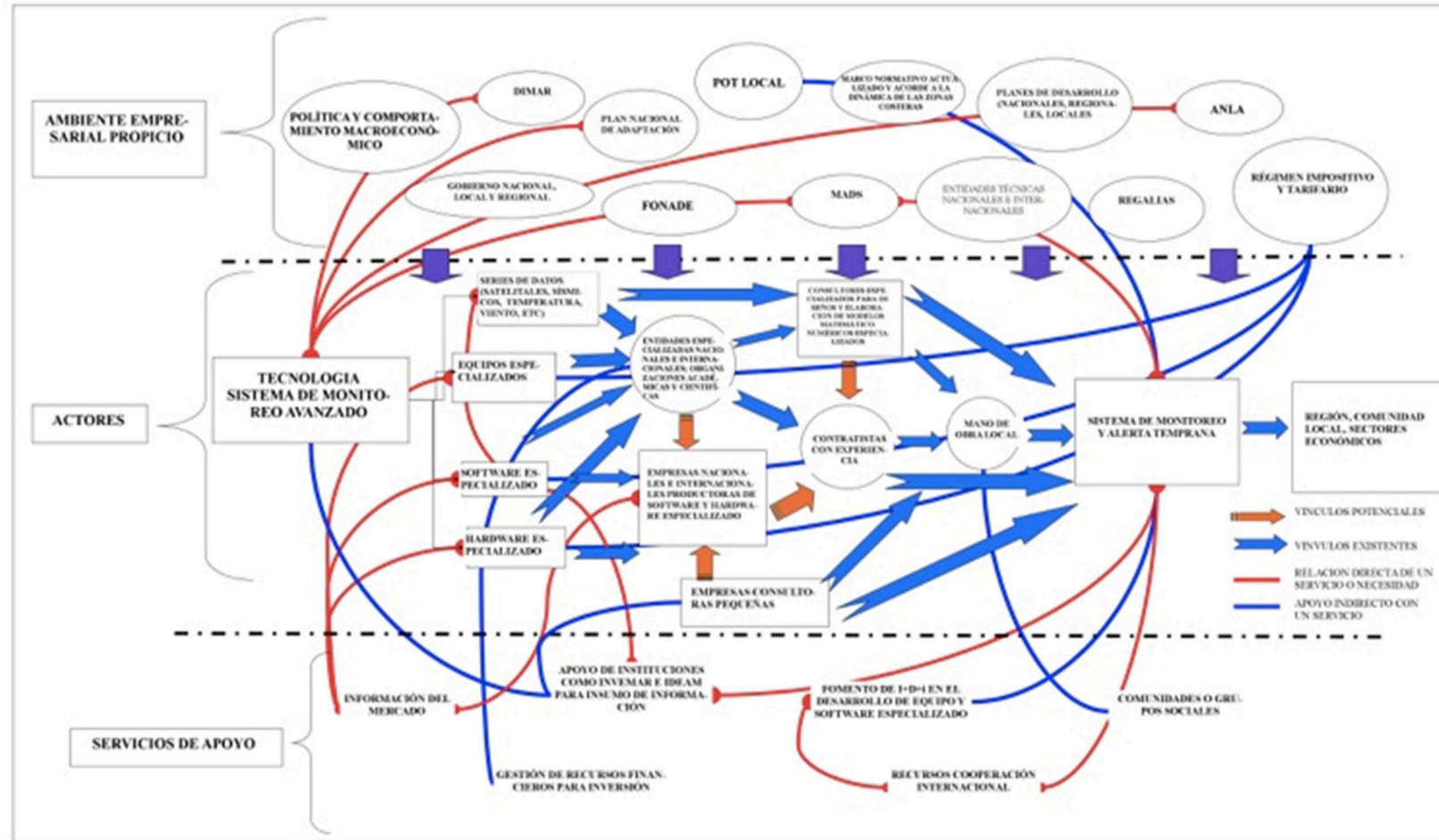


Figura 36. Mapa de Mercado para la tecnología de sistemas de monitoreo



Anexo IV. Involucramiento de actores estratégicos

A.4.1 Asistentes a taller de acercamiento a actores estratégicos

Tabla 40. Asistentes al Seminario Internacional HORUS.

EXPOSITOR	INSTITUCIÓN	CHARLA	ASISTENTES
Ph.D Raúl Medina	Universidad de Cantabria – España	Nov-22	50
		Nov-23	39
Ph.D Clara Villegas	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Nov-22	45
Ph.D Santiago Arango	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Nov-22	45
MSc. Andrés Restrepo	Aqua y Terra	Nov-22	39
Ph.D Carlos Hoyos	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.	Nov-22	39
	Georgia TechUniversity		
Ph.D Pablo Agudelo	ICONSULT S.A.		33
Ph.D Andrés Osorio	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Nov-22	26
		Nov-23	36
MSc. Dalia Moreno	Universidad de Cartagena	Nov-23	35
Ph.D Verónica Botero	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Nov-23	36
Todo el equipo de trabajo TNA	Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín	Nov-23	18

Tabla 41. Resumen de talleres realizados durante la segunda fase del TNA

Taller	Fecha y lugar	Objetivos	Resultados
Taller de validación de tecnologías priorizadas e identificación preliminar de barreras y análisis de cadena de mercado de las tecnologías	Julio 27 de 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados del Proyecto TNA a los actores nacionales. - Validar los resultados. - Realizar un primer acercamiento al análisis de barreras de las tecnologías priorizadas y su cadena de mercado. - Involucrar nuevos actores para la segunda etapa del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobación de resultados de la primera etapa del TNA por parte de actores nacionales. - Establecimiento de relaciones con nuevos actores. - Primer acercamiento a la identificación de barreras para las tecnologías de adaptación. - Listado preliminar de actores involucrados en la cadena de mercado de las tecnologías priorizadas.
Taller con expertos en las tecnologías priorizadas, para identificación de actores, barreras y medidas	Agosto 24 de 2012, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los actores involucrados en el ciclo de vida de las tecnologías priorizadas, así como sus niveles de influencia y su interés en los objetivos de implementación de las tecnologías seleccionadas. - Identificación preliminar de las barreras a la implementación de las tecnologías priorizadas. - Análisis de las relaciones de causalidad existentes entre las barreras: construcción preliminar de los árboles de problema para cada una de las tecnologías priorizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación preliminar de actores en matriz de análisis, de acuerdo a su nivel de influencia e interés en el objetivo para cada una de las fases por las cuales transitan las tecnologías priorizadas. - Listado preliminar de las barreras a la implementación para cada una de las tecnologías priorizadas. - Construcción preliminar de los árboles de problemas para cada una de las tecnologías priorizadas.
Taller local de identificación de actores, barreras y medidas (Cartagena)	Septiembre 24 de 2012, Hotel Bahía, Cartagena de Indias, Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados de la priorización de las tecnologías para adaptación al cambio climático. - Discutir y conciliar la matriz de actores previamente elaborada por expertos en las tecnologías priorizadas, elaborar versión final para Cartagena de la matriz de actores. - Identificación de las barreras presentes en el ciclo 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de la versión final de la matriz de actores para Cartagena. - Listado general de barreras para cada una de las tecnologías priorizadas, en cada una de las fases del ciclo de vida de las tecnologías. - Listado de las medidas propuestas para superar las barreras identificadas para cada una de las fases de las tecnologías priorizadas, CDIO. Así

República de Colombia

		<p>de vida de las tecnologías, CDIO, para Cartagena.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de las medidas necesarias a implementar, para superar las barreras, así mismo de los actores involucrados directamente en el proceso de implementación de las medidas. 	<p>mismo, de los agentes que deben tomar el liderazgo para implementar las medidas.</p>
<p>Taller local de identificación de actores, barreras y medidas (San Andrés y Providencia)</p>	<p>Septiembre 27 de 2012, Universidad Nacional de Colombia-Sede Caribe, San Andrés, Colombia</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar resultados de la priorización de las tecnologías para adaptación al cambio climático. - Discutir y conciliar la matriz de actores previamente elaborada por expertos en las tecnologías priorizadas, elaborar versión final para San Andrés, de la matriz de actores. - Identificación de las barreras presentes en el ciclo de vida de las tecnologías, CDIO, para San Andrés. - Identificación de las medidas necesarias a implementar, para superar las barreras, así mismo de los actores involucrados directamente en el proceso de implementación de las medidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de la versión final de la matriz de actores para Cartagena. - Listado general de barreras para cada una de las tecnologías priorizadas, en cada una de las fases del ciclo de vida de las tecnologías. - Listado de las medidas propuestas para superar las barreras identificadas para cada una de las fases de las tecnologías priorizadas, CDIO. Así mismo, de los agentes que deben tomar el liderazgo para implementar las medidas.

Anexo V. Lista de actores involucrados y contactos

Tabla 42. Asistentes al taller de actores realizado en Cartagena el 24 de septiembre de 2012

Entidad	Representante	Cargo	Correo electrónico
INVEMAR	Martha Bastidas	Jefe Oceanografía	martha.bastidas@invemar.org.co
MADS/DCC	Mariana Rojas	Coordinadora Componente Adaptación	MarRojas@minambiente.gov.co
Hidro Consultores Ltda.	Enovaldo Herrera Meléndez	Ingeniero de diseño	eherrera@hidroconsultores.com.co
Universidad de Cartagena	Javier Mouthon		jmouthon@gmail.com
SDAS-DNP	Catalina Quintero P.	Contratista	dcquintero@dnp.gov.co
Parques Nacionales	Carlos Andrés Martínez Ledesma	Jefe de área protegida	ledesmann@yahoo.com
Secretaría de Planeación Distrital	Oswaldo Becerra	Asesor ambiental	oswaldobecerra84@hotmail.com
Secretaría de Planeación Distrital	Francisco A. Castillo	Asesor	castillogonzalez@hotmail.com
Secretaría de Planeación Distrital	Arnoldo Barreto	Asesor	arnoldojbarreto@gmail.com
DIMAR – CIOA	Raul Sastoque F.	Pronósticos	raul.588@hotmail.com
DIMAR – CPOS	Lizardo Caro M.	Asesor litorales	lcaro@dimar.mil.co
Parques Nacionales	Luis Aurelio Martínez	Profesional	luis_aurelio@hotmail.com
EPA-Cartagena	Gabriel Luna	Asesor Gestión de Riesgo	luna.gabriel114@gmail.com

Tabla 43. Asistentes al taller de actores realizado en San Andrés el 27 de septiembre de 2012

Entidad	Representante	Cargo	Correo electrónico
MADS/DCC	Mariana Rojas	Coordinadora Componente Adaptación	MarRojas@minambiente.gov.co
Ashotel	Ana Maria Fajardo Villarraga	Directora Ejecutiva Ashotel	ashotel@ashotel.org
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe	Brigne Gavio	Coordinadora de investigación	fjavellae@unal.edu.co
Coralina	Diana Kirchman	Técnica en gestión de Riesgo	direkilovezo@yahoo.com
Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P	Joeta Williams N.	Inspectora SISO	jwilliamsn@proactiva.com.co
Capitanía de Puerto	Julio Blanco	Jefe Área Litoral	jblanco@dimar.mil.co
Coralina	Liane Gamboa	Coordinadora proyectos Gestion Riesgos	gestion-riesgo@coralina.gov.co
GOBERNACIÓN	Luz Angie Velez U	Profesional Admnsitración Infraestructura	ivanvlez@hotmail.com
GOBERNACIÓN	Martha Acosta S.	Profesional universitario	servpub@sanandres.gov.co
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe	Natalia Rincon	Estudiante Posgrado	natisca@gmail.com
Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe	Sabastián Toro	Estudiante	lstoroa@unal.edu.co
Secretaría de Turismo	Stephanie Hooker	Asesor	corlita@hotmail.com
Secretaría de Agricultura y Pesca	Trisha Forbes Pacheco	Bióloga Marina	forbestrisha@hotmail.com
Gobernación -DAP	Vanessa Suarez	Profesional Universitario	planeacion@sanandres.gov.co
Ashotel	Zuluoga Perlaza	Asesor	varozul@gamil.com

Lista de actores participantes en el proceso

A continuación se presenta el listado de las personas que participaron en los diferentes talles realizado en Bogotá, Cartagena y San Andrés islas.

Tabla 44. Listado de actores involucrados

NOMBRE	ENTIDAD	CARGO	E-MAIL
Juan David Pachón M.	COTELCO	Coordinador de Consultoría	consultoria@cotelco.org
Jorge Luis Bermúdez	Dr. Calidad y desarrollo sostenible Min Comercio, Industria y turismo	Asesor	jbermudez@mincomercio.gov.co
Pilar Lozano Rivera	INVEMAR	Jefe Línea LAI programa GtZ	plozano@invemar.org.co
Mauricio Carrasquilla	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Profesional Especializado	mcarrasquilla@minambiente.gov.co
Alfonso Vergara	INVIAS	subdirector Apoyo Técnico	alvergara@invias.gov.co
Cayo Giovanni Jiménez Noriega	Supertransporte	Profesional Especializado	giovannijimenez@supertransporte.gov.co
Natalia Gutiérrez	IDEAM cambio global	Apoyo técnico	ngutierrez@ideam.gov.co
Nestor Garzón	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible DCC	Profesional Especializado	ngarzon@minambiente.gov.co
Oscar Urbina	Min comercio industria y turismo	Consultor	ourbinaf@mincomercio.gov.co
Martha Isabel Conrado López	INVIAS	Gestor Ambiental	mconrado@invias.gov.co
Sandra Milena Pérez Ramírez	Ministerio de Comercio Industria y Turismo	Programa de Transformación Productiva	sandra.perez@ptp.com.co
Hector Raúl Pabón	IDEAM	Subdirector estudios ambientales	hpabon@ideam.gov.co
Pedro Jorge Rejtman Orozco	Universidad de Cartagena	Ingeniero de Diseño	prejtman@gmail.com
Lizardo Rafael Caro Martínez	DIMAR CPOS	Asesor	lcaro@dimar.mil.co
Carlos Andrés Martínez Ledesma	Parques Nacionales	Jefe de área protegida	ledesmann@yahoo.com
Oswaldo Becerra	Secretaría de Planeación Distrital	Asesor	oswaldobecerra84@hotmail.com
Juan Carlos Álvarez	PNUD	Asesor Cambio Climático	avoira21@gmail.com
Gabriel Luna	Establecimiento Público Ambiental	Asesor Gestión de Riesgo	luna.gabriel114@gmail.com
Norma Badrán Arrieta	Establecimiento Público Ambiental	Directora	nobadran@hotmail.com
Alex E. Palomino Cadena	CIOH	Jefe de la sección Oceánica	apalomino@dimar.mil.co
Martha Bastidas	INVEMAR	Jefe línea de oceanografía y clima	martha_bastidas@invemar.org.co
Victor Chavez	Establecimiento Público Ambiental	Profesional especializado	vchavezflorez@hotmail.com

Anexo V

República de Colombia

Enovaldo Jesús Herrera Melendez	Hidroconsultores	Ingeniero de Diseño	eherrera@hidroconsultores.com.co
Melquicidet Calderón Ibañez	CARDIQUE	Profesional especializado	melquisc@hotmail.com
Dalia Moreno De Wood	Universidad de Cartagena	Docente Programa de Ingeniería Civil	daliamorenoegel@hotmail.com , daliame@costa.net.co
Lorena Cortés B.	INVEMAR	Investigadora	lorena.cortes@invemar.org.co
Francisco Castillo	Secretaría de Planeación Distrital	Asesor	castillogonzalez@hotmail.com
María Claudia Páez	Alcaldía	Secretaria Planeación	mcpaez20@yahoo.com
Carolina Lenés	Alcaldía	Abogada Asesora	caritolenes2012@gmail.com
José Mancera Pineda	Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe	Director Sede Caribe	memendezco@gmail.com , jemancerap@unal.edu.co
J. Edith Carreño Corpus	Coralina	Subdirectora de Planeación	serviciocliente@coralina.gov.co
Ana María Fajardo Villarraga	Ashotel	Directora Ashotel	ashotel@ashotel.org
Alain Manjarrés Flórez	Camara de Comercio de San Andres Providencia y Santa Catalina	Presidente Ejecutivo	direjecutiva@camarasai.org
Juan Carlos Rozo	Oficina de Transito	Jefe de Transito	transito@sanandres.gov.co
Paola Herrera	CAEM	Coordinadora eficiencia energetica	coordinadorambientalandi@ccb.org.co
Margarita Pava Medina	CAEM	Coordinadora Huella Carbono	coordinadorreciclaje@ccb.org.co
Guismar Vargas Muñoz	Ministerio Comercio Industria y Turismo	Profesional Especializado	gvargas@mincomercio.gov.co
Sandra Novoa	INVIAS	Gestora ambiental de proyectos	sandraliliana88@yahoo.com
José Ernesto Macera Pineda	Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe	Director de Sede	memendezco@gmail.com
Stephanie Hooker	Secretaría de Turismo	Asesor	corlita@hotmail.com

Anexo VI. Base matemática del AHP Selección de método de análisis multicriterio.

Base matemática del AHP

El A.H.P. se basa en las propiedades de las matrices para la asignación de ponderaciones a los juicios establecidos por los decisores y para la normalización de las matrices de comparaciones por pares. Para establecer las ponderaciones, el AHP solicita al decisor asignar un peso de la comparación entre dos alternativas, en función a un determinado criterio, ésta comparación es más conocida como comparación por pares. Así mismo, se hace uso del proceso matemático de síntesis para la obtención de resultados (Operativa & P, 2006).

Saaty elaboró una tabla de escala de preferencias, que es usada para ponderar los juicios de los decisores entre dos criterios y/o alternativas. Una vez obtenidas las ponderaciones, se elabora la matriz de comparaciones por pares.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elementó que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en practica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible
2, 4, 6, 8 Valores intermedios	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios

(Saaty, 1990)

Matriz de comparaciones por pares

Es una matriz que posee las siguientes características:

Sea A una matriz, de dimensiones n x n (“n” filas y “n” columnas), es decir, una matriz cuadrada, donde $n \in \mathbb{Z}^+$.

Sea a_{ij} un elemento de la matriz A (donde $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y $j = 1, 2, 3, \dots, n$); que representa la preferencia de un criterio y/o alternativa “i” (fila) sobre otro criterio y/o alternativa “j” (columna). Cuando $i = j$, el valor de $a_{ij} = 1$, debido a que se están comparando dos criterios y/o alternativas iguales.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

República de Colombia

El producto de $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$, lo cual está sustentado en los siguientes axiomas

- Axioma Nº 1: referente a la condición de juicios recíprocos; la intensidad de preferencia de a_i/a_j es inversa a la preferencia de a_j/a_i .
- Axioma Nº 2: referente a la condición de homogeneidad de los elementos; los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.
- Axioma Nº 3: referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento; dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
- Axioma Nº 4: referente a la condición de expectativas de orden de rango; las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas. (Operativa & P, 2006)

Una vez obtenidas las matrices de comparación por pares, se procede a calcular las prioridades de cada criterio y/o alternativa comparada. El proceso matemático de calcular las prioridades es llamada síntesis, dicho proceso implica el cálculo de valores y vectores característicos.

La manera de sintetizar juicios es la siguiente:

- Primero se suman todos los valores en cada columna de la matriz de comparación por pares.
- Luego se divide cada valor de la matriz entre la sumatoria resultante obtenida en cada columna correspondiente a dicho valor. El resultado de esta división produce la llamada matriz de comparación por pares normalizada.
- Por último, se calcula el promedio aritmético con los valores presentes de cada fila de la matriz normalizada. De esa manera se obtiene una matriz con las prioridades de cada criterio y/o alternativa. (Operativa & P, 2006).

Matriz de prioridades

Es una matriz que expresa las prioridades de cada criterio en función a la meta global.

$$\begin{matrix} & \text{Meta} \\ & \text{Global} \\ \text{Criterio 1} & \left(P'_1 \right) \\ \text{Criterio 2} & \left(P'_2 \right) \\ \dots & \left(\dots \right) \\ \text{Criterio m} & \left(P'_m \right) \end{matrix} \quad (2)$$

Donde:

m : número de criterios.

P'_m : Prioridad del criterio "i" respecto a la meta global (" i = 1,2,3,...,m criterios)

La matriz de prioridades también expresa las prioridades de cada alternativa, en función a cada criterio.

$$\begin{matrix} & \text{Criterio 1} & \text{Criterio 2} & \dots & \text{Criterio m} \\ \text{Alternativa 1} & \left(P_{11} \right) & \left(P_{12} \right) & \dots & \left(P_{1m} \right) \\ \text{Alternativa 2} & \left(P_{21} \right) & \left(P_{22} \right) & \dots & \left(P_{2m} \right) \\ \dots & \left(\dots \right) & \left(\dots \right) & \dots & \left(\dots \right) \\ \text{Alternativa n} & \left(P_{n1} \right) & \left(P_{n2} \right) & \dots & \left(P_{nm} \right) \end{matrix} \quad (3)$$

Donde:

P_{ij} : prioridad de la alternativa "i", respecto al criterio "j".

(" i = 1, 2,3,..., n alternativas y " j = 1, 2,3,..., m criterios)

República de Colombia

Ya obtenidas las matrices de prioridad de los criterios respecto a la meta global y de las alternativas respecto a los criterios, se procede a calcular la matriz de prioridad global:

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_{1} \\ P'_{2} \\ \dots \\ P'_{m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix} \tag{4}$$

Donde:

Pg_n : Prioridad global respecto a la meta global de la alternativa i.

(" i = 1, 2,3,..., n alternativas)

A.6.2 Selección de criterios

A partir de lo anterior se elaboró una lista con los diferentes criterios a tener en cuenta, agrupados en criterios financieros, económicos, técnicos, sociales y ambientales. Luego, esta lista se depuró de acuerdo a discusiones realizadas por el equipo de trabajo sobre la pertinencia de cada factor en el presente caso.

Criterios financieros

Costos de Inversión: Valor presente en pesos de los costos de inversión de la tecnología (mano de obra, compra de equipos, infraestructura, etc.). Con el objetivo de estandarizar este criterio, se toma como horizonte de tiempo la vida útil de la tecnología de mayor duración. Así, dicha tecnología tiene costos de inversión solo en el primer año, mientras que las demás tendrán inversiones adicionales durante el tiempo de evaluación del criterio.

Costos de operación: Valor presente en pesos de los costos de operación y mantenimiento de la tecnología. Igual que en el criterio anterior, el horizonte de tiempo corresponde al tiempo de vida de la tecnología de mayor duración.

Valor Presente Neto (VPN o VAN): Valor presente neto en pesos de todos los ingresos y egresos económicos de la tecnología. Debido a que este tipo de proyectos no tiene ningún ingreso económico, este criterio es solo una suma entre los costos de inversión y los costos de operación, por lo que no es necesario incluirlo en el estudio dado que los anteriores ya fueron considerados.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Tasa (%) de retorno de la inversión de la tecnología. Dado que no se tienen ingresos económicos, este criterio no es pertinente, pues no se tiene retorno de la inversión realizada.

Criterios Económicos

Efecto en la economía local: Es importante considerar cómo afecta la tecnología a la economía de la zona, ya sea positiva o negativamente. Este es un criterio cualitativo que se propone desagregar en dos criterios más específicos: *Efecto en turismo* y *Efecto en infraestructura vial*, debido a que éstos son los sectores económicos más afectados por el cambio climático en las zonas costeras según la encuesta de percepción general (Ver sección 2.2.3).

Criterios técnicos

Vida útil: Tiempo de duración de la tecnología en años. Este parámetro está directamente incluido en los *Costos de inversión* y *Costos de operación*, por lo que considerarlo como un criterio independiente es redundante.

Cobertura geográfica de información: Este criterio permite diferenciar principalmente entre dos tecnologías de monitoreo. Hace referencia al área en m² que pueden ser cubiertas en las diferentes variables a medir. Los sistemas tecnológicos se formularon de tal forma que todas las tecnologías de monitoreo entreguen información de la misma cantidad de variables.

República de Colombia

Área protegida: Este criterio permite diferenciar entre dos tecnologías blandas y se mide en m² protegidos por la tecnología de los efectos del cambio climático.

Facilidad de construcción: Este es un criterio cualitativo que puede variar mucho de acuerdo a la formación y los conocimientos de quién lo evalúe. Debido a su subjetividad no es conveniente incluirlo dentro del análisis.

Disponibilidad de información (madurez tecnológica): Es importante considerar este factor, pero similar al criterio anterior, puede ser subjetivo. En su lugar, se plantean dos criterios que pueden ser medidos como la cantidad de instituciones (empresas, universidades, grupos de investigación, etc.) con capacidades de construir y operar la tecnología: *Capacidades técnicas de operación en el país* y *Capacidades técnicas de construcción en el país*.

Reducción de grado de exposición a los eventos extremos: Ya que el objetivo principal de cada tecnología es disminuir la vulnerabilidad de determinada área a los efectos del cambio climático, se propone un criterio cualitativo para evaluar la reducción a la exposición a cada evento extremo identificado en las zonas costeras (inundaciones, aumento del nivel del mar, huracanes, fuerte oleaje, erosión, cambio de pH, cambios en salinidad)

Requerimientos espaciales: Área de terreno en m² que requiere la tecnología para su construcción. Este valor está incluido implícitamente en los costos de inversión, por lo que no es necesario considerarlo como un criterio independiente.

Criterios Sociales

Aceptabilidad social: Criterio cualitativo que busca incluir en el estudio la percepción de la población de la zona sobre las tecnologías, ya que algunas de estas pueden ser percibidas como desfavorables ya sea por cambios en la infraestructura, reubicación de viviendas o actividad económica, etc.

Calidad de vida: Este criterio cualitativo busca incluir las mejoras en la calidad de vida de la población de cada zona. Se puede desagregar en otros criterios como *afectación a la población, generación de empleos, afectación a la salud y seguridad alimentaria*.

Número de personas afectadas: Cantidad aproximada de personas afectadas negativamente por una tecnología, ya sea por desplazamiento de las viviendas o de las actividades de sustento económico.

Número de empleos generados: Cantidad de empleos que genera la tecnología para su operación y construcción. Debido a que en este caso no se genera una cantidad de empleos representativa o que afecte la economía de la región, el equipo consultor propone no incluir este criterio.

Afectación en la salud de la población: El cambio climático puede favorecer la presencia de vectores en las zonas costeras, especialmente en el caso de inundaciones debido a la formación de aguas estancadas. Algunas tecnologías pueden evitar la formación de estas aguas, o por el contrario, favorecerlas. Este criterio cualitativo permite evaluar si la tecnología favorece o evita la formación de factores favorables para el desarrollo de plagas.

Seguridad alimentaria: Criterio cualitativo que permite medir la afectación a la seguridad alimentaria de la región. En este caso la seguridad alimentaria no se ve afectada, por lo que el criterio no es aplicable.

Barreras legales e institucionales: Criterio cualitativo. Este criterio hace referencia a la cantidad de instituciones ambientales o sociales que se pueden oponer al desarrollo de la tecnología, ya sea buscando la conservación de ecosistemas o evitando la alteración de poblaciones que se puedan ver afectados por las actividades de instalación y operación de la tecnología.

Criterios ambientales

Impacto en hábitat intermareal: este criterio tiene en cuenta la afectación al borde de mar entre la línea de más alta marea y de más baja marea (zona intermareal), de gran importancia para el ecosistema costero ya que en esta zona existen animales que están adaptados a vivir en los espacios que quedan entre los granos de arena, roca o manglares,. Debido a que el Caribe es dominado por un rango micro-mareal y no se presentan cambios fuertes del nivel medio del mar este criterio no es considerado en estas zonas ya que las tecnologías no ponen en riesgo dicho recurso.

Impacto en ecosistemas costeros: Criterio cualitativo sobre la afectación tanto positiva como negativa que pueda causar la tecnología sobre la flora y fauna costera de la región.

República de Colombia

Impacto sobre agua potable: Este criterio evalúa cualitativamente la afectación al agua para consumo humano. Debido a que ninguna de las tecnologías propuestas pone en riesgo este recurso, no es necesario considerarlo dentro del análisis.

Impacto sobre el aire: al igual que el criterio anterior, se busca evaluar cualitativamente afectación al aire, especialmente mediante emisiones, pero no aplica en este caso de estudio.

Potencial para reuso y reciclaje: Este criterio cualitativo evalúa la posibilidad de reutilizar los equipos físicos de la tecnología una vez cumplan su ciclo de vida. Es importante ya que algunos elementos pueden ser altamente contaminantes y ocasionar daños al ambiente si son desechados de forma inadecuada.

A.6.3 Asignación de pesos de importancia

Para la asignación de pesos de importancia para los dos primeros niveles del árbol de decisión (Figura 3), se propuso la realización de tres talleres: uno a nivel nacional, con la participación de actores estratégicos localizados en la ciudad de Bogotá; y los otros dos realizados con los actores de Cartagena y San Andrés. La metodología seguida en dichos talleres fue:

1. En grupos de dos a cuatro personas se discutirá sobre la importancia de los criterios del primer nivel (Financiero, económico, técnico, social y ambiental) y se asignarán valores para medir su importancia en relación con los demás. Estos valores asignados deben sumar 100.

Ejemplo:

- Financiero= 12 puntos
- Económico=25 puntos
- Técnico= 17 puntos
- Social= 25 puntos
- Ambiental= 21 puntos

Así, el orden de importancia es: Económico>Social>Ambiental>Técnico>Financiero.

2. Cada grupo expondrá sus resultados ante los demás participantes, justificando por qué se llegó a dichos puntajes.
3. Se discutirá sobre todos los resultados obtenidos hasta obtener un consenso.
4. Se repetirán los pasos 1, 2 y 3 para asignar valores a los criterios del segundo nivel, que deben sumar 100 puntos dentro de su grupo.

Ejemplo: Dentro de los sub-criterios técnicos del segundo nivel se distribuyen 100 puntos así:

- Cobertura= 35
- Madurez tecnológica= 25
- Reducción al grado de exposición= 40

El orden de prioridad asignado en el ejemplo es:

Reducción al grado de exposición>Cobertura>Madurez tecnológica.

Dado que los criterios del último nivel tienen un menor efecto en el cálculo del puntaje final, éstos fueron asignados por el equipo consultor, y se tomaron equitativos, con excepción de los efectos de corto y largo plazo, cuyos pesos fueron discutidos con los actores participantes. Éstos expresaron la importancia de asignar un mayor ligeramente mayor a los efectos en largo plazo, pues en este tipo de ejecuciones y proyectos es importante garantizar una continuidad en la operatividad.

Así, los pesos de importancia para el último nivel del árbol de decisión, que se conservaron iguales tanto a nivel nacional como a niveles locales, son:

Tabla 45. Pesos de importancia para criterios de tercer nivel

CRITERIO	PESO
Efectos en turismo – Corto plazo	40
Efectos en turismo – Largo plazo	60
Efectos en infraestructura de transporte – Corto plazo	40
Efectos en infraestructura de transporte – Largo plazo	60
Cobertura de información	50
Protección física	50
Capacidades técnicas de construcción en el país	50
Capacidades técnicas de operación en el país	50
Reducción al grado de exposición a inundaciones	17,5
Reducción al grado de exposición al aumento del nivel del mar	17,5
Reducción al grado de exposición a huracanes	17,5
Reducción al grado de exposición al fuerte oleaje	17,5
Reducción al grado de exposición a la erosión	17,5
Reducción al grado de exposición a cambios en pH del agua	6,1
Reducción al grado de exposición a cambios en la salinidad del agua	6,1
Afectación a ecosistemas: Flora y fauna de la zona – Corto plazo	40
Afectación a ecosistemas: Flora y fauna de la zona – Largo plazo	60

Anexo VII.COSTOS ASOCIADOS A LAS TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE MONITOREO

Tabla 46. Costos Generales asociados al Sistema de Monitoreo Avanzado

SISTEMA 4				
Costos	Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Total (\$)
Costos de inversión	Subsistema de adquisición de datos libres			
	Datos satelitales	1	\$ -	\$ -
	Datos sísmicos	1	\$ -	\$ -
	Datos de boyas	1	\$ -	\$ -
	Red de mareógrafos (Hawai)	1	\$ -	\$ -
	The Global Sea Level Observing System	1	\$ -	\$ -
	National Hurricane Center - NHC	1	\$ -	\$ -
	Modelos operacionales	1	\$ -	\$ -
	Subsistema de monitoreo			
	Boyas	3	\$ 45.000.000	\$ 135.000.000
	Estación de Marea (Nivel del Mar)	1	\$ 228.600.000	\$ 228.600.000
	Estaciones meteorológicas costeras	4	\$ 3.850.200	\$ 15.400.800
	Sistema de Cámaras Costeras	1	\$ 23.461.200	\$ 23.461.200
	Radar Meteorológico Banda X	1	\$ 900.000.000	\$ 900.000.000
	Radar de Oleaje	1	\$ 200.000.000	\$ 200.000.000
	Radiómetro	1	\$ 700.000.000	\$ 700.000.000
	Perfilador de vientos	1	\$ 1.800.000.000	\$ 1.800.000.000
	Subsistema de comunicaciones			\$ -
	Comunicación en tiempo real de las estaciones y radares	1		\$ -
	Subsistema de Modelación			
	Servidor de procesamiento	1		\$ -
	Modelo Atmosférico	1		\$ -
	Modelo Oceánico	1		\$ -
Modelo de Oleaje	1		\$ -	
Costos operacionales	Computador	10	\$ 1.500.000	\$ 15.000.000
	Servicio de Internet mensual	1	\$ 700.000	\$ 700.000
	Servicios públicos al mes	1	\$ 400.000	\$ 400.000
	Papelería y otros	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Costos de	Profesional en sistemas	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

República de Colombia

personal				
	Profesional en geociencias con doctorado	2	\$ 7.000.000	\$ 14.000.000
	Tecnólogos de mantenimiento e instrumentación	4	\$ 2.000.000	\$ 8.000.000
	Ingeniero Físico o de Control	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
	Profesionales con maestría expertos en modelación	2	\$ 5.000.000	\$ 10.000.000
			Total	\$ 4.058.962.000

Anexo VIII. COSTOS ASOCIADOS A LAS TECNOLOGÍAS DE RELLENOS DE PLAYA

Tabla 47. Análisis de Precios Unitarios (APU) para un relleno de playa⁸

COSTOS DIRECTOS				
1. PRELIMINARES				
Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Trazado y Localización	GL	8.000.000	1	8.000.000
Actualización Línea de Costa y Batimetrías de la zona	GL	6.100.000	1	6.100.000
Campamento	GL	7.500.000	1	7.500.000
Sub-Total				21.600.000,00
2. EQUIPO				
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Retroexcavadora EX-200 SOBRE ORUGA		157.753	35,00	4.507
Herramienta menor (1%)				475.000
Buldozer D6		147.519	38,46	3.836
Sub-Total				483.343
3. DRAGADO Y RELLENO DE PLAYA				
Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Movilización Draga (Barranquilla/San Andrés)	GL	269.400.000	1	269.400.000
Dragado y descarga en playa de arena	Día	32.328.000	1	32.328.000
Stand-by Imprevistos de la draga (3%)	GL			9.051.840
Conformación de Relleno de playa	m3	8.980	1	8.980

⁸ El análisis de precios unitarios fue construido para un relleno de playa en general, con la particularidad que la draga este ubicada en Barranquilla, siendo la única que cumple con los requisitos para este tipo de obra, y se ha dispuesto la distancia de movilización más larga, es decir de Barranquilla a San Andrés, por lo que para otro lugar puede haber una diferencia en su costo, la unidad GL, indica unidad Global, el rendimiento es la unidad utilizada por la cámara colombiana de la construcción CAMACOL .

Anexo VIII

República de Colombia

Obrero	3	\$ 60.000,00	185%	111.000	280,00	396,43
Sub-Total						396,43

8. SEGURIDAD MARITIMA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Señalización ubicación obras de protección	GL			47.500.000
Sub-Total				47.500.000
Total Costo Directo				381.182.016

COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
1. Administración	20%	76.236.403
2. Utilidad	8%	30.494.561
3. Imprevistos	5%	19.059.101
Total Costo Indirecto		125.790.065
Precio unitario total aproximado al peso		506.972.082

